

PENEMUAN SAINS MUSLIM DUNIA

DARI MASA KE MASA

Sejarah, tokoh, penemuan, dan warisan
ilmu pengetahuan Muslim yang
membentuk peradaban dunia

MENGUNGKAP
KONTRIBUSI
ILMUWAN MUSLIM
DALAM MEMAJUKAN
MATEMATIKA, ASTRONOMI,
KEDOKTERAN, KIMIA,
FISIKA, TEKNOLOGI,
DAN ILMU LAINNYA

KASMUI

PENEMUAN SAINS MUSLIM DUNIA DARI MASA KE MASA

*Sejarah Penemuan, Tokoh, Karya, Prinsip Ilmiah,
Transmisi Pengetahuan, dan Kritik Historiografi*

Buku Referensi Akademik

KASMUI

2026

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas karunia akal, pengalaman, bahasa, dan kemampuan manusia untuk belajar dari alam serta dari jejak pengetahuan generasi sebelumnya. Buku Penemuan Sains Muslim Dunia dari Masa ke Masa disusun untuk menghadirkan sejarah sains dalam peradaban Islam secara rinci, kritis, dan terstruktur. Tujuan utamanya bukan menyusun daftar kebanggaan, melainkan memperlihatkan bagaimana pertanyaan ilmiah muncul, bagaimana suatu teknik atau teori dibangun, siapa yang terlibat, karya apa yang menjadi bukti, dan bagaimana pengetahuan tersebut kemudian berkembang atau berpindah ke lingkungan lain.

Sejarah sains sering diceritakan melalui nama besar dan klaim singkat: seseorang disebut 'penemu' suatu cabang ilmu, sebuah kota disebut 'pusat sains pertama', atau suatu teknologi modern dianggap langsung berasal dari satu tokoh abad pertengahan. Penyederhanaan seperti itu mudah diingat, tetapi berisiko mengaburkan proses nyata. Hampir setiap penemuan merupakan hasil rangkaian panjang penerjemahan, koreksi, pengukuran, perdebatan, keterampilan pengrajin, patronase, pendidikan, dan transmisi naskah. Buku ini karena itu memakai pendekatan historiografis berjejaring. Tokoh tetap mendapat tempat penting, tetapi kontribusinya selalu dibaca bersama konteks dan batas bukti yang tersedia.

Edisi diperluas ini terdiri atas delapan belas bab. Sepuluh bab asli tetap dipertahankan: budaya ilmu dan institusi; matematika; astronomi; kedokteran; optik dan fisika; kimia serta mineralogi; geografi dan geodesi; rekayasa; biologi, botani, dan pertanian; serta transmisi ke dunia Latin dan Eropa. Bab XI-XVIII menambahkan matematika lanjutan dan kriptanalisis; astronomi dan instrumentasi lanjutan; ilmu bumi dan kartografi maritim; kedokteran spesialis; farmakologi lanjutan; akustik dan musik matematis; ilmu masyarakat dan ekonomi; serta sains modern dari dunia Muslim. Setiap penemuan tetap dibedakan satu per satu agar masalah, sumber, dan batas klaimnya tidak tercampur.

Sumber buku ini menggabungkan karya primer yang tersedia dalam edisi atau terjemahan ilmiah dengan penelitian modern mengenai sejarah sains Islam. Ketika atribusi masih diperdebatkan - misalnya hubungan korpus Jabirian dengan kimia Latin Pseudo-Geber atau jalur transmisi model Maragha menuju Copernicus - buku ini menyatakan perdebatan tersebut secara terbuka. Klaim sensasional yang tidak didukung bukti naskah tidak dipakai sebagai fakta. Pendekatan ini diharapkan dapat membantu mahasiswa, dosen, guru, peneliti, dan pembaca umum membedakan antara kebanggaan yang beralasan dan mitologi populer.

Teks Arab yang digunakan dalam buku ini dipertahankan secara terbatas untuk menunjukkan konteks sumber dan tradisi keilmuan. Rumus ditulis dengan notasi standar agar dapat dibaca di Microsoft Word dan PDF. Tabel ditempatkan sebagai

alat ringkas untuk membandingkan penemuan, sedangkan gambar kronologis membantu pembaca melihat rentang waktu antartradisi. Pada bagian akhir tersedia tiga puluh lima soal latihan lengkap dengan pembahasan, soal pengembangan, daftar pustaka, dan glosarium A-Z.

Semoga buku ini menumbuhkan penghargaan yang lebih matang terhadap sejarah sains: penghargaan yang tidak berhenti pada slogan bahwa ilmuwan Muslim 'pernah berjaya', tetapi mendorong pembaca meneliti sumber, memahami metode, menguji klaim, dan melanjutkan tradisi ilmiah melalui penelitian yang jujur serta bermanfaat. Kritik dan koreksi berbasis sumber tetap diperlukan, karena sejarah pengetahuan terus berkembang seiring ditemukannya manuskrip, edisi baru, dan interpretasi yang lebih baik.

Semoga Allah memberikan manfaat pada usaha kecil ini dan menjadikannya bagian dari ikhtiar memperkuat budaya ilmu yang teliti, rendah hati, dan terbuka terhadap koreksi.

Semarang, 2026

Penulis.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Kasmui', with a stylized, flowing script.

KASMUI

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	3
DAFTAR ISI	5
BAB I PARADIGMA, INSTITUSI, DAN METODE SAINS DALAM PERADABAN ISLAM.....	14
A. Budaya Ilmu dan Pengukuran.....	15
Literasi, Observasi, dan Tradisi Pencatatan.....	16
Pengukuran Meridian pada Masa al-Ma'mun	16
Al-Kindi dan Klasifikasi Ilmu	17
B. Penerjemahan dan Buku	18
Gerakan Penerjemahan Abbasiyah	18
Bayt al-Hikma dalam Konteks Sejarah	18
Kertas dan Ledakan Budaya Buku.....	19
C. Institusi Ilmiah.....	20
Bimaristan sebagai Institusi Kedokteran	20
Observatorium sebagai Laboratorium Astronomi	21
D. Metode Kritik dan Eksperimen	21
Ibn al-Haytham dan Kritik Berbasis Pengujian	22
Al-Biruni dan Perbandingan Empiris Lintas Budaya.....	22
BAB II MATEMATIKA: ALJABAR, ARITMETIKA, TRIGONOMETRI, DAN PRESISI NUMERIK	24
A. Aljabar dan Aritmetika.....	25
Al-Khwarizmi dan Sistematisasi Aljabar	25
Aritmetika Posisi dan Lahirnya Istilah Algoritma	26
Abu Kamil dan Aljabar Besaran Irasional.....	27
B. Teori Bilangan dan Polinomial	28
Thabit ibn Qurra dan Bilangan Bersahabat	28
Al-Karaji dan Aritmetika Polinomial.....	28
Al-Samaw'al dan Operasi Polinomial	29
C. Persamaan dan Geometri	30
Omar Khayyam dan Persamaan Kubik melalui Irisan Kerucut.....	30

Sharaf al-Din al-Tusi dan Analisis Persamaan Kubik.....	31
D. Trigonometri dan Presisi	31
Nasir al-Din al-Tusi dan Trigonometri sebagai Disiplin Mandiri	31
Jamshid al-Kashi: Pecahan Desimal dan Nilai Pi.....	32
BAB III ASTRONOMI DAN NAVIGASI: INSTRUMEN, KATALOG BINTANG, DAN MODEL PLANET	34
A. Instrumen dan Astronomi Posisi	35
Astrolab dalam Tradisi Islam.....	35
Al-Battani dan Parameter Matahari yang Lebih Presisi.....	36
Habash al-Hasib dan Tabel Trigonometri Astronomi.....	37
B. Katalog Bintang dan Geodesi.....	37
Al-Sufi dan Revisi Katalog Bintang	37
Al-Biruni dan Pengukuran Jari-jari Bumi	38
Al-Zarqali dan Astrolab Universal.....	39
C. Reformasi Model Planet	40
Tusi Couple dan Reformasi Geometri Planet	40
Ibn al-Shatir dan Model Planet Non-ekuant	40
D. Observatorium dan Navigasi	41
Ulugh Beg dan Katalog Bintang Samarkand.....	41
Ahmad Ibn Majid dan Navigasi Samudra Hindia.....	42
BAB IV KEDOKTERAN DAN FARMAKOLOGI: DIAGNOSIS, BEDAH, FISILOGI, DAN INSTITUSI.....	44
A. Diagnosis dan Klinik.....	45
Al-Razi dan Pembedaan Cacar dari Campak.....	45
Al-Razi dan Catatan Kasus Klinis	46
Ibn Zuhr dan Observasi Penyakit.....	47
B. Bedah dan Oftalmologi.....	47
Al-Zahrawi dan Atlas Instrumen Bedah.....	47
Ammar al-Mawsili dan Instrumen Katarak Berongga	48
Ali ibn Isa dan Sistematika Penyakit Mata.....	49
C. Ensiklopedia dan Farmakologi.....	49
Ibn Sina dan Struktur al-Qanun fi al-Tibb.....	50
Ibn Sina: Kriteria Pengujian Obat dan Isolasi Penyakit.....	50

D. Fisiologi dan Institusi	51
Ibn al-Nafis dan Sirkulasi Pulmoner	51
Apotek Perkotaan dan Profesionalisasi Farmasi.....	52
BAB V OPTIK DAN FISIKA: CAHAYA, PENGLIHATAN, DENSITAS, DAN GERAK.....	53
A. Optik Geometris	54
Al-Kindi dan Geometri Sinar.....	54
Ibn Sahl dan Hukum Pembiasan Geometris	55
B. Revolusi Optik Ibn al-Haytham	56
Teori Intromisi dan Penglihatan.....	56
Camera Obscura dan Perambatan Cahaya Lurus.....	57
Pemantulan, Pembiasan, dan Masalah Alhazen.....	57
C. Pelangi dan Cahaya Atmosfer	58
Kamal al-Din al-Farisi dan Model Pelangi.....	58
Qutb al-Din al-Shirazi dan Penjelasan Pelangi.....	59
D. Berat, Densitas, dan Gerak	59
Al-Biruni dan Pengukuran Berat Jenis.....	59
Al-Khazini dan Neraca Hidrostatik Presisi	60
Abu al-Barakat dan Percepatan Gerak Jatuh	61
BAB VI KIMIA, ALKIMIA, MINERALOGI, DAN TEKNOLOGI LABORATORIUM	63
A. Teknik Laboratorium dan Tradisi Jabirian	64
Distilasi dalam Korpus Jabirian	64
Kristalisasi, Sublimasi, dan Kalsinasi	65
Teori Mizan atau Keseimbangan Sifat.....	66
B. Al-Razi dan Klasifikasi Bahan.....	67
Al-Razi: Klasifikasi Bahan dan Perangkat Laboratorium.....	67
Al-Kindi dan Teknologi Parfum	67
Al-Hamdani dan Pengetahuan Metalurgi	68
C. Mineralogi, Transmutasi, dan Kritik	69
Ibn Sina dan Klasifikasi Mineral	69
Ibn Sina: Skeptisisme terhadap Transmutasi Logam.....	70
Al-Jildaki dan Sintesis Pengetahuan Alkimia.....	70

D. Asam Mineral dan Transmisi Kimia	71
Asam Mineral: Dari Tradisi Arab ke Pseudo-Geber Latin.....	71
BAB VII GEOGRAFI, GEODESI, KARTOGRAFI, DAN MATEMATIKA ARAH	73
A. Pemetaan Matematis dan Koordinat	74
Al-Khwarizmi dan Kitab Surat al-Ard	74
Al-Muqaddasi dan Geografi Regional	75
Ibn Hawqal dan Peta Jaringan Dunia Islam.....	76
B. Geodesi dan Pengukuran Bumi	76
Al-Biruni: Menentukan Jari-jari Bumi dari Horizon	76
Al-Biruni: Koordinat dan Perbedaan Bujur.....	77
C. Kartografi Dunia dan Deskripsi Wilayah	78
Al-Idrisi dan Tabula Rogeriana	78
Al-Bakri dan Geografi Rute Afrika-Barat.....	79
Yaqut al-Hamawi dan Ensiklopedia Geografis	79
D. Geografi untuk Arah dan Navigasi.....	80
Matematika Kiblat dan Lingkaran Besar.....	80
Kompas Magnetik dalam Dunia Islam.....	81
BAB VIII REKAYASA MEKANIK, HIDRAULIKA, OTOMATA, DAN ARSITEKTUR	83
A. Banu Musa dan Rekayasa Otomatis.....	84
Banu Musa: Katup Otomatis dan Kendali Fluida.....	84
Banu Musa: Air Mancur Berubah Pola	85
B. Al-Jazari dan Mesin Air.....	86
Al-Jazari: Jam Air dan Otomata	86
Jam Gajah: Integrasi Hidraulika dan Simbolisme	87
Pompa Dua Silinder, Engkol, dan Batang Penghubung.....	87
C. Mekanika Andalusia dan Ottoman	88
Al-Muradi dan Perangkat Mekanik Andalusia	88
Taqi al-Din dan Jam Mekanik Astronomi	89
Taqi al-Din dan Pompa Air Multi-Silinder	90
D. Infrastruktur Air dan Arsitektur	90
Qanat, Noria, dan Saqiya: Teknologi yang Diadaptasi	90

Muqarnas dan Geometri Arsitektur.....	91
BAB IX BIOLOGI, BOTANI, MATERIA MEDICA, DAN AGRONOMI	93
A. Zoologi dan Ekologi Awal.....	94
Al-Jahiz: Rantai Makanan dan Perjuangan Hidup.....	94
Al-Jahiz: Perilaku Hewan dan Observasi	95
B. Botani dan Materia Medica.....	96
Al-Dinawari dan Kitab al-Nabat	96
Ibn Wafid dan Farmakologi Tumbuhan	97
Ibn al-Baitar: Verifikasi Tumbuhan Obat.....	97
C. Agronomi Andalusia.....	98
Ibn Bassal: Tanah, Irigasi, dan Budidaya.....	98
Al-Tighnari dan Hortikultura Eksperimental.....	99
Ibn al-'Awwam dan Ensiklopedia Pertanian.....	99
D. Pertukaran Tanaman dan Sistem Pertanian	100
Difusi Tanaman dalam Jaringan Dunia Islam	100
Debat 'Revolusi Pertanian Islam'	101
BAB X TRANSMISI SAINS KE EROPA DAN PEMBACAAN	
HISTORIOGRAFIS WARISAN SAINS ISLAM.....	103
A. Penerjemahan Arab-Latin.....	104
Toledo dan Gerard dari Cremona	104
Sisilia Norman sebagai Zona Kontak Ilmiah.....	105
B. Matematika dalam Latin Barat.....	106
Algorismus dan Aritmetika Posisi	106
Fibonacci dan Liber Abaci	107
C. Optik dan Kedokteran di Universitas Eropa	107
Alhazen Latin dan Tradisi Perspectiva.....	108
Canon Avicennae dalam Kurikulum Kedokteran.....	108
Albucasis dan Tradisi Bedah Latin	109
D. Astronomi dan Model Planet	110
Tabel Toledo dan Tradisi Zij	110
Maragha, Ibn al-Shatir, dan Kemiripan dengan Copernicus	110
E. Membaca Warisan Sains Secara Kritis.....	111

Dari 'Zaman Keemasan' ke Historiografi Berjejaring	111
BAB XI MATEMATIKA LANJUT: DESIMAL, KOMBINATORIKA, TRIGONOMETRI, NOTASI, DAN KRIPTOANALISIS	113
A. Aritmetika, Desimal, dan Komputasi Tertulis	114
Al-Uqlidisi dan Aritmetika Desimal Pena-Kertas	114
Abu'l-Wafa dan Aritmetika untuk Juru Tulis serta Pedagang	115
B. Geometri, Trigonometri, dan Koefisien.....	115
Abu'l-Wafa dan Perluasan Trigonometri.....	115
Abu Nasr Mansur dan Geometri Segitiga Bola	116
Al-Karaji dan Koefisien Binomial	117
C. Kombinatorika dan Ilmu Hitung Maghrib	117
Ibn al-Mun'im dan Kombinatorika Enumeratif	117
Ibn al-Banna al-Marrakushi dan Sistematisasi Hisab	118
D. Notasi dan Analisis Informasi.....	118
Al-Qalasadi dan Simbolisme Aljabar.....	119
Al-Kindi dan Analisis Frekuensi dalam Kriptanalisis.....	119
BAB XII ASTRONOMI LANJUT: ILMU WAKTU, INSTRUMENTASI, OBSERVASI, DAN KRITIK MODEL LANGIT	121
A. Ringkasan Astronomi dan Tabel Observasi	122
Al-Farghani dan Ringkasan Astronomi Ptolemaik	122
Ibn Yunus dan Tabel Hakimiyah	123
B. Instrumen Besar dan Ilmu Waktu.....	123
Al-Khujandi dan Sekstan Mural Raksasa.....	123
Al-Marrakushi dan Ensiklopedia Instrumentasi Astronomi.....	124
Al-Khalili dan Tabel Penentuan Waktu serta Kiblat.....	124
C. Alternatif Geometri Planet dan Kosmologi	125
Al-Sijzi dan Astrolab al-Zawraqi.....	125
Muayyad al-Din al-Urdi dan Lemma Geometri Maragha.....	126
Al-Bitruji dan Sistem Planet Homosentris	126
D. Debat Gerak Bumi dan Astronomi Ottoman	127
Ali Qushji dan Otonomi Astronomi dari Fisika Aristotelian	127
Al-Birjandi dan Kritik atas Argumen Gerak Bumi.....	127

BAB XIII ILMU BUMI, GEOLOGI, HIDROLOGI, METEOROLOGI, OSEANOGRAFI, DAN KARTOGRAFI MARITIM	129
A. Bumi, Mineral, dan Pembentukan Bentang Alam	130
Ibn Sina dan Pembahasan Pegunungan, Mineral, serta Fosil	130
Al-Karaji dan Air Tanah serta Qanat	131
B. Geografi Fisik, Iklim, dan Ensiklopedia Alam	131
Al-Masudi dan Observasi Laut, Iklim, serta Wilayah.....	131
Zakariya al-Qazwini dan Ensiklopedia Alam.....	132
Al-Dimashqi dan Geografi Fisik Dunia Abad Pertengahan	133
C. Kartografi dan Sains Maritim Ottoman	133
Piri Reis dan Kitab-i Bahriyye.....	133
Seydi Ali Reis dan Kitab al-Muhit.....	134
Matrakci Nasuh dan Representasi Topografi Kota serta Rute.....	134
D. Pembacaan Kritis Ilmu Bumi Pra-modern.....	135
Dari Kosmografi ke Ilmu Bumi: Memisahkan Data, Model, dan Tradisi...	135
BAB XIV KEDOKTERAN LANJUT: ANATOMI, PEDIATRI, EPIDEMIOLOGI, BEDAH, DAN KESEHATAN JIWA.....	137
A. Ensiklopedia Klinis dan Kedokteran Keluarga.....	138
Ali ibn al-Abbas al-Majusi dan Kamil al-Sinaa al-Tibbiyya.....	138
Ibn al-Jazzar dan Kedokteran Anak serta Pelayanan untuk Pasien	139
Ibn Rushd dan al-Kulliyat fi al-Tibb.....	139
B. Anatomi dan Koreksi Berbasis Pengamatan.....	140
Abd al-Latif al-Baghdadi dan Koreksi Anatomi Tulang.....	140
Mansur ibn Ilyas dan Atlas Anatomi Berwarna.....	140
C. Wabah, Penularan, dan Kesehatan Masyarakat	141
Ibn al-Khatib dan Argumen tentang Penularan Wabah	141
Ibn Khatima dan Deskripsi Wabah Granada	142
D. Tubuh, Jiwa, dan Bedah Ottoman.....	142
Abu Zayd al-Balkhi dan Kesehatan Tubuh-Jiwa	142
Serefeddin Sabuncuoglu dan Bedah Bergambar Ottoman	143
BAB XV FARMAKOLOGI LANJUT: MATERIA MEDICA, FORMULARIUM, TANAMAN OBAT, DAN PROFESIONALISASI OBAT.....	144
A. Formularium dan Standardisasi Sediaan	145

Sapur ibn Sahl dan Aqradhahin Rumah Sakit	145
Ibn al-Tilmidh dan Tradisi Formularium Baghdad.....	146
B. Leksikografi dan Identifikasi Bahan Obat	146
Al-Biruni dan Kitab al-Saydana.....	146
Ibn Juljul dan Sejarah serta Identifikasi Materia Medica.....	147
Al-Ghafiqi dan Kompendium Obat Sederhana.....	147
C. Ensiklopedia Farmasi Regional.....	148
Al-Tamimi dan Materia Medica Syam-Palestina	148
Dawud al-Antaki dan Tadhkira Farmakologi Ottoman-Arab.....	148
BAB XVI AKUSTIK, MUSIK MATEMATIS, ILMU SUARA, DAN FISIKA TAMBAHAN	150
A. Rasio, Interval, dan Tradisi Awal	151
Al-Kindi dan Teori Rasio Musik	151
Ikhwan al-Safa dan Harmoni sebagai Ilmu Matematis	151
B. Akustik dan Sistem Musik	152
Al-Farabi dan Kitab al-Musiqi al-Kabir	152
Ibn Sina dan Musik dalam al-Shifa.....	153
C. Notasi Modal dan Tradisi Pasca-Abbasiyah	153
Safi al-Din al-Urmawi dan Sistem Modal.....	153
Abd al-Qadir al-Maraghi dan Sintesis Teori Musik Timurid	154
D. Fisika Gerak Tambahan.....	154
Ibn Bajjah dan Perdebatan tentang Gerak	154
BAB XVII ILMU MASYARAKAT, EKONOMI, DEMOGRAFI, DAN METODE SEJARAH: BATAS SAINS SOSIAL PRA-MODERN.....	156
A. Kritik Sumber dan Ilmu Masyarakat.....	157
Ibn Khaldun dan Ilm al-Umran.....	157
Ibn Khaldun dan Analisis Kerja, Pajak, serta Kemakmuran	157
B. Harga, Uang, dan Krisis.....	158
Al-Maqrizi dan Analisis Krisis Harga serta Mata Uang	158
Al-Dimashqi dan Ilmu Perdagangan.....	159
C. Pajak, Administrasi, dan Data Wilayah.....	159
Abu Yusuf dan Ekonomi Pajak Negara	159
Ibn Battuta sebagai Sumber Observasi Sosial-Geografis.....	160

BAB XVIII SAINS MODERN DARI DUNIA MUSLIM: FISIKA, KIMIA, BIOLOGI MOLEKULER, ILMU MATERIAL, GEOLOGI PLANET, DAN REKAYASA	161
A. Fisika dan Kimia Fisik.....	162
Abdus Salam dan Teori Elektrolemah	162
Ahmed Zewail dan Femtokimia.....	163
B. Biologi Molekuler dan Perbaikan DNA	163
Aziz Sancar dan Mekanisme Perbaikan DNA.....	163
C. Ilmu Material dan Kimia Retikular	164
Omar M. Yaghi dan Metal-Organic Frameworks.....	164
D. Rekayasa Struktur dan Geologi Planet.....	165
Fazlur Rahman Khan dan Sistem Struktur Tabung Gedung Tinggi	165
Farouk El-Baz dan Geologi Bulan serta Penginderaan Jauh.....	165
E. Jembatan Historiografis ke Sains Global	166
Dari Peradaban ke Institusi Global: Cara Membaca Ilmuwan Modern	166
LATIHAN SOAL DAN PEMBAHASAN	168
Latihan Tambahan Bab XI-XVIII.....	171
Soal Pengembangan (HOTS).....	173
DAFTAR PUSTAKA	175
GLOSARIUM	179
Istilah Tambahan Bab XI-XVIII.....	182

BAB I

PARADIGMA, INSTITUSI, DAN METODE SAINS DALAM PERADABAN ISLAM

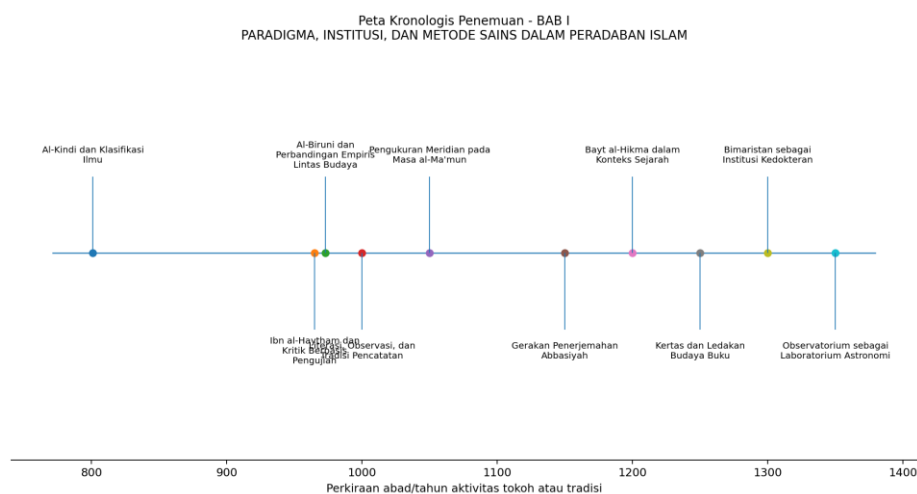
Bab ini menjelaskan ekosistem yang memungkinkan ilmu berkembang: budaya baca-tulis, patronase penerjemahan, produksi buku, rumah sakit, observatorium, dan kebiasaan menguji klaim melalui pengamatan. Fokusnya bukan mencari satu 'momen kelahiran sains', melainkan menunjukkan bagaimana praktik ilmiah tumbuh dari kebutuhan agama, administrasi, perdagangan, kesehatan, dan rasa ingin tahu intelektual. Setiap bagian membedakan institusi historis dari analogi modern agar pembaca tidak memaksakan kategori universitas, laboratorium, atau metode ilmiah abad ke-21 kepada abad pertengahan.

اَفْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ اَفْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ

“Bacalah dengan nama Tuhanmu yang menciptakan ... yang mengajar manusia dengan pena, mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya.” (QS. al-‘Alaq [96]: 1-5). Ayat ini ditempatkan sebagai landasan budaya literasi, bukan sebagai klaim bahwa teori sains modern telah termuat secara teknis di dalam teks wahyu.

قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ

“Katakanlah: apakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui?” (QS. al-Zumar [39]: 9). Dalam konteks buku ini, ayat tersebut digunakan untuk menegaskan nilai pengetahuan dan tanggung jawab intelektual.



Gambar 1.1. Peta Kronologis Penemuan - Paradigma, Institusi, Dan Metode Sains Dalam Peradaban Islam

Tabel 1.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab I

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Literasi, Observasi, dan Tradisi Pencatatan	Tradisi keilmuan Islam awal, abad ke-7-9 M	Al-Qur'an, hadis, adab al-'ilm, tradisi hisab	Etos membaca, mencatat, menghitung waktu, arah, kalender, dan mengamati alam berkembang bersama kebutuhan keagamaan serta administratif.
Pengukuran Meridian pada Masa al-Ma'mun	Tim astronom Abbasiyah, awal abad ke-9 M	Laporan geodesi-astronomi Abbasiyah	Survei satu derajat meridian menghubungkan perubahan tinggi kutub dengan jarak darat untuk memperkirakan ukuran bumi.
Al-Kindi dan Klasifikasi Ilmu	Ya'qub ibn Ishaq al-Kindi, ca. 801-873 M	Risalah matematika, optik, filsafat alam	Al-Kindi membantu menata matematika dan filsafat alam dalam bahasa ilmiah Arab serta menekankan penggunaan matematika untuk menjelaskan gejala.
Gerakan Penerjemahan Abbasiyah	Hunayn ibn Ishaq, Ishaq ibn Hunayn, Thabit ibn Qurra dan jaringan penerjemah, abad ke-8-10 M	Terjemahan Yunani-Suryani-Persia ke Arab	Kolasi manuskrip, standardisasi istilah, revisi terjemahan, dan kerja lintas komunitas mengubah teks klasik menjadi korpus ilmiah Arab yang dapat dikritik dan dikembangkan.
Bayt al-Hikma dalam Konteks Sejarah	Lingkungan ilmiah Abbasiyah di Baghdad, abad ke-9 M	Sumber sejarah koleksi istana dan aktivitas ilmiah	Patronase buku, penerjemahan, dan astronomi menjadi bagian penting budaya ilmiah Baghdad.
Kertas dan Ledakan Budaya Buku	Pengrajin, penyalin, pedagang buku, dan ulama kota-kota Islam, abad ke-8-11 M	Artefak kertas, katalog, biografi, dan sejarah perpustakaan	Produksi kertas dan jaringan kitab memperbesar kemampuan menyalin, mengomentari, dan menyebarkan teks ilmiah dalam skala yang tidak mungkin dicapai hanya dengan perkamen.
Bimaristan sebagai Institusi Kedokteran	Pengelola rumah sakit Baghdad, Damaskus, Kairo dan kota lain, abad ke-9-14 M	Waqf, biografi dokter, manual medis	Rumah sakit dengan staf, bangsal, dispensari, diet, dan pengajaran klinis berkembang bertahap sebagai institusi pelayanan dan pendidikan.
Observatorium sebagai Laboratorium Astronomi	Tim al-Ma'mun, Maragha, dan Samarkand, abad ke-9-15 M	Zij, katalog bintang, instrumen observatorium	Fasilitas besar memungkinkan observasi berulang, kalibrasi instrumen, dan koreksi parameter astronomi secara kolaboratif.
Ibn al-Haytham dan Kritik Berbasis Pengujian	Ibn al-Haytham, ca. 965-1040 M	Kitab al-Manazir	Eksperimen terkontrol, geometri, dan pengulangan dipakai untuk menguji teori penglihatan serta cahaya.
Al-Biruni dan Perbandingan Empiris Lintas Budaya	Abu Rayhan al-Biruni, 973-ca.1050 M	Tahqiq ma li-l-Hind; al-Athar al-Baqiya	Ia memadukan bahasa, pembacaan sumber lokal, observasi, kalender, geometri, dan pengukuran untuk membandingkan tradisi secara kritis.

A. Budaya Ilmu dan Pengukuran

Subbab ini membahas a. budaya ilmu dan pengukuran melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Literasi, Observasi, dan Tradisi Pencatatan

Konteks sejarah. Tradisi keilmuan Islam awal, abad ke-7-9 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan a. budaya ilmu dan pengukuran. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik literasi, observasi, dan tradisi pencatatan memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Al-Qur'an, hadis, adab al-'ilm, tradisi hisab. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Etos membaca, mencatat, menghitung waktu, arah, kalender, dan mengamati alam berkembang bersama kebutuhan keagamaan serta administratif. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Landasan budaya bukan bukti bahwa teori sains modern sudah termuat secara literal dalam teks agama. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Pengukuran Meridian pada Masa al-Ma'mun

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan pengukuran meridian pada masa al-ma'mun berpusat pada Tim astronom Abbasiyah, awal abad ke-9 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Laporan geodesi-astronomi Abbasiyah. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Survei satu derajat meridian menghubungkan perubahan tinggi kutub dengan jarak darat untuk memperkirakan ukuran bumi. Penilaian sejarah

perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Nilai numerik historis bergantung pada definisi satuan mil dan rekonstruksi sumber. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Kindi dan Klasifikasi Ilmu

Latar perkembangan. Dalam sejarah a. budaya ilmu dan pengukuran, Al-Kindi dan Klasifikasi Ilmu menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Ya'qub ibn Ishaq al-Kindi, ca. 801-873 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Risalah matematika, optik, filsafat alam. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Al-Kindi membantu menata matematika dan filsafat alam dalam bahasa ilmiah Arab serta menekankan penggunaan matematika untuk menjelaskan gejala. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ia bukan satu-satunya pendiri filsafat-sains Arab; kontribusinya berada dalam jaringan penerjemahan dan patronase Abbasiyah. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan,

komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

B. Penerjemahan dan Buku

Subbab ini membahas b. penerjemahan dan buku melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Gerakan Penerjemahan Abbasiyah

Konteks sejarah. Hunayn ibn Ishaq, Ishaq ibn Hunayn, Thabit ibn Qurra dan jaringan penerjemah, abad ke-8-10 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan b. penerjemahan dan buku. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik gerakan penerjemahan abbasiyah memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Terjemahan Yunani-Suryani-Persia ke Arab. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Kolasi manuskrip, standardisasi istilah, revisi terjemahan, dan kerja lintas komunitas mengubah teks klasik menjadi korpus ilmiah Arab yang dapat dikritik dan dikembangkan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Gerakan ini adalah transformasi intelektual, bukan penyalinan pasif. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Bayt al-Hikma dalam Konteks Sejarah

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan bayt al-hikma dalam konteks sejarah berpusat pada Lingkungan ilmiah Abbasiyah di Baghdad, abad ke-9 M. Masa

tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Sumber sejarah koleksi istana dan aktivitas ilmiah. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Patronase buku, penerjemahan, dan astronomi menjadi bagian penting budaya ilmiah Baghdad. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Fungsi persis Bayt al-Hikma diperdebatkan; tidak tepat menyamakannya begitu saja dengan universitas modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Kertas dan Ledakan Budaya Buku

Latar perkembangan. Dalam sejarah b. penerjemahan dan buku, Kertas dan Ledakan Budaya Buku menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Pengrajin, penyalin, pedagang buku, dan ulama kota-kota Islam, abad ke-8-11 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Artefak kertas, katalog, biografi, dan sejarah perpustakaan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Produksi kertas dan jaringan kitab memperbesar kemampuan menyalin, mengomentari, dan menyebarkan teks ilmiah dalam skala yang tidak mungkin dicapai hanya dengan perkamen. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Teknologi kertas berasal dari Asia Timur; kontribusi dunia Islam terutama pada adopsi, perluasan produksi, dan ekosistem buku. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

C. Institusi Ilmiah

Subbab ini membahas c. institusi ilmiah melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Bimaristan sebagai Institusi Kedokteran

Konteks sejarah. Pengelola rumah sakit Baghdad, Damaskus, Kairo dan kota lain, abad ke-9-14 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan c. institusi ilmiah. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik bimaristan sebagai institusi kedokteran memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Waqf, biografi dokter, manual medis. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Rumah sakit dengan staf, bangsal, dispensari, diet, dan pengajaran klinis berkembang bertahap sebagai institusi pelayanan dan pendidikan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak tepat menyebut satu bimaristan sebagai "rumah sakit modern pertama" tanpa membedakan perkembangan lintas wilayah. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Observatorium sebagai Laboratorium Astronomi

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan observatorium sebagai laboratorium astronomi berpusat pada Tim al-Ma'mun, Maragha, dan Samarkand, abad ke-9-15 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Zij, katalog bintang, instrumen observatorium. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Fasilitas besar memungkinkan observasi berulang, kalibrasi instrumen, dan koreksi parameter astronomi secara kolaboratif. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Setiap observatorium memiliki desain dan program berbeda; istilah laboratorium dipakai secara analogis. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

D. Metode Kritik dan Eksperimen

Subbab ini membahas d. metode kritik dan eksperimen melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ibn al-Haytham dan Kritik Berbasis Pengujian

Konteks sejarah. Ibn al-Haytham, ca. 965-1040 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan d. metode kritik dan eksperimen. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik ibn al-haytham dan kritik berbasis pengujian memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Manazir. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Eksperimen terkontrol, geometri, dan pengulangan dipakai untuk menguji teori penglihatan serta cahaya. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ia tokoh penting metode eksperimental, tetapi menyebutnya satu-satunya "penemu metode ilmiah" terlalu menyederhanakan sejarah. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Biruni dan Perbandingan Empiris Lintas Budaya

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-biruni dan perbandingan empiris lintas budaya berpusat pada Abu Rayhan al-Biruni, 973-ca.1050 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Tahqiq ma li-l-Hind; al-Athar al-Baqiya. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Ia memadukan bahasa, pembacaan sumber lokal, observasi, kalender, geometri, dan pengukuran untuk membandingkan tradisi secara kritis.

Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

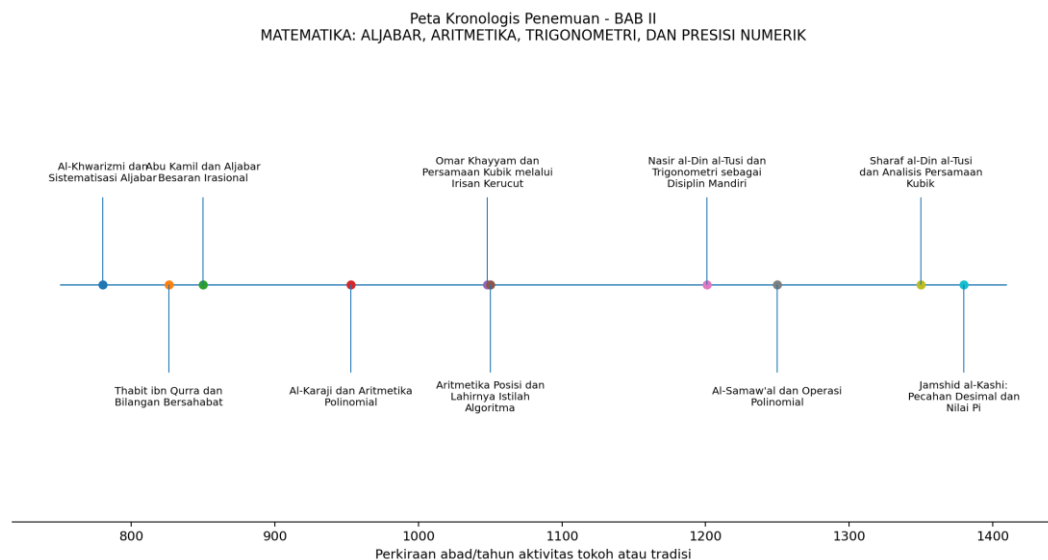
Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Metodenya sangat empiris untuk zamannya tetapi tidak identik dengan metodologi ilmu sosial modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Dari bab ini tampak bahwa pengetahuan ilmiah membutuhkan ekosistem: bahasa ilmiah, buku, instrumen, institusi, patronase, dan kebiasaan kritik. Tidak semua unsur itu khas satu peradaban, tetapi kombinasinya memberi ruang bagi perkembangan yang sangat produktif di wilayah Islam abad pertengahan.

BAB II

MATEMATIKA: ALJABAR, ARITMETIKA, TRIGONOMETRI, DAN PRESISI NUMERIK

Matematika dalam dunia Islam berkembang sebagai ilmu hitung praktis sekaligus disiplin teoretis. Kebutuhan perdagangan, pembagian waris, pengukuran, astronomi, dan geodesi bertemu dengan warisan Yunani serta India. Hasilnya tampak pada sistematisasi aljabar, penguatan aritmetika posisi, perluasan teori bilangan, kajian persamaan kubik, trigonometri bola, dan komputasi numerik berpresisi tinggi. Bab ini menempatkan setiap hasil dalam jalur perkembangan yang berbeda agar al-Khwarizmi, al-Karaji, Khayyam, al-Tusi, dan al-Kashi tidak diperlakukan sebagai satu cerita yang sama.



Gambar 2.1. Peta Kronologis Penemuan - Matematika: Aljabar, Aritmetika, Trigonometri, Dan Presisi Numerik

Tabel 2.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab II

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Al-Khwarizmi dan Sistematisasi Aljabar	Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi, ca. 780-850 M	al-Kitab al-Mukhtasar fi Hisab al-Jabr wa-l-Muqabala	Enam bentuk dasar persamaan linear-kuadrat diselesaikan secara prosedural dengan al-jabr, al-muqabala, contoh, dan pembuktian geometri.
Aritmetika Posisi dan Lahirnya Istilah Algoritma	Al-Khwarizmi dan tradisi hisab al-Hind, abad ke-9 M	Karya aritmetika yang bertahan melalui tradisi Latin Algoritmi	Teknik nilai-tempat desimal dan prosedur langkah demi langkah membuat perhitungan tertulis lebih efisien dan kemudian dikenal luas di Eropa.
Abu Kamil dan Aljabar Besar Irasional	Abu Kamil Shuja ibn Aslam, ca. 850-930 M	Kitab fi al-Jabr wa-l-Muqabala	Radikal dan masalah aljabar yang lebih kompleks ditangani secara sistematis, memperluas tradisi al-Khwarizmi.

Thabit ibn Qurra dan Bilangan Bersahabat	Thabit ibn Qurra, 826-901 M	Risalah teori bilangan	Teorema tertentu memberikan konstruksi pasangan bilangan bersahabat ketika beberapa bentuk bilangan memenuhi syarat prima.
Al-Karaji dan Aritmetika Polinomial	Abu Bakr al-Karaji, ca. 953-ca.1029 M	al-Fakhri	Pangkat dan polinomial diperlakukan semakin aritmetis, mengurangi ketergantungan aljabar pada representasi geometri.
Al-Samaw'al dan Operasi Polinomial	Al-Samaw'al al-Maghribi, abad ke-12 M	al-Bahir fi al-Jabr	Aturan operasi polinomial, pangkat positif-negatif, dan pembagian dikembangkan lebih sistematis.
Omar Khayyam dan Persamaan Kubik melalui Irisan Kerucut	Omar Khayyam, 1048-1131 M	Risala fi-l-Barahin ala Masa'il al-Jabr wa-l-Muqabala	Persamaan kubik diklasifikasi dan banyak kelas diselesaikan melalui perpotongan parabola, lingkaran, atau hiperbola.
Sharaf al-Din al-Tusi dan Analisis Persamaan Kubik	Sharaf al-Din al-Tusi, abad ke-12 M	Risalah persamaan	Analisis maksimum fungsi terkait kubik membantu menentukan kapan persamaan memiliki akar positif.
Nasir al-Din al-Tusi dan Trigonometri sebagai Disiplin Mandiri	Nasir al-Din al-Tusi, 1201-1274 M	Treatise on the Quadrilateral	Trigonometri datar dan bola disajikan sistematis termasuk hukum sinus, lebih mandiri dari astronomi.
Jamshid al-Kashi: Pecahan Desimal dan Nilai Pi	Jamshid al-Kashi, ca. 1380-1429 M	Miftah al-Hisab; Risala al-Muhitiyya	Pecahan desimal dipakai secara sistematis dan pi dihitung dengan presisi luar biasa melalui algoritme numerik.

A. Aljabar dan Aritmetika

Subbab ini membahas a. aljabar dan aritmetika melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Khwarizmi dan Sistematisasi Aljabar

Konteks sejarah. Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi, ca. 780-850 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan a. aljabar dan aritmetika. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-khwarizmi dan sistematisasi aljabar memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Kitab al-Mukhtasar fi Hisab al-Jabr wa-l-Muqabala. Dari sumber tersebut

tampak inti kontribusinya: Enam bentuk dasar persamaan linear-kuadrat diselesaikan secara prosedural dengan al-jabr, al-muqabala, contoh, dan pembuktian geometri. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Dalam notasi modern, salah satu tipe yang dibahas dapat ditulis $x^2 + bx = c$. Karena bilangan negatif belum diperlakukan sebagai koefisien biasa, kasus persamaan diklasifikasi menjadi beberapa bentuk positif. Operasi al-jabr memulihkan suku yang berkurang, sedangkan al-muqabala menyeimbangkan suku sejenis. Pembuktian banyak diberikan secara geometris sehingga prosedur hitung dan alasan matematis berjalan bersama.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Aljabar memiliki akar lebih tua; kebaruan al-Khwarizmi terletak pada sistematisasi disiplin dan prosedurnya. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

$$x^2 + 10x = 39$$

Contoh bentuk kuadrat yang sering digunakan untuk menjelaskan metode melengkapi kuadrat dalam tradisi al-Khwarizmi.

Aritmetika Posisi dan Lahirnya Istilah Algoritma

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan aritmetika posisi dan lahirnya istilah algoritma berpusat pada Al-Khwarizmi dan tradisi hisab al-Hind, abad ke-9 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Karya aritmetika yang bertahan melalui tradisi Latin Algoritmi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Teknik nilai-tempat desimal dan prosedur langkah demi langkah membuat perhitungan tertulis lebih efisien dan kemudian dikenal luas di Eropa. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Keunggulan sistem nilai-tempat terletak pada posisi digit: nilai sebuah simbol berubah menurut satuan, puluhan, ratusan, dan seterusnya. Dengan

nol sebagai penanda tempat, algoritme penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian dapat disusun sebagai urutan langkah yang konsisten. Tradisi Latin kemudian memakai bentuk nama Algoritmi/algorismus untuk metode berhitung ini.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Sistem angka berasal dari India; al-Khwarizmi berperan dalam transmisi dan pengembangannya, bukan penemuan digit 0-9. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Abu Kamil dan Aljabar Besaran Irasional

Latar perkembangan. Dalam sejarah a. aljabar dan aritmetika, Abu Kamil dan Aljabar Besaran Irasional menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Abu Kamil Shuja ibn Aslam, ca. 850-930 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab fi al-Jabr wa-l-Muqabala. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Radikal dan masalah aljabar yang lebih kompleks ditangani secara sistematis, memperluas tradisi al-Khwarizmi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Notasi tetap retoris; hubungan dengan matematika Eropa perlu ditelusuri melalui teks dan terjemahan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

B. Teori Bilangan dan Polinomial

Subbab ini membahas b. teori bilangan dan polinomial melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Thabit ibn Qurra dan Bilangan Bersahabat

Konteks sejarah. Thabit ibn Qurra, 826-901 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan b. teori bilangan dan polinomial. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik thabit ibn qurra dan bilangan bersahabat memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Risalah teori bilangan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Teorema tertentu memberikan konstruksi pasangan bilangan bersahabat ketika beberapa bentuk bilangan memenuhi syarat prima. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Pasangan bilangan bersahabat adalah dua bilangan yang masing-masing sama dengan jumlah pembagi sejati bilangan lainnya. Thabit ibn Qurra memberi konstruksi berbasis bilangan prima tertentu; kontribusi ini penting karena mengubah persoalan contoh numerik menjadi teorema dengan syarat yang dapat diperiksa.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kontribusi orisinal ini mengembangkan aritmetika Euclid, bukan penciptaan teori bilangan dari nol. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Karaji dan Aritmetika Polinomial

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-karaji dan aritmetika polinomial berpusat pada Abu Bakr al-Karaji, ca. 953-ca.1029 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk

kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Fakhri. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Pangkat dan polinomial diperlakukan semakin aritmetis, mengurangi ketergantungan aljabar pada representasi geometri. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Perubahan penting terjadi ketika pangkat dan operasi aljabar diperlakukan semakin mandiri dari gambar geometri. Perkalian, pembagian, dan aturan pangkat membentuk aritmetika bentuk-bentuk aljabar. Langkah ini memperluas ruang operasi matematis sebelum notasi simbolik modern tersedia.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Argumen yang mirip induksi tidak identik dengan formulasi induksi modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Samaw'al dan Operasi Polinomial

Latar perkembangan. Dalam sejarah b. teori bilangan dan polinomial, Al-Samaw'al dan Operasi Polinomial menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Al-Samaw'al al-Maghribi, abad ke-12 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Bahir fi al-Jabr. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Aturan operasi polinomial, pangkat positif-negatif, dan pembagian dikembangkan lebih sistematis. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Perubahan penting terjadi ketika pangkat dan operasi aljabar diperlakukan semakin mandiri dari gambar geometri. Perkalian, pembagian, dan aturan pangkat membentuk aritmetika bentuk-bentuk aljabar. Langkah ini memperluas ruang operasi matematis sebelum notasi simbolik modern tersedia.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Notasi dan definisi masih berbeda dari aljabar simbolik modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti

kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

C. Persamaan dan Geometri

Subbab ini membahas c. persamaan dan geometri melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Omar Khayyam dan Persamaan Kubik melalui Irisan Kerucut

Konteks sejarah. Omar Khayyam, 1048-1131 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan c. persamaan dan geometri. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik Omar Khayyam dan persamaan kubik melalui irisan kerucut memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Risala fi-l-Barahin ala Masa'il al-Jabr wa-l-Muqabala*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Persamaan kubik diklasifikasi dan banyak kelas diselesaikan melalui perpotongan parabola, lingkaran, atau hiperbola. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Persamaan derajat tiga belum memiliki rumus simbolik umum. Karena itu, irisan kerucut menjadi perangkat penyelesaian: akar suatu persamaan direpresentasikan oleh koordinat titik perpotongan kurva. Klasifikasi kasus merupakan bagian penting karena bentuk koefisien positif-negatif masih ditangani secara terpisah.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ini solusi geometris sistematis, bukan rumus aljabar umum untuk kubik. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Sharaf al-Din al-Tusi dan Analisis Persamaan Kubik

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan sharaf al-din al-tusi dan analisis persamaan kubik berpusat pada Sharaf al-Din al-Tusi, abad ke-12 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Risalah persamaan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Analisis maksimum fungsi terkait kubik membantu menentukan kapan persamaan memiliki akar positif. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Persamaan derajat tiga belum memiliki rumus simbolik umum. Karena itu, irisan kerucut menjadi perangkat penyelesaian: akar suatu persamaan direpresentasikan oleh koordinat titik perpotongan kurva. Klasifikasi kasus merupakan bagian penting karena bentuk koefisien positif-negatif masih ditangani secara terpisah.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Bahasa fungsi dan turunan modern hanya analogi untuk menjelaskan struktur matematis teks. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

D. Trigonometri dan Presisi

Subbab ini membahas d. trigonometri dan presisi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Nasir al-Din al-Tusi dan Trigonometri sebagai Disiplin Mandiri

Konteks sejarah. Nasir al-Din al-Tusi, 1201-1274 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan d. trigonometri dan presisi. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik nasir al-din al-tusi dan

trigonometri sebagai disiplin mandiri memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Treatise on the Quadrilateral*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Trigonometri datar dan bola disajikan sistematis termasuk hukum sinus, lebih mandiri dari astronomi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Trigonometri bola dibutuhkan ketika segitiga terletak pada permukaan bola langit atau bumi. Hubungan sudut-sisi memungkinkan perhitungan arah, jarak sudut, waktu, dan posisi benda langit. Hukum sinus dalam bentuk modern $a/\sin A = b/\sin B = c/\sin C$ membantu melihat struktur matematis yang kemudian disistematisasi lebih lanjut.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Perkembangan trigonometri adalah proses kolektif; al-Tusi merupakan salah satu tonggakunya. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

$$a / \sin A = b / \sin B = c / \sin C$$

Bentuk modern hukum sinus untuk segitiga datar; tradisi trigonometri Islam juga mengembangkan kasus pada segitiga bola.

Jamshid al-Kashi: Pecahan Desimal dan Nilai Pi

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan jamshid al-kashi: pecahan desimal dan nilai pi berpusat pada Jamshid al-Kashi, ca. 1380-1429 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Miftah al-Hisab*; *Risala al-Muhitiyya*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Pecahan desimal dipakai secara sistematis dan pi dihitung dengan presisi luar biasa melalui algoritme numerik. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Presisi numerik al-Kashi dicapai melalui algoritme iteratif dan representasi pecahan desimal yang konsisten. Dengan menghindari pecahan

seksagesimal pada banyak tahap aritmetika, proses komputasi menjadi lebih seragam. Nilai π yang dihitungnya menunjukkan kemampuan melakukan perhitungan panjang dengan kendali galat yang sangat baik untuk zamannya.

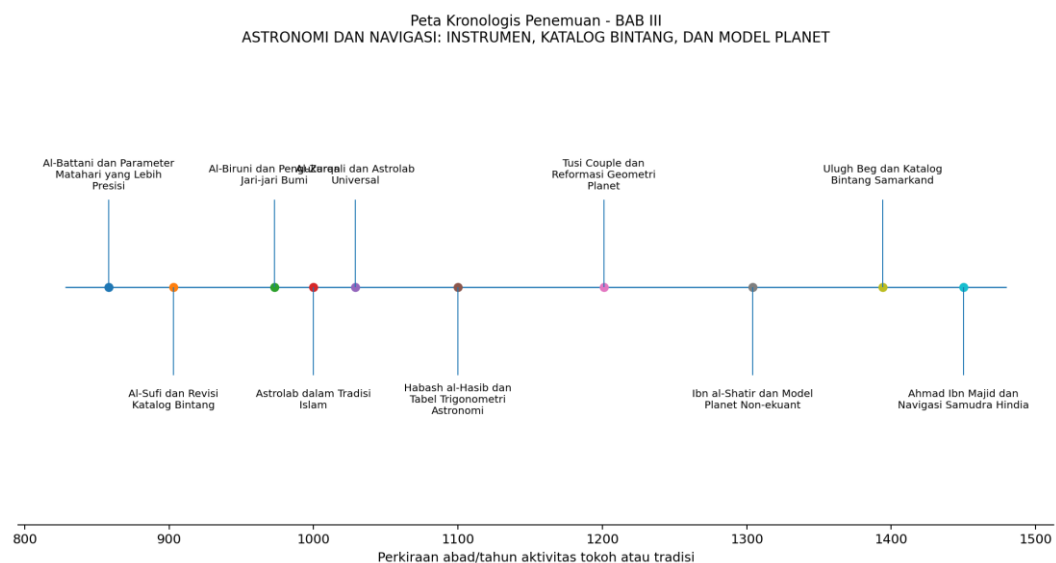
Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Pecahan desimal memiliki sejarah lebih luas; pencapaian al-Kashi adalah sistematika dan presisinya. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Kontribusi matematika Islam paling kuat terlihat pada sistematisasi prosedur, perluasan objek matematis, dan peningkatan presisi komputasi. Proses ini menunjukkan kesinambungan sekaligus inovasi: bahan Yunani dan India diolah dalam bahasa Arab menjadi tradisi baru yang kemudian memiliki kehidupan panjang di Timur dan Barat.

BAB III

ASTRONOMI DAN NAVIGASI: INSTRUMEN, KATALOG BINTANG, DAN MODEL PLANET

Astronomi Islam merupakan bidang yang sangat intensif secara matematis dan instrumentatif. Penentuan waktu, kalender, arah kiblat, dan kebutuhan navigasi mendorong observasi langit, sedangkan tradisi zij menyediakan kerangka komputasi. Para astronom memperbaiki parameter Matahari, menyusun katalog bintang, mengembangkan instrumen universal, dan mengkritik perangkat geometris Ptolemeus. Bab ini memisahkan astronomi posisi, geodesi, reformasi model planet, observatorium, dan navigasi samudra sebagai rumpun penemuan yang berlainan.



Gambar 3.1. Peta Kronologis Penemuan - Astronomi Dan Navigasi: Instrumen, Katalog Bintang, Dan Model Planet

Tabel 3.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab III

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Astrolab dalam Tradisi Islam	al-Fazari, al-Sufi, dan para pembuat instrumen, abad ke-8-15 M	Risalah astrolab dan artefak	Desain, skala, rete, plate, dan literatur penggunaan astrolab dikembangkan luas untuk waktu, tinggi benda langit, lintang, dan pendidikan astronomi.
Al-Battani dan Parameter Matahari yang Lebih Presisi	Muhammad al-Battani, ca. 858-929 M	al-Zij al-Sabi'	Observasi jangka panjang memperbaiki nilai tahun tropis, kemiringan ekliptika, dan parameter gerak Matahari dalam kerangka astronomi geosentris.
Habash al-Hasib dan Tabel Trigonometri Astronomi	Habash al-Hasib al-Marwazi, abad ke-9 M	Zij dan tabel astronomi	Tabel sinus, tangen, serta prosedur astronomi dikembangkan untuk menyelesaikan masalah posisi dan waktu.

Al-Sufi dan Revisi Katalog Bintang	Abd al-Rahman al-Sufi, 903-986 M	Kitab Suwar al-Kawakib al-Thabita	Posisi, magnitudo, dan representasi konstelasi dibandingkan dengan Ptolemaios dan pengamatan aktual, disertai tradisi nama bintang Arab.
Al-Biruni dan Pengukuran Jari-jari Bumi	Abu Rayhan al-Biruni, 973-ca.1050 M	Tahdid Nihayat al-Amakin	Tinggi gunung dan sudut depresi horizon digunakan dalam hubungan geometri untuk menaksir radius bumi.
Al-Zarqali dan Astrolab Universal	Abu Ishaq al-Zarqali, 1029-1087 M	al-Safiha; tradisi Toledan Tables	Astrolab universal dirancang agar persoalan astronomi dapat diselesaikan tanpa mengganti plate untuk setiap lintang.
Tusi Couple dan Reformasi Geometri Planet	Nasir al-Din al-Tusi, 1201-1274 M	al-Tadhkira fi Ilm al-Hay'a	Dua rotasi melingkar berlawanan menghasilkan osilasi linear, berguna untuk merekonstruksi gerak planet tanpa perangkat ekuant tertentu.
Ibn al-Shatir dan Model Planet Non-ekuant	Ala al-Din Ibn al-Shatir, 1304-1375 M	Nihayat al-Sul fi Tashih al-Usul	Model Bulan dan planet memakai kombinasi epicycle untuk mengurangi problem fisik-matematis Ptolemaios.
Ulugh Beg dan Katalog Bintang Samarkand	Ulugh Beg dan tim, 1394-1449 M	Zij-i Jadid-i Kuragoni	Observatorium Samarkand menghasilkan katalog hampir seribu bintang dengan ketelitian tinggi pada era pra-teleskop.
Ahmad Ibn Majid dan Navigasi Samudra Hindia	Ahmad Ibn Majid, abad ke-15 M	Kitab al-Fawa'id fi Usul Ilm al-Bahr wa-l-Qawa'id	Bintang, monsun, rute, lintang, dan pengetahuan pantai disistematisasi sebagai ilmu navigasi pelaut.

A. Instrumen dan Astronomi Posisi

Subbab ini membahas a. instrumen dan astronomi posisi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Astrolab dalam Tradisi Islam

Konteks sejarah. al-Fazari, al-Sufi, dan para pembuat instrumen, abad ke-8-15 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan a. instrumen dan astronomi posisi. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik astrolab dalam tradisi islam memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Risalah astrolab dan artefak. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya:

Desain, skala, rete, plate, dan literatur penggunaan astrolab dikembangkan luas untuk waktu, tinggi benda langit, lintang, dan pendidikan astronomi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Astrolab planisferik memproyeksikan bola langit ke bidang. Rete membawa posisi bintang, sedangkan plate menyesuaikan kisi koordinat untuk lintang tertentu. Pengguna memutar bagian-bagian instrumen untuk memecahkan persoalan tinggi benda langit, waktu, azimut, dan beberapa problem geometri praktis.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Astrolab berasal dari tradisi Helenistik; kontribusi Islam adalah pengembangan teori, ragam, pembuatan, dan pemakaiannya. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Battani dan Parameter Matahari yang Lebih Presisi

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-battani dan parameter matahari yang lebih presisi berpusat pada Muhammad al-Battani, ca. 858-929 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Zij al-Sabi'. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Observasi jangka panjang memperbaiki nilai tahun tropis, kemiringan ekliptika, dan parameter gerak Matahari dalam kerangka astronomi geosentris. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Al-Battani mengandalkan rangkaian observasi dan tabel untuk memperbaiki parameter astronomi. Nilai tahun tropis, kemiringan ekliptika, dan gerak titik apsis dihitung dalam kerangka geosentris. Kekuatan karyanya bukan perubahan kosmologi, melainkan peningkatan ketelitian observasional dan komputasi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Presisi tinggi tidak berarti al-Battani mengembangkan heliosentrisme. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri,

posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Habash al-Hasib dan Tabel Trigonometri Astronomi

Latar perkembangan. Dalam sejarah a. instrumen dan astronomi posisi, Habash al-Hasib dan Tabel Trigonometri Astronomi menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Habash al-Hasib al-Marwazi, abad ke-9 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Zij dan tabel astronomi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Tabel sinus, tangen, serta prosedur astronomi dikembangkan untuk menyelesaikan masalah posisi dan waktu. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Trigonometri bola dibutuhkan ketika segitiga terletak pada permukaan bola langit atau bumi. Hubungan sudut-sisi memungkinkan perhitungan arah, jarak sudut, waktu, dan posisi benda langit. Hukum sinus dalam bentuk modern $a/\sin A = b/\sin B = c/\sin C$ membantu melihat struktur matematis yang kemudian disistematisasi lebih lanjut.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Trigonometri tumbuh kolektif dari tradisi India, Yunani, dan inovasi sarjana Islam. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

B. Katalog Bintang dan Geodesi

Subbab ini membahas b. katalog bintang dan geodesi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Sufi dan Revisi Katalog Bintang

Konteks sejarah. Abd al-Rahman al-Sufi, 903-986 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan b. katalog bintang dan geodesi. Persoalan yang

dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-sufi dan revisi katalog bintang memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab Suwar al-Kawakib al-Thabita. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Posisi, magnitudo, dan representasi konstelasi dibandingkan dengan Ptolemaios dan pengamatan aktual, disertai tradisi nama bintang Arab. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Katalog bintang menuntut identifikasi konstelasi, posisi relatif, dan magnitudo. Al-Sufi membandingkan tradisi Ptolemaios dengan pengamatan aktual serta nama-nama bintang Arab. Hasilnya adalah teks yang sekaligus bersifat korektif, deskriptif, dan ilustratif.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Karya ini adalah revisi-katalog, bukan "penemuan seluruh bintang" yang dinamai Arab. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Biruni dan Pengukuran Jari-jari Bumi

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-biruni dan pengukuran jari-jari bumi berpusat pada Abu Rayhan al-Biruni, 973-ca.1050 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Tahdid Nihayat al-Amakin. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Tinggi gunung dan sudut depresi horizon digunakan dalam hubungan geometri untuk menaksir radius bumi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Metode geodesi al-Biruni menghubungkan tinggi gunung h dan sudut depresi horizon θ . Dalam bentuk geometri modern salah satu relasinya dapat

dinyatakan $R = h \cos \theta / (1 - \cos \theta)$. Ketelitian hasil sangat ditentukan oleh pengukuran tinggi, sudut kecil, refraksi atmosfer, dan definisi satuan panjang.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Nilai historis sangat peka terhadap refraksi, tinggi, satuan, dan resolusi sudut. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

$$R = h \cos \theta / (1 - \cos \theta)$$

Notasi modern untuk menunjukkan hubungan antara tinggi gunung h , sudut depresi horizon θ , dan jari-jari bumi R .

Al-Zarqali dan Astrolab Universal

Latar perkembangan. Dalam sejarah b. katalog bintang dan geodesi, Al-Zarqali dan Astrolab Universal menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Abu Ishaq al-Zarqali, 1029-1087 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Safiha; tradisi Toledan Tables. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Astrolab universal dirancang agar persoalan astronomi dapat diselesaikan tanpa mengganti plate untuk setiap lintang. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Astrolab planisferik memproyeksikan bola langit ke bidang. Rete membawa posisi bintang, sedangkan plate menyesuaikan kisi koordinat untuk lintang tertentu. Pengguna memutar bagian-bagian instrumen untuk memecahkan persoalan tinggi benda langit, waktu, azimut, dan beberapa problem geometri praktis.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ini penyempurnaan instrumentasi proyeksi, bukan asal semua astrolab. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

C. Reformasi Model Planet

Subbab ini membahas c. reformasi model planet melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Tusi Couple dan Reformasi Geometri Planet

Konteks sejarah. Nasir al-Din al-Tusi, 1201-1274 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan c. reformasi model planet. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik *tusi couple* dan reformasi geometri planet memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *al-Tadhkira fi Ilm al-Hay'a*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Dua rotasi melingkar berlawanan menghasilkan osilasi linear, berguna untuk merekonstruksi gerak planet tanpa perangkat ekuant tertentu. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. *Tusi couple* menggunakan dua gerak melingkar seragam: sebuah lingkaran kecil berputar di dalam lingkaran yang diameternya dua kali lebih besar dengan arah berlawanan. Kombinasi keduanya menghasilkan osilasi linear. Perangkat ini memungkinkan model planet menghindari beberapa aspek ekuant Ptolemeus sambil mempertahankan komitmen pada gerak melingkar.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kemiripan dengan Copernicus nyata; jalur transmisi langsung masih diteliti. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ibn al-Shatir dan Model Planet Non-ekuant

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan ibn al-shatir dan model planet non-ekuant berpusat pada Ala al-Din Ibn al-Shatir, 1304-1375 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk

menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Nihayat al-Sul fi Tashih al-Usul*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Model Bulan dan planet memakai kombinasi epicycle untuk mengurangi problem fisik-matematis Ptolemaios. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Ibn al-Shatir menyusun kombinasi epicycle yang menghasilkan parameter planet tanpa ekuant tertentu. Secara matematis beberapa konstruksinya kemudian tampak sangat dekat dengan model dalam karya Copernicus, meskipun kedua sistem memiliki kerangka kosmologis berbeda.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Reformasi ini tetap geosentris, bukan teori heliosentris. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

D. Observatorium dan Navigasi

Subbab ini membahas d. observatorium dan navigasi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ulugh Beg dan Katalog Bintang Samarkand

Konteks sejarah. Ulugh Beg dan tim, 1394-1449 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan d. observatorium dan navigasi. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik ulugh beg dan katalog bintang samarkand memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Zij-i Jadid-i Kuragoni*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Observatorium Samarkand menghasilkan katalog hampir seribu bintang dengan ketelitian tinggi pada era pra-teleskop. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Katalog bintang menuntut identifikasi konstelasi, posisi relatif, dan magnitudo. Al-Sufi membandingkan tradisi Ptolemaios dengan pengamatan aktual serta nama-nama bintang Arab. Hasilnya adalah teks yang sekaligus bersifat korektif, deskriptif, dan ilustratif.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Pencapaian adalah kerja tim observatorium, bukan observasi seorang penguasa sendirian. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ahmad Ibn Majid dan Navigasi Samudra Hindia

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan Ahmad Ibn Majid dan navigasi Samudra Hindia berpusat pada Ahmad Ibn Majid, abad ke-15 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Fawa'id fi Usul Ilm al-Bahr wa-l-Qawa'id. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Bintang, monsun, rute, lintang, dan pengetahuan pantai disistematisasi sebagai ilmu navigasi pelaut. Penilaian sejarah perlu mendahului isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Navigasi Samudra Hindia menggabungkan bintang penunjuk, ketinggian kutub, musim angin, jalur pesisir, dan pengalaman pelaut. Teks Ibn Majid merekam pengetahuan praktis yang tidak hanya bergantung pada satu instrumen, melainkan pada sistem informasi laut yang kompleks.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Cerita bahwa Ibn Majid pasti memandu Vasco da Gama diperdebatkan dan tidak boleh dinyatakan sebagai fakta pasti. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

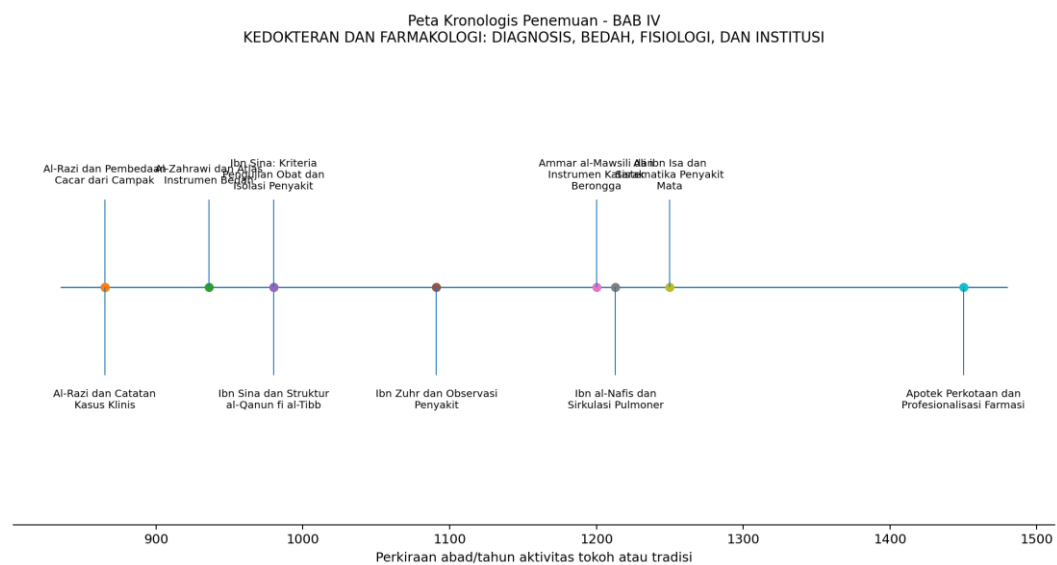
Astronomi Islam memperlihatkan bahwa observasi dan matematika berjalan bersama. Koreksi parameter, pembuatan instrumen, reformasi model planet, dan navigasi adalah jalur yang berbeda namun saling menguatkan. Kemiripan model

dengan astronomi Eropa kemudian menjadi salah satu tema penting sejarah transmisi ilmu.

BAB IV

KEDOKTERAN DAN FARMAKOLOGI: DIAGNOSIS, BEDAH, FISILOGI, DAN INSTITUSI

Kedokteran Islam tidak berkembang hanya melalui ensiklopedia besar, tetapi juga melalui observasi klinis, farmasi, oftalmologi, bedah, fisiologi, dan rumah sakit. Para dokter mewarisi Hippokrates, Galen, tradisi Persia dan India, kemudian menyusun ulang, mengoreksi, dan menambahnya melalui pengalaman. Penemuan pada bab ini dibaca secara kritis: suatu deskripsi penyakit, instrumen, atau sirkulasi dinilai berdasarkan teks dan konteksnya, bukan berdasarkan gelar populer seperti 'bapak kedokteran modern'.



Gambar 4.1. Peta Kronologis Penemuan - Kedokteran Dan Farmakologi: Diagnosis, Bedah, Fisiologi, Dan Institusi

Tabel 4.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab IV

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Al-Razi dan Pembedaan Cacar dari Campak	Abu Bakr al-Razi, ca. 865-925 M	Kitab al-Judari wa-l-Hasba	Gejala dan perjalanan klinis dua penyakit ruam dibandingkan sehingga diferensiasi diagnosis menjadi lebih tajam.
Al-Razi dan Catatan Kasus Klinis	Abu Bakr al-Razi, ca. 865-925 M	al-Hawi fi al-Tibb	Pengalaman pasien, respons terapi, diet, dan kritik terhadap Galen dicatat sebagai bahan penalaran klinis.
Ibn Zuhr dan Observasi Penyakit	Abu Marwan Ibn Zuhr, 1091-1162 M	al-Taysir fi al-Mudawat wa-l-Tadbir	Deskripsi penyakit dan respons terapi didasarkan pada pengalaman klinis Andalusia, termasuk pengamatan parasit dan gangguan kulit.

Al-Zahrawi dan Atlas Instrumen Bedah	Abu al-Qasim al-Zahrawi, ca. 936-1013 M	Kitab al-Tasrif, bagian bedah	Banyak instrumen dan tindakan bedah dijelaskan serta digambar sehingga pengetahuan teknis dapat diajarkan dan ditransmisikan.
Ammar al-Mawsili dan Instrumen Katarak Berongga	Ammar ibn Ali al-Mawsili, abad ke-10-11 M	Kitab al-Muntakhab fi Ilaj al-Ayn	Instrumen tubular berongga dideskripsikan untuk menangani jenis katarak tertentu dalam oftalmologi abad pertengahan.
Ali ibn Isa dan Sistematika Penyakit Mata	Ali ibn Isa al-Kahhal, abad ke-10-11 M	Tadhkirat al-Kahhalin	Anatomi, penyakit, gejala, dan obat mata diklasifikasi dalam manual spesialis.
Ibn Sina dan Struktur al-Qanun fi al-Tibb	Ibn Sina, 980-1037 M	al-Qanun fi al-Tibb	Lima buku menyatukan prinsip kedokteran, obat sederhana, penyakit organ, penyakit umum, dan formulasi obat.
Ibn Sina: Kriteria Pengujian Obat dan Isolasi Penyakit	Ibn Sina, 980-1037 M	al-Qanun fi al-Tibb	Prinsip menilai efek obat dan pengakuan sifat menular beberapa penyakit menunjukkan penalaran kausal yang terstruktur.
Ibn al-Nafis dan Sirkulasi Pulmoner	Ala al-Din Ibn al-Nafis, 1213-1288 M	Sharh Tashrih al-Qanun	Darah dijelaskan bergerak dari sisi kanan jantung ke paru lalu kembali ke sisi kiri tanpa pori pada septum.
Apotek Perkotaan dan Profesionalisasi Farmasi	Apoteker, dokter, dan muhtasib, abad ke-9-13 M	Manual hisba, formularium, karya farmakologi	Pembuatan, penyimpanan, penimbangan, dan penjualan obat berkembang sebagai profesi serta layanan yang makin terspesialisasi.

A. Diagnosis dan Klinik

Subbab ini membahas a. diagnosis dan klinik melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Razi dan Pembedaan Cacar dari Campak

Konteks sejarah. Abu Bakr al-Razi, ca. 865-925 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan a. diagnosis dan klinik. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-razi dan pembedaan cacar dari campak memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Judari wa-l-Hasba. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Gejala dan perjalanan klinis dua penyakit ruam dibandingkan sehingga diferensiasi

diagnosis menjadi lebih tajam. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Pembedaan klinis dibangun dari pola demam, perubahan kulit, perjalanan penyakit, dan gejala penyerta. Karya al-Razi penting karena berusaha memisahkan dua penyakit yang sebelumnya mudah tercampur dalam diagnosis. Nilai historisnya terletak pada deskripsi observasional, bukan pada mikrobiologi yang baru berkembang jauh kemudian.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ini bukan diagnosis virologis modern; nilai utamanya berada pada observasi klinis komparatif. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Razi dan Catatan Kasus Klinis

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-razi dan catatan kasus klinis berpusat pada Abu Bakr al-Razi, ca. 865-925 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Hawi fi al-Tibb. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Pengalaman pasien, respons terapi, diet, dan kritik terhadap Galen dicatat sebagai bahan penalaran klinis. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Catatan kasus pra-modern tidak sama dengan rekam medis standar kontemporer. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui

naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ibn Zuhr dan Observasi Penyakit

Latar perkembangan. Dalam sejarah a. diagnosis dan klinik, Ibn Zuhr dan Observasi Penyakit menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Abu Marwan Ibn Zuhr, 1091-1162 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Taysir fi al-Mudawat wa-l-Tadbir. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Deskripsi penyakit dan respons terapi didasarkan pada pengalaman klinis Andalusia, termasuk pengamatan parasit dan gangguan kulit. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Beberapa klaim "eksperimen pertama" pada Ibn Zuhr perlu dibatasi menurut sumber. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

B. Bedah dan Oftalmologi

Subbab ini membahas b. bedah dan oftalmologi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Zahrawi dan Atlas Instrumen Bedah

Konteks sejarah. Abu al-Qasim al-Zahrawi, ca. 936-1013 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan b. bedah dan oftalmologi. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin,

pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-zahrawi dan atlas instrumen bedah memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Tasrif, bagian bedah. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Banyak instrumen dan tindakan bedah dijelaskan serta digambar sehingga pengetahuan teknis dapat diajarkan dan ditransmisikan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Bagian bedah al-Tasrif memadukan teks dengan gambar alat. Bentuk, ukuran, dan penggunaan instrumen dikaitkan dengan prosedur tertentu sehingga pengetahuan teknik dapat ditransmisikan secara visual. Ini berbeda dari sekadar menyebut nama alat karena desain menjadi bagian eksplisit dari instruksi bedah.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak semua alat merupakan penemuan pribadi al-Zahrawi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ammar al-Mawsili dan Instrumen Katarak Berongga

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan ammar al-mawsili dan instrumen katarak berongga berpusat pada Ammar ibn Ali al-Mawsili, abad ke-10-11 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Muntakhab fi Ilaj al-Ayn. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Instrumen tubular berongga dideskripsikan untuk menangani jenis katarak tertentu dalam oftalmologi abad pertengahan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Operasi katarak abad pertengahan umumnya menggunakan teknik couching. Ammar al-Mawsili mendeskripsikan jarum berongga yang dimaksudkan untuk aspirasi materi lensa pada kasus tertentu. Interpretasi

keberhasilan klinisnya harus tetap berhati-hati karena tidak tersedia standar uji modern.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Teknik historis ini tidak identik dengan operasi katarak modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ali ibn Isa dan Sistematika Penyakit Mata

Latar perkembangan. Dalam sejarah b. bedah dan oftalmologi, Ali ibn Isa dan Sistematika Penyakit Mata menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Ali ibn Isa al-Kahhal, abad ke-10-11 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Tadhkirat al-Kahhalin. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Anatomi, penyakit, gejala, dan obat mata diklasifikasi dalam manual spesialis. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kompendium ini salah satu dari beberapa tradisi oftalmologi besar, bukan sumber tunggal. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

C. Ensiklopedia dan Farmakologi

Subbab ini membahas c. ensiklopedia dan farmakologi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ibn Sina dan Struktur al-Qanun fi al-Tibb

Konteks sejarah. Ibn Sina, 980-1037 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan c. ensiklopedia dan farmakologi. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik ibn sina dan struktur al-qanun fi al-tibb memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Qanun fi al-Tibb. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Lima buku menyatukan prinsip kedokteran, obat sederhana, penyakit organ, penyakit umum, dan formulasi obat. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Canon adalah sintesis besar, bukan asal seluruh pengetahuan medis di dalamnya. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ibn Sina: Kriteria Pengujian Obat dan Isolasi Penyakit

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan ibn sina: kriteria pengujian obat dan isolasi penyakit berpusat pada Ibn Sina, 980-1037 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Qanun fi al-Tibb. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Prinsip menilai efek obat dan pengakuan sifat menular beberapa penyakit menunjukkan penalaran kausal yang terstruktur. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah

dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Cerita populer "karantina 40 hari ditemukan Ibn Sina" tidak didukung teks Canon. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

D. Fisiologi dan Institusi

Subbab ini membahas d. fisiologi dan institusi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ibn al-Nafis dan Sirkulasi Pulmoner

Konteks sejarah. Ala al-Din Ibn al-Nafis, 1213-1288 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan d. fisiologi dan institusi. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik ibn al-nafis dan sirkulasi pulmoner memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Sharh Tashrih al-Qanun. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Darah dijelaskan bergerak dari sisi kanan jantung ke paru lalu kembali ke sisi kiri tanpa pori pada septum. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Ibn al-Nafis menolak adanya pori-pori tak terlihat pada septum jantung sebagaimana diasumsikan tradisi Galen. Ia menjelaskan bahwa darah dari ventrikel kanan menuju paru-paru, bercampur dengan udara, lalu kembali ke sisi kiri jantung. Uraian ini merupakan langkah penting dalam sejarah fisiologi sirkulasi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ini deskripsi sirkulasi pulmoner, belum teori sirkulasi sistemik tertutup seperti Harvey. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Apotek Perkotaan dan Profesionalisasi Farmasi

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan apotek perkotaan dan profesionalisasi farmasi berpusat pada Apoteker, dokter, dan muhtasib, abad ke-9-13 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Manual hisba, formularium, karya farmakologi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Pembuatan, penyimpanan, penimbangan, dan penjualan obat berkembang sebagai profesi serta layanan yang makin terspesialisasi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Istilah "apotek pertama di dunia" terlalu sederhana untuk sejarah lintas peradaban. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

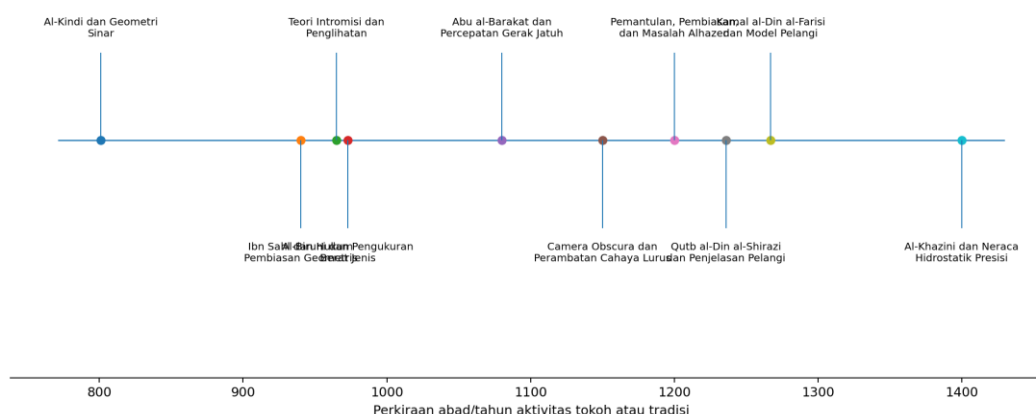
Kedokteran Islam tumbuh melalui interaksi teks, klinik, rumah sakit, farmasi, dan instrumen. Kekuatan tradisi ini terletak pada pengorganisasian pengetahuan sekaligus perhatian terhadap kasus konkret. Penilaian historis yang akurat harus membedakan deskripsi awal, inovasi teknik, dan klaim modern yang kadang terlalu luas.

BAB V

OPTIK DAN FISIKA: CAHAYA, PENGLIHATAN, DENSITAS, DAN GERAK

Bab ini menelusuri perpindahan studi cahaya dari geometri sinar menuju teori fisik penglihatan, sekaligus menghubungkannya dengan pengukuran densitas dan teori gerak. Ibn al-Haytham menjadi pusat penting, tetapi ia tidak berdiri sendiri: al-Kindi, Ibn Sahl, Kamal al-Din al-Farisi, al-Biruni, al-Khazini, dan Abu al-Barakat mengembangkan persoalan yang berbeda. Karena itu pembahasan dibagi menurut problem ilmiahnya, bukan semata-mata daftar tokoh.

Peta Kronologis Penemuan - BAB V
OPTIK DAN FISIKA: CAHAYA, PENGLIHATAN, DENSITAS, DAN GERAK



Gambar 5.1. Peta Kronologis Penemuan - Optik Dan Fisika: Cahaya, Penglihatan, Densitas, Dan Gerak

Tabel 5.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab V

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Al-Kindi dan Geometri Sinar	Ya'qub ibn Ishaq al-Kindi, ca. 801-873 M	De Aspectibus dan karya sinar	Hubungan objek, mata, garis lurus, dan sudut dianalisis secara geometri dalam teori penglihatan abad ke-9.
Ibn Sahl dan Hukum Pembiasan Geometris	Ibn Sahl, ca. 940-1000 M	On Burning Mirrors and Lenses, ca. 984	Hubungan geometris yang ekuivalen dengan rasio sinus digunakan untuk merancang lensa anacastic dan sistem pemfokusan.
Teori Intromisi dan Penglihatan	Ibn al-Haytham, ca. 965-1040 M	Kitab al-Manazir	Cahaya dari objek yang diterangi masuk ke mata; geometri sinar, anatomi, dan persepsi dipadukan untuk menjelaskan melihat.
Camera Obscura dan Perambatan Cahaya Lurus	Ibn al-Haytham, abad ke-11 M	Kitab al-Manazir	Eksperimen ruang gelap menunjukkan bundel cahaya dari sumber berbeda melewati bukaan

			kecil mengikuti geometri garis lurus.
Pemantulan, Pembiasan, dan Masalah Alhazen	Ibn al-Haytham, abad ke-11 M	Kitab al-Manazir	Masalah refleksi pada cermin dan pembiasan dianalisis dengan geometri tingkat tinggi; problem Alhazen menjadi terkenal dalam matematika optik.
Kamal al-Din al-Farisi dan Model Pelangi	Kamal al-Din al-Farisi, 1267-ca.1320 M	Tanqih al-Manazir	Bola air digunakan sebagai model tetes hujan untuk menjelaskan refraksi dan pemantulan internal pada pelangi primer-sekunder.
Qutb al-Din al-Shirazi dan Penjelasan Pelangi	Qutb al-Din al-Shirazi, 1236-1311 M	Karya astronomi dan optik	Shirazi berperan dalam tradisi analisis pelangi yang kemudian dikembangkan secara eksperimental oleh muridnya al-Farisi.
Al-Biruni dan Pengukuran Berat Jenis	Abu Rayhan al-Biruni, 973-ca.1050 M	al-Jamahir fi Ma'rifat al-Jawahir	Penimbangan hidrostatik digunakan untuk membandingkan berat jenis logam dan batu mulia secara kuantitatif.
Al-Khazini dan Neraca Hidrostatik Presisi	Abd al-Rahman al-Khazini, awal abad ke-12 M	Kitab Mizan al-Hikma	Neraca majemuk menyatukan prinsip tuas dan hidrostatika untuk pengukuran berat serta berat jenis.
Abu al-Barakat dan Percepatan Gerak Jatuh	Abu al-Barakat al-Baghdadi, ca. 1080-1165 M	Kitab al-Mu'tabar	Kritik terhadap dinamika Aristoteles mencakup gagasan bahwa kecenderungan gerak pada jatuh bertambah sepanjang gerakan.

A. Optik Geometris

Subbab ini membahas a. optik geometris melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Kindi dan Geometri Sinar

Konteks sejarah. Ya'qub ibn Ishaq al-Kindi, ca. 801-873 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan a. optik geometris. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-Kindi dan geometri sinar memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *De Aspectibus* dan karya sinar. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Hubungan objek, mata, garis lurus, dan sudut dianalisis secara

geometri dalam teori penglihatan abad ke-9. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Model al-Kindi berbeda dari teori intromisi Ibn al-Haytham dan tidak boleh disamakan dengan optik modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ibn Sahl dan Hukum Pembiasan Geometris

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan Ibn Sahl dan hukum pembiasan geometris berpusat pada Ibn Sahl, ca. 940-1000 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *On Burning Mirrors and Lenses*, ca. 984. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Hubungan geometris yang ekuivalen dengan rasio sinus digunakan untuk merancang lensa anacoustic dan sistem pemfokusan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Ibn Sahl menyusun hubungan geometris antara sinar datang, sinar bias, dan sifat medium dalam studi pembakaran oleh lensa serta cermin. Dalam notasi modern hubungan serupa dinyatakan $n_1 \sin i = n_2 \sin r$, tetapi istilah indeks bias modern tidak digunakan dalam teksnya.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Formulasi indeks refraksi modern baru muncul kemudian; konteks Ibn Sahl adalah desain geometri lensa. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan

instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

Bentuk modern hukum pembiasan. Ibn Sahl memakai konstruksi geometri, bukan notasi indeks bias modern.

B. Revolusi Optik Ibn al-Haytham

Subbab ini membahas b. revolusi optik ibn al-haytham melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Teori Intromisi dan Penglihatan

Konteks sejarah. Ibn al-Haytham, ca. 965-1040 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan b. revolusi optik ibn al-haytham. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik teori intromisi dan penglihatan memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Manazir. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Cahaya dari objek yang diterangi masuk ke mata; geometri sinar, anatomi, dan persepsi dipadukan untuk menjelaskan melihat. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Teori intromisi menyatakan bahwa informasi visual bergantung pada cahaya yang datang dari objek menuju mata. Ibn al-Haytham menggabungkan geometri sinar dengan anatomi dan eksperimen cahaya terang untuk menolak model sederhana bahwa mata memancarkan sinar yang menyentuh objek.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Anatomi mata yang digunakan masih merupakan anatomi zamannya. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Camera Obscura dan Perambatan Cahaya Lurus

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan camera obscura dan perambatan cahaya lurus berpusat pada Ibn al-Haytham, abad ke-11 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Manazir. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Eksperimen ruang gelap menunjukkan bundel cahaya dari sumber berbeda melewati bukaan kecil mengikuti geometri garis lurus. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Pada kamar gelap dengan lubang kecil, berkas dari tiap titik objek bergerak lurus dan membentuk citra terbalik pada bidang di seberang lubang. Prinsip ini efektif untuk menunjukkan bahwa berkas dari sumber berbeda tidak bercampur sembarangan ketika melewati aperture kecil.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Perangkat sejenis dikenal dalam tradisi lain; Ibn al-Haytham bukan "penemu kamera" modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Pemantulan, Pembiasan, dan Masalah Alhazen

Latar perkembangan. Dalam sejarah b. revolusi optik ibn al-haytham, Pemantulan, Pembiasan, dan Masalah Alhazen menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Ibn al-Haytham, abad ke-11 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Manazir. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Masalah refleksi pada cermin dan pembiasan dianalisis dengan geometri tingkat tinggi; problem Alhazen menjadi terkenal dalam matematika optik. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak semua hukum optik modern telah dirumuskan dalam bentuk sekarang. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

C. Pelangi dan Cahaya Atmosfer

Subbab ini membahas c. pelangi dan cahaya atmosfer melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Kamal al-Din al-Farisi dan Model Pelangi

Konteks sejarah. Kamal al-Din al-Farisi, 1267-ca.1320 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan c. pelangi dan cahaya atmosfer. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik kamal al-din al-farisi dan model pelangi memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Tanqih al-Manazir. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Bola air digunakan sebagai model tetes hujan untuk menjelaskan refraksi dan pemantulan internal pada pelangi primer-sekunder. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Penjelasan pelangi memerlukan geometri masuk-keluarnya sinar pada tetes air. Kamal al-Din al-Farisi menggunakan model bola transparan berisi air untuk menelusuri pembiasan dan pemantulan internal. Pendekatan ini menghubungkan fenomena atmosfer dengan eksperimen analog di laboratorium.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Teori warna masih berbeda dari optik spektral Newton. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan

menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Qutb al-Din al-Shirazi dan Penjelasan Pelangi

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan qutb al-din al-shirazi dan penjelasan pelangi berpusat pada Qutb al-Din al-Shirazi, 1236-1311 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Karya astronomi dan optik. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Shirazi berperan dalam tradisi analisis pelangi yang kemudian dikembangkan secara eksperimental oleh muridnya al-Farisi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Penjelasan pelangi memerlukan geometri masuk-keluarnya sinar pada tetes air. Kamal al-Din al-Farisi menggunakan model bola transparan berisi air untuk menelusuri pembiasan dan pemantulan internal. Pendekatan ini menghubungkan fenomena atmosfer dengan eksperimen analog di laboratorium.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Atribusi rinci antara guru-murid harus mengikuti manuskrip dan kajian khusus. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

D. Berat, Densitas, dan Gerak

Subbab ini membahas d. berat, densitas, dan gerak melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Biruni dan Pengukuran Berat Jenis

Konteks sejarah. Abu Rayhan al-Biruni, 973-ca.1050 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan d. berat, densitas, dan gerak. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan

terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-biruni dan pengukuran berat jenis memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Jamahir fi Ma'rifat al-Jawahir. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Penimbangan hidrostatis digunakan untuk membandingkan berat jenis logam dan batu mulia secara kuantitatif. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Densitas secara modern ditulis $\rho = m/V$. Para ilmuwan abad pertengahan tidak memakai notasi ini, tetapi prinsip membandingkan berat benda di udara dan dalam cairan memungkinkan penentuan berat jenis relatif. Neraca hidrostatis meningkatkan ketelitian pengukuran bahan, logam, dan cairan.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Nilai historis perlu dibaca dengan sistem satuan dan kondisi eksperimen zamannya. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

$$\rho = m / V$$

Notasi modern densitas digunakan sebagai jembatan konsep; teks historis memakai prosedur penimbangan dan perbandingan berat jenis.

Al-Khazini dan Neraca Hidrostatis Presisi

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-khazini dan neraca hidrostatis presisi berpusat pada Abd al-Rahman al-Khazini, awal abad ke-12 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab Mizan al-Hikma. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Neraca majemuk menyatukan prinsip tuas dan hidrostatis untuk pengukuran berat serta berat jenis. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Densitas secara modern ditulis $\rho = m/V$. Para ilmuwan abad pertengahan tidak memakai notasi ini, tetapi prinsip membandingkan berat benda di udara dan dalam cairan memungkinkan penentuan berat jenis relatif. Neraca hidrostatik meningkatkan ketelitian pengukuran bahan, logam, dan cairan.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ini pengembangan metrologi Archimedean, bukan asal konsep massa jenis modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

$$\rho = m / V$$

Notasi modern densitas digunakan sebagai jembatan konsep; teks historis memakai prosedur penimbangan dan perbandingan berat jenis.

Abu al-Barakat dan Percepatan Gerak Jatuh

Latar perkembangan. Dalam sejarah d. berat, densitas, dan gerak, Abu al-Barakat dan Percepatan Gerak Jatuh menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Abu al-Barakat al-Baghdadi, ca. 1080-1165 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Mu'tabar. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Kritik terhadap dinamika Aristoteles mencakup gagasan bahwa kecenderungan gerak pada jatuh bertambah sepanjang gerakan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Gagasan ini pendahulu diskusi percepatan, bukan hukum kedua Newton. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

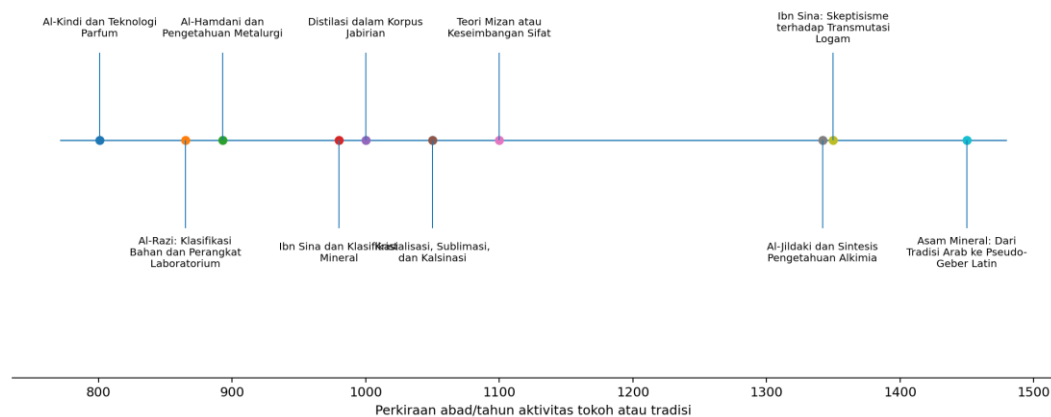
Optik merupakan contoh kuat bagaimana teori dapat berubah karena eksperimen dan geometri. Di sisi lain, studi densitas serta gerak menunjukkan bahwa fisika abad pertengahan terdiri dari banyak program penelitian. Tidak tepat menyatukan semuanya sebagai pendahulu langsung fisika Newtonian, tetapi jelas terdapat langkah konseptual yang penting.

BAB VI

KIMIA, ALKIMIA, MINERALOGI, DAN TEKNOLOGI LABORATORIUM

Sejarah kimia dalam peradaban Islam paling mudah disalahpahami ketika alkimia abad pertengahan langsung disamakan dengan kimia modern. Bab ini memisahkan teknik laboratorium, klasifikasi bahan, teknologi parfum, mineralogi, teori transmutasi, dan transmisi teks kimia. Korpus Jabirian, karya al-Razi, al-Kindi, Ibn Sina, dan al-Jildaki dibaca sebagai tahap perkembangan praktik dan teori materi dengan perhatian khusus pada masalah atribusi naskah.

Peta Kronologis Penemuan - BAB VI
KIMIA, ALKIMIA, MINERALOGI, DAN TEKNOLOGI LABORATORIUM



Gambar 6.1. Peta Kronologis Penemuan - Kimia, Alkimia, Mineralogi, Dan Teknologi Laboratorium

Tabel 6.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab VI

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Distilasi dalam Korpus Jabirian	Korpus Jabirian, terutama abad ke-9-10 M	Karya-karya yang dinisbatkan kepada Jabir ibn Hayyan	Tradisi Jabirian menjelaskan pemanasan, distilasi, sublimasi, kristalisasi, dan penggunaan perangkat laboratorium secara sistematis dalam kerangka alkimia Arab.
Kristalisasi, Sublimasi, dan Kalsinasi	Tradisi kimia Islam abad ke-9-13 M	Korpus alkimia Arab dan kitab teknis	Pengulangan operasi pemurnian membantu membentuk tradisi laboratorium yang menekankan perubahan bahan melalui panas, pelarutan, penguapan, dan pengendapan.
Teori Mizan atau Keseimbangan Sifat	Tradisi Jabirian	Kutub al-Mawazin dan karya terkait	Teori mizan mencoba menghubungkan komposisi bahan dengan proporsi kualitas panas, dingin, kering, dan basah melalui

			kerangka kuantitatif khas zamannya.
Al-Razi: Klasifikasi Bahan dan Perangkat Laboratorium	Abu Bakr Muhammad ibn Zakariya al-Razi, ca. 865-925 M	Kitab al-Asrar dan Sirr al-Asrar	Al-Razi menyusun klasifikasi bahan mineral, hewani, dan nabati serta mendeskripsikan perangkat dan operasi laboratorium untuk pemrosesan bahan.
Al-Kindi dan Teknologi Parfum	Ya'qub ibn Ishaq al-Kindi, ca. 801-873 M	Kitab Kimiya' al-'Itr wa al-Tas'id	Karya tentang parfum memuat formulasi aromatik dan teknik pemrosesan bahan beraroma, menunjukkan hubungan kimia praktis dengan industri wangi-wangian.
Al-Hamdani dan Pengetahuan Metalurgi	al-Hasan al-Hamdani, 893-945 M	Kitab al-Jawharatayn al-'Atiqatayn	Pembahasan emas dan perak menggabungkan geologi, penambangan, pemurnian, serta pengetahuan ekonomi tentang logam mulia di Jazirah Arab.
Ibn Sina dan Klasifikasi Mineral	Ibn Sina, 980-1037 M	Kitab al-Shifa', bagian mineralogi	Ibn Sina mengelompokkan benda mineral dan membahas pembentukan batuan, garam, belerang, dan logam dalam kerangka filsafat alam.
Ibn Sina: Skeptisisme terhadap Transmutasi Logam	Ibn Sina	Risalah dan bagian mineralogi yang dikaitkan dengan filsafat alam	Ibn Sina menolak klaim bahwa teknik alkimia biasa dapat mengubah spesies logam secara sempurna, sebuah kritik penting terhadap optimisme transmutasi.
Al-Jildaki dan Sintesis Pengetahuan Alkimia	'Izz al-Din Aydamir al-Jildaki, wafat ca. 1342 M	Karya-karya komentar alkimia	Al-Jildaki mengompilasi, mengomentari, dan menilai tradisi alkimia sebelumnya, membantu pelestarian terminologi serta praktik laboratorium dalam manuskrip akhir abad pertengahan.
Asam Mineral: Dari Tradisi Arab ke Pseudo-Geber Latin	Tradisi Arab dan Latin abad pertengahan	Korpus Arab dan Summa perfectionis tradisi Latin	Sejarah asam mineral melibatkan tahap-tahap panjang pengembangan teknik distilasi dan pemurnian yang mencapai formulasi lebih jelas dalam teks Latin Pseudo-Geber.

A. Teknik Laboratorium dan Tradisi Jabirian

Subbab ini membahas a. teknik laboratorium dan tradisi jabirian melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Distilasi dalam Korpus Jabirian

Konteks sejarah. Korpus Jabirian, terutama abad ke-9-10 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan a. teknik laboratorium dan tradisi

jabirian. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik distilasi dalam korpus jabirian memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Karya-karya yang dinisbatkan kepada Jabir ibn Hayyan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Tradisi Jabirian menjelaskan pemanasan, distilasi, sublimasi, kristalisasi, dan penggunaan perangkat laboratorium secara sistematis dalam kerangka alkimia Arab. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Distilasi memanfaatkan perbedaan volatilitas: bahan dipanaskan, uap dialirkan menuju bagian pendingin, lalu dikondensasikan. Dalam tradisi laboratorium Islam, alembik, retort, dan penerima distilat disempurnakan untuk parfum, farmasi, serta pengolahan bahan kimia.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Korpus Jabirian bersifat majemuk dan masalah kepengarangan masih diperdebatkan; tidak semua teks aman dinisbatkan langsung kepada satu tokoh historis bernama Jabir. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Kristalisasi, Sublimasi, dan Kalsinasi

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan kristalisasi, sublimasi, dan kalsinasi berpusat pada Tradisi kimia Islam abad ke-9-13 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Korpus alkimia Arab dan kitab teknis. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Pengulangan operasi pemurnian membantu membentuk tradisi laboratorium yang menekankan perubahan bahan melalui panas, pelarutan, penguapan, dan pengendapan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Kristalisasi memisahkan zat terlarut melalui pembentukan kristal, sublimasi memindahkan zat langsung antara fase padat dan uap, sedangkan kalsinasi memanaskan bahan padat untuk mengubah komposisi atau sifatnya. Ketiga teknik ini menjadi bagian dari tata kerja laboratorium yang dapat diulang.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Proses-proses ini lebih tua daripada Islam; kontribusi penting terletak pada sistematisasi, terminologi, dan perluasan praktiknya. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Teori Mizan atau Keseimbangan Sifat

Latar perkembangan. Dalam sejarah a. teknik laboratorium dan tradisi jabirian, Teori Mizan atau Keseimbangan Sifat menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Tradisi Jabirian berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kutub al-Mawazin dan karya terkait. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Teori mizan mencoba menghubungkan komposisi bahan dengan proporsi kualitas panas, dingin, kering, dan basah melalui kerangka kuantitatif khas zamannya. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Teori ini tidak sama dengan stoikiometri modern dan perlu dibaca sebagai kosmologi kimia abad pertengahan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

B. Al-Razi dan Klasifikasi Bahan

Subbab ini membahas b. al-razi dan klasifikasi bahan melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Razi: Klasifikasi Bahan dan Perangkat Laboratorium

Konteks sejarah. Abu Bakr Muhammad ibn Zakariya al-Razi, ca. 865-925 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan b. al-razi dan klasifikasi bahan. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-razi: klasifikasi bahan dan perangkat laboratorium memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Asrar dan Sirr al-Asrar. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Al-Razi menyusun klasifikasi bahan mineral, hewani, dan nabati serta mendeskripsikan perangkat dan operasi laboratorium untuk pemrosesan bahan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Klasifikasinya tidak identik dengan tabel periodik atau klasifikasi kimia modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Kindi dan Teknologi Parfum

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-Kindi dan teknologi parfum berpusat pada Ya'qub ibn Ishaq al-Kindi, ca. 801-873 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk

kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab Kimiya' al-'Itr wa al-Tas'id. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Karya tentang parfum memuat formulasi aromatik dan teknik pemrosesan bahan beraroma, menunjukkan hubungan kimia praktis dengan industri wangi-wangian. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Al-Kindi menyusun resep parfum dan kosmetik yang memperlihatkan pengetahuan praktis tentang ekstraksi aroma, pencampuran, dan bahan pembawa. Teknologi aroma menghubungkan kimia bahan dengan ekonomi perkotaan serta budaya konsumsi, sehingga tidak tepat dianggap cabang kecil dari alkimia semata.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Resep historis harus dipahami sebagai dokumen teknologi; buku ini tidak menyajikannya sebagai petunjuk eksperimen rumah tangga. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Hamdani dan Pengetahuan Metalurgi

Latar perkembangan. Dalam sejarah b. al-razi dan klasifikasi bahan, Al-Hamdani dan Pengetahuan Metalurgi menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. al-Hasan al-Hamdani, 893-945 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Jawharatayn al-'Atiqatayn. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Pembahasan emas dan perak menggabungkan geologi, penambangan, pemurnian, serta pengetahuan ekonomi tentang logam mulia di Jazirah Arab. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut

memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Istilah mineral historis tidak selalu mempunyai padanan satu-ke-satu dengan nomenklatur modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

C. Mineralogi, Transmutasi, dan Kritik

Subbab ini membahas c. mineralogi, transmutasi, dan kritik melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ibn Sina dan Klasifikasi Mineral

Konteks sejarah. Ibn Sina, 980-1037 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan c. mineralogi, transmutasi, dan kritik. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik ibn sina dan klasifikasi mineral memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Shifa', bagian mineralogi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Ibn Sina mengelompokkan benda mineral dan membahas pembentukan batuan, garam, belerang, dan logam dalam kerangka filsafat alam. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Klasifikasinya merupakan tahap sejarah mineralogi, bukan geologi modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ibn Sina: Skeptisisme terhadap Transmutasi Logam

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan ibn sina: skeptisisme terhadap transmutasi logam berpusat pada Ibn Sina. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Risalah dan bagian mineralogi yang dikaitkan dengan filsafat alam. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Ibn Sina menolak klaim bahwa teknik alkimia biasa dapat mengubah spesies logam secara sempurna, sebuah kritik penting terhadap optimisme transmutasi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Perdebatan transmutasi membedakan perubahan tampilan atau campuran logam dari perubahan hakikat spesies mineral. Ibn Sina meragukan bahwa teknik alkimia dapat mengubah satu spesies logam menjadi spesies lain secara sungguh-sungguh, sebuah kritik penting terhadap klaim transmutasi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Perdebatan berlangsung dalam teori materi Aristotelian dan tidak boleh dibaca sebagai penolakan terhadap kimia eksperimental secara keseluruhan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Jildaki dan Sintesis Pengetahuan Alkimia

Latar perkembangan. Dalam sejarah c. mineralogi, transmutasi, dan kritik, Al-Jildaki dan Sintesis Pengetahuan Alkimia menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. 'Izz al-Din Aydamir al-Jildaki, wafat ca. 1342 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Karya-karya komentar alkimia. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Al-Jildaki mengompilasi, mengomentari, dan menilai tradisi alkimia sebelumnya, membantu pelestarian terminologi serta praktik laboratorium dalam manuskrip akhir abad pertengahan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi

naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kontribusinya terutama sintesis dan kritik teks, bukan daftar penemuan unsur modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

D. Asam Mineral dan Transmisi Kimia

Subbab ini membahas d. asam mineral dan transmisi kimia melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Asam Mineral: Dari Tradisi Arab ke Pseudo-Geber Latin

Konteks sejarah. Tradisi Arab dan Latin abad pertengahan bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan d. asam mineral dan transmisi kimia. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik asam mineral: dari tradisi arab ke pseudo-geber latin memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Korpus Arab dan Summa perfectionis tradisi Latin. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Sejarah asam mineral melibatkan tahap-tahap panjang pengembangan teknik distilasi dan pemurnian yang mencapai formulasi lebih jelas dalam teks Latin Pseudo-Geber. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut

memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

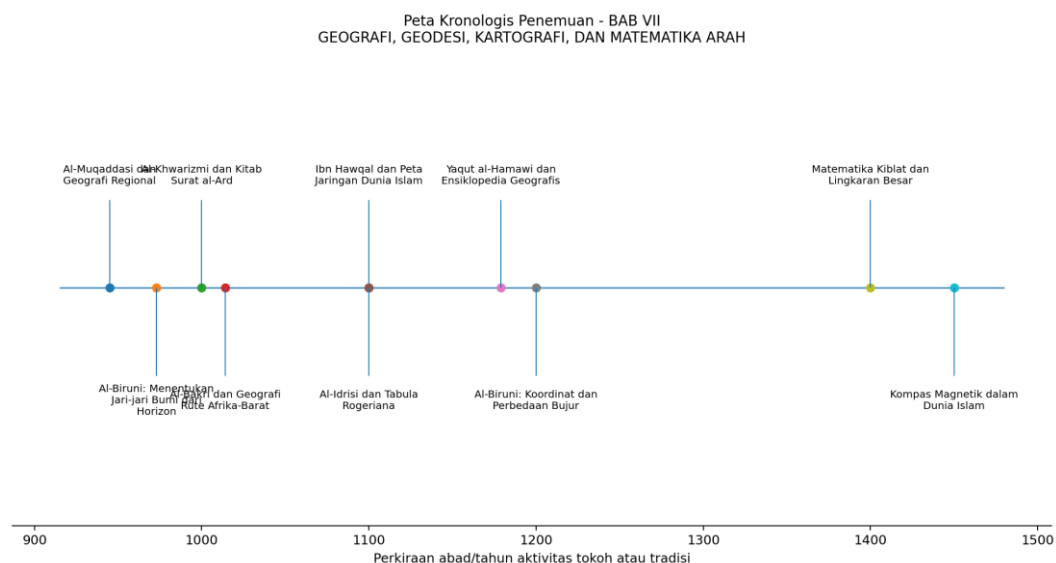
Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Pernyataan populer bahwa Jabir pribadi menemukan sekaligus asam nitrat, klorida, sulfat, dan aqua regia terlalu sederhana dan tidak didukung secara seragam oleh filologi modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Kimia dan alkimia Islam meninggalkan warisan penting dalam teknik laboratorium, klasifikasi bahan, distilasi, parfum, dan mineralogi. Namun sejarahnya harus dibaca melalui kritik manuskrip karena nama Jabir, Geber, dan korpus Latin tidak selalu menunjuk penulis atau masa yang sama.

BAB VII

GEOGRAFI, GEODESI, KARTOGRAFI, DAN MATEMATIKA ARAH

Geografi ilmiah menyatukan koordinat, perjalanan, pemetaan, geodesi, arah kiblat, dan navigasi. Peta dunia al-Idrisi berbeda tujuan dan teknik dari geografi rute Ibn Hawqal atau pengukuran bumi al-Biruni. Bab ini menegaskan perbedaan tersebut sambil menunjukkan bagaimana matematika, observasi lapangan, laporan musafir, dan kebutuhan administratif membentuk tradisi geografi yang berlapis.



Gambar 7.1. Peta Kronologis Penemuan - Geografi, Geodesi, Kartografi, Dan Matematika Arah

Tabel 7.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab VII

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Al-Khwarizmi dan Kitab Surat al-Ard	Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi, abad ke-9 M	Kitab Surat al-Ard	Al-Khwarizmi menyusun daftar koordinat kota, sungai, gunung, laut, dan wilayah dengan koreksi terhadap data geografis Ptolemeus.
Al-Muqaddasi dan Geografi Regional	Shams al-Din al-Muqaddasi, ca. 945-1000 M	Ahsan al-Taqasim fi Ma'rifat al-Aqalim	Al-Muqaddasi mengklasifikasikan wilayah, kota, jaringan perdagangan, bahasa, dan kondisi sosial melalui pengamatan perjalanan yang luas.
Ibn Hawqal dan Peta Jaringan Dunia Islam	Ibn Hawqal, abad ke-10 M	Surat al-Ard	Ibn Hawqal memperbarui tradisi al-Istakhri dengan peta dan uraian rute, kota, perdagangan, serta kawasan dari Afrika Utara sampai Asia.
Al-Biruni: Menentukan Jari-jari Bumi dari Horizon	Abu Rayhan al-Biruni, 973-ca.1050 M	Tahdid Nihayat al-Amakin	Dengan menggabungkan tinggi gunung dan sudut depresi horizon, al-Biruni menyusun metode trigonometri untuk

			memperkirakan jari-jari Bumi tanpa perjalanan meridian panjang.
Al-Biruni: Koordinat dan Perbedaan Bujur	Al-Biruni	Tahdid Nihayat al-Amakin	Al-Biruni membahas penentuan lintang, perbedaan bujur, jarak antarkota, dan hubungan geometri bola untuk keperluan geodesi serta kiblat.
Al-Idrisi dan Tabula Rogeriana	Muhammad al-Idrisi, ca. 1100-1165 M	Nuzhat al-Mushtaq fi Ikhtiraq al-Afaq	Untuk Roger II di Sisilia, al-Idrisi menyusun deskripsi dunia dan seperangkat peta regional berdasarkan sumber tertulis, laporan perjalanan, serta verifikasi informasi.
Al-Bakri dan Geografi Rute Afrika-Barat	Abu 'Ubayd al-Bakri, 1014-1094 M	Kitab al-Masalik wa al-Mamalik	Tanpa mengunjungi semua wilayah yang dideskripsikan, al-Bakri mengompilasi laporan pedagang dan musafir untuk merekam rute Sahara, kerajaan, komoditas, dan kota.
Yaqut al-Hamawi dan Ensiklopedia Geografis	Yaqut al-Hamawi, 1179-1229 M	Mu'jam al-Buldan	Yaqut menggabungkan geografi, toponimi, sejarah lokal, jarak, dan kutipan sumber dalam kamus tempat yang luas.
Matematika Kiblat dan Lingkaran Besar	Astronom-matematikawan Islam abad pertengahan	Zij dan risalah qibla	Penentuan kiblat mendorong penggunaan geometri bola, lintang-bujur, dan hubungan lingkaran besar untuk menghitung arah Makkah dari berbagai lokasi.
Kompas Magnetik dalam Dunia Islam	Pelaut dan penulis Arab abad ke-13 dan sesudahnya	Catatan navigasi dan karya bahari	Pelaut Muslim mengadopsi dan mengembangkan penggunaan jarum magnetik sebagai alat bantu arah, lalu menggabungkannya dengan astronomi dan pengalaman laut.

A. Pemetaan Matematis dan Koordinat

Subbab ini membahas a. pemetaan matematis dan koordinat melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Khwarizmi dan Kitab Surat al-Ard

Konteks sejarah. Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi, abad ke-9 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan a. pemetaan matematis dan koordinat. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-khwarizmi dan kitab surat al-ard memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab Surat al-Ard. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Al-Khwarizmi menyusun daftar koordinat kota, sungai, gunung, laut, dan wilayah dengan koreksi terhadap data geografis Ptolemeus. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Kitab Surat al-Ard menyusun ulang data geografis dalam bentuk koordinat kota, laut, sungai, dan bentang wilayah. Tradisi ini memperlihatkan bagaimana geografi dapat menjadi basis data numerik, bukan hanya narasi perjalanan.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Karya ini adalah geografi matematis berbasis tradisi sebelumnya, bukan peta satelit modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Muqaddasi dan Geografi Regional

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-muqaddasi dan geografi regional berpusat pada Shams al-Din al-Muqaddasi, ca. 945-1000 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Ahsan al-Ta'asim fi Ma'rifat al-Aqalim. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Al-Muqaddasi mengklasifikasikan wilayah, kota, jaringan perdagangan, bahasa, dan kondisi sosial melalui pengamatan perjalanan yang luas. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Deskripsinya tetap membawa perspektif penulis abad ke-10 dan harus dibaca kritis. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri,

posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ibn Hawqal dan Peta Jaringan Dunia Islam

Latar perkembangan. Dalam sejarah a. pemetaan matematis dan koordinat, Ibn Hawqal dan Peta Jaringan Dunia Islam menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Ibn Hawqal, abad ke-10 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Surat al-Ard. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Ibn Hawqal memperbarui tradisi al-Istakhri dengan peta dan uraian rute, kota, perdagangan, serta kawasan dari Afrika Utara sampai Asia. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Peta skematis tidak dimaksudkan memenuhi proyeksi kartografis modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

B. Geodesi dan Pengukuran Bumi

Subbab ini membahas b. geodesi dan pengukuran bumi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Biruni: Menentukan Jari-jari Bumi dari Horizon

Konteks sejarah. Abu Rayhan al-Biruni, 973-ca.1050 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan b. geodesi dan pengukuran bumi. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan

terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-biruni: menentukan jari-jari bumi dari horizon memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Tahdid Nihayat al-Amakin. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Dengan menggabungkan tinggi gunung dan sudut depresi horizon, al-Biruni menyusun metode trigonometri untuk memperkirakan jari-jari Bumi tanpa perjalanan meridian panjang. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Metode geodesi al-Biruni menghubungkan tinggi gunung h dan sudut depresi horizon θ . Dalam bentuk geometri modern salah satu relasinya dapat dinyatakan $R = h \cos \theta / (1 - \cos \theta)$. Ketelitian hasil sangat ditentukan oleh pengukuran tinggi, sudut kecil, refraksi atmosfer, dan definisi satuan panjang.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Keakuratan angka historis bergantung pada naskah, satuan, serta asumsi geometri; metode lebih penting daripada klaim angka spektakuler. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

$$R = h \cos \theta / (1 - \cos \theta)$$

Notasi modern untuk menunjukkan hubungan antara tinggi gunung h , sudut depresi horizon θ , dan jari-jari bumi R .

Al-Biruni: Koordinat dan Perbedaan Bujur

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-biruni: koordinat dan perbedaan bujur berpusat pada Al-Biruni. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Tahdid Nihayat al-Amakin. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Al-Biruni membahas penentuan lintang, perbedaan bujur, jarak antarkota, dan hubungan geometri bola untuk keperluan geodesi serta kiblat. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Bujur sebelum kronometer modern menuntut kombinasi observasi dan data perjalanan dengan ketidakpastian yang lebih besar. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

C. Kartografi Dunia dan Deskripsi Wilayah

Subbab ini membahas c. kartografi dunia dan deskripsi wilayah melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Idrisi dan Tabula Rogeriana

Konteks sejarah. Muhammad al-Idrisi, ca. 1100-1165 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan c. kartografi dunia dan deskripsi wilayah. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-Idrisi dan tabula rogeriana memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Nuzhat al-Mushtaq fi Ikhtiraq al-Afaq*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Untuk Roger II di Sisilia, al-Idrisi menyusun deskripsi dunia dan seperangkat peta regional berdasarkan sumber tertulis, laporan perjalanan, serta verifikasi informasi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Proyek al-Idrisi menggabungkan laporan pelaut dan musafir dengan tradisi peta serta deskripsi regional. Peta sering digambar dengan selatan di bagian atas. Nilai utamanya terletak pada sintesis informasi Eurasia-Afrika dan pembagian wilayah yang sistematis untuk istana Roger II.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Peta besar berorientasi selatan-ke-atas; sebutan 'paling akurat' harus dibatasi pada konteks kartografi abad pertengahan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Bakri dan Geografi Rute Afrika-Barat

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-bakri dan geografi rute afrika-barat berpusat pada Abu 'Ubayd al-Bakri, 1014-1094 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Masalik wa al-Mamalik. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Tanpa mengunjungi semua wilayah yang dideskripsikan, al-Bakri mengompilasi laporan pedagang dan musafir untuk merekam rute Sahara, kerajaan, komoditas, dan kota. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kekuatan karya ini adalah kritik kompilasi; data etnografis tetap perlu dibandingkan dengan arkeologi dan sumber lokal. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Yaqut al-Hamawi dan Ensiklopedia Geografis

Latar perkembangan. Dalam sejarah c. kartografi dunia dan deskripsi wilayah, Yaqut al-Hamawi dan Ensiklopedia Geografis menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Yaqut al-Hamawi, 1179-1229 M berada dalam

tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Mu'jam al-Buldan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Yaqut menggabungkan geografi, toponimi, sejarah lokal, jarak, dan kutipan sumber dalam kamus tempat yang luas. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Karya ini ensiklopedis dan tekstual; bukan survei lapangan seragam untuk semua entri. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

D. Geografi untuk Arah dan Navigasi

Subbab ini membahas d. geografi untuk arah dan navigasi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Matematika Kiblat dan Lingkaran Besar

Konteks sejarah. Astronom-matematikawan Islam abad pertengahan bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan d. geografi untuk arah dan navigasi. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik matematika kiblat dan lingkaran besar memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Zīj dan risalah qibla. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Penentuan kiblat mendorong penggunaan geometri bola, lintang-bujur, dan

hubungan lingkaran besar untuk menghitung arah Makkah dari berbagai lokasi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Penentuan kiblat pada bumi bulat adalah persoalan arah lingkaran besar. Jika lintang lokasi dan Makkah serta selisih bujur diketahui, arah awal dapat dihitung secara trigonometri. Praktik historis menggunakan berbagai pendekatan, dari astronomi matematis sampai arah lokal yang diwariskan.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Metode yang tersedia beragam: dari arah rakyat sederhana hingga solusi matematis presisi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

$$\tan Q = \sin \Delta\lambda / (\cos \varphi_1 \tan \varphi_2 - \sin \varphi_1 \cos \Delta\lambda)$$

Salah satu bentuk modern rumus arah awal lingkaran besar menuju Makkah; φ menyatakan lintang dan $\Delta\lambda$ selisih bujur.

Kompas Magnetik dalam Dunia Islam

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan kompas magnetik dalam dunia islam berpusat pada Pelaut dan penulis Arab abad ke-13 dan sesudahnya. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Catatan navigasi dan karya bahari. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Pelaut Muslim mengadopsi dan mengembangkan penggunaan jarum magnetik sebagai alat bantu arah, lalu menggabungkannya dengan astronomi dan pengalaman laut. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Kompas magnetik memisahkan penentuan arah dari kebutuhan melihat bintang secara langsung. Catatan dunia Islam memperlihatkan penggunaan jarum magnetis dalam pelayaran dan penentuan arah, tetapi asal-usul teknologi kompas bersifat lintas kawasan dan tidak dapat diklaim sebagai penemuan eksklusif satu masyarakat.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kompas berasal dari sejarah teknologi lintas budaya dengan akar awal di Tiongkok; tidak tepat mengklaimnya

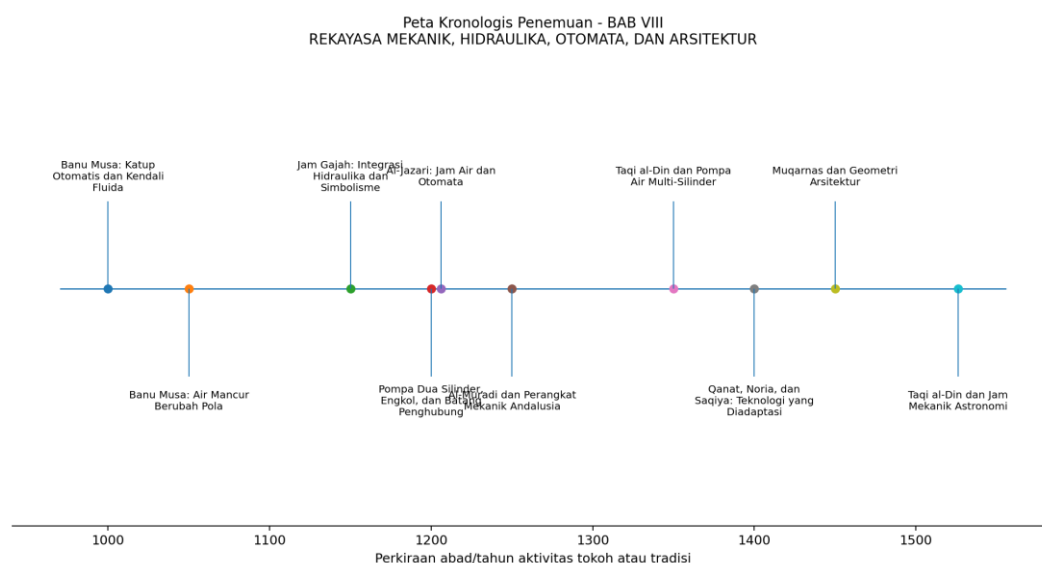
sebagai penemuan Muslim. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Geografi Islam bukan hanya pembuatan peta. Ia mencakup pengukuran bumi, koordinat, rute, deskripsi wilayah, dan matematika arah. Keragaman ini menjelaskan mengapa warisan geografis Islam tetap berguna bagi astronomi, administrasi, perdagangan, dan navigasi dalam rentang waktu yang panjang.

BAB VIII

REKAYASA MEKANIK, HIDRAULIKA, OTOMATA, DAN ARSITEKTUR

Rekayasa mekanik di dunia Islam tampak jelas dalam kitab perangkat otomatis, mesin air, jam, pompa, dan teknologi pengelolaan air. Banu Musa, al-Jazari, al-Muradi, dan Taqi al-Din bekerja dalam tradisi dan masa yang berbeda. Selain mesin, bab ini membahas qanat, noria, saqiya, dan muqarnas untuk menunjukkan bahwa inovasi teknik tidak selalu berarti penciptaan dari nol: adaptasi, standarisasi, pemeliharaan, dan integrasi kelembagaan juga merupakan bentuk kemajuan teknologi.



Gambar 8.1. Peta Kronologis Penemuan - Rekayasa Mekanik, Hidraulika, Otomata, Dan Arsitektur

Tabel 8.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab VIII

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Banu Musa: Katup Otomatis dan Kendali Fluida	Muhammad, Ahmad, dan al-Hasan ibn Musa, abad ke-9 M	Kitab al-Hiyal	Perangkat Banu Musa memanfaatkan sifon, pelampung, katup, tekanan udara, dan geometri bejana untuk menghasilkan perilaku mekanik otomatis.
Banu Musa: Air Mancur Berubah Pola	Banu Musa	Kitab al-Hiyal	Rangkaian hidraulik memungkinkan pancuran mengubah bentuk atau pola aliran secara periodik melalui pengaturan tekanan dan distribusi air.
Al-Jazari: Jam Air dan Otomata	Badi' al-Zaman Isma'il al-Jazari, wafat sesudah 1206 M	al-Jami' bayn al-'Ilm wa al-'Amal al-Nafi' fi Sina'at al-Hiyal	Al-Jazari memberikan gambar, urutan perakitan, dan prinsip kerja jam air serta otomata yang

			menggabungkan pelampung, roda, aliran, dan figur bergerak.
Jam Gajah: Integrasi Hidraulika dan Simbolisme	Al-Jazari	Kitab al-Hiyal	Jam Gajah memakai pengatur aliran air dan rangkaian mekanik untuk mengukur interval waktu sambil menampilkan figur dari tradisi budaya berbeda.
Pompa Dua Silinder, Engkol, dan Batang Penghubung	Al-Jazari	Kitab al-Hiyal	Salah satu mesin pengangkat air menggunakan gerak berputar dan komponen penghubung untuk menggerakkan dua piston secara bergantian, penting dalam sejarah konversi gerak.
Al-Muradi dan Perangkat Mekanik Andalusia	Ahmad ibn Khalaf al-Muradi, abad ke-11 M	Kitab al-Asrar fi Nata'ij al-Afkar	Naskah mekanika Andalusia memuat jam, mekanisme roda gigi, dan perangkat hidraulik yang memperlihatkan keberagaman rekayasa di barat Islam.
Taqi al-Din dan Jam Mekanik Astronomi	Taqi al-Din ibn Ma'ruf, 1526-1585 M	al-Kawakib al-Durriyya fi Wadh' al-Bankamat al-Dawriyya	Taqi al-Din membahas jam mekanik dan penggunaannya untuk observasi waktu yang lebih terinci dalam astronomi Istanbul abad ke-16.
Taqi al-Din dan Pompa Air Multi-Silinder	Taqi al-Din	al-Turuq al-Saniyya fi al-Alat al-Ruhaniyya	Karya tekniknya memuat pompa pengangkat air dengan silinder dan mekanisme penggerak, menandai kesinambungan rekayasa hidraulik sampai era Ottoman.
Qanat, Noria, dan Saqiya: Teknologi yang Diadaptasi	Insinyur dan komunitas agraris lintas dunia Islam	Sumber arkeologi, hukum air, dan agronomi	Dunia Islam memperluas penggunaan qanat, roda air noria, serta saqiya untuk mengelola air perkotaan dan pertanian di wilayah kering.
Muqarnas dan Geometri Arsitektur	Arsitek dunia Islam, abad ke-10 dan sesudahnya	Bangunan dan manuskrip geometri praktis	Muqarnas mengubah permukaan tiga dimensi menjadi susunan sel geometris berlapis yang menghubungkan struktur, ornamentasi, dan konstruksi presisi.

A. Banu Musa dan Rekayasa Otomatis

Subbab ini membahas a. banu musa dan rekayasa otomatis melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Banu Musa: Katup Otomatis dan Kendali Fluida

Konteks sejarah. Muhammad, Ahmad, dan al-Hasan ibn Musa, abad ke-9 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan a. banu musa dan rekayasa otomatis. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan

pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik banu musa: katup otomatis dan kendali fluida memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Hiyal. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Perangkat Banu Musa memanfaatkan sifon, pelampung, katup, tekanan udara, dan geometri bejana untuk menghasilkan perilaku mekanik otomatis. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Katup dan sifon dapat mengatur aliran tanpa intervensi terus-menerus. Dalam Kitab al-Hiyal, Banu Musa memanfaatkan perubahan tekanan, pelampung, dan mekanisme tersembunyi untuk menghasilkan perangkat yang bereaksi terhadap tingkat cairan atau urutan tertentu.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Banyak mekanisme dibangun di atas tradisi Helenistik tetapi menunjukkan kombinasi baru dan pengembangan teknik kendali. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Banu Musa: Air Mancur Berubah Pola

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan banu musa: air mancur berubah pola berpusat pada Banu Musa. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Hiyal. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Rangkaian hidraulik memungkinkan pancuran mengubah bentuk atau pola aliran secara periodik melalui pengaturan tekanan dan distribusi air. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Air mancur berubah pola menunjukkan rekayasa kendali fluida: saluran dan katup mengalihkan arus sehingga bentuk pancaran berganti secara berkala. Mekanisme seperti ini penting dalam sejarah otomatisasi karena efek visual

muncul dari konfigurasi hidraulik, bukan dari operator yang terus-menerus menggerakkan alat.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Istilah 'pemrograman' hanya analogi modern; perangkat bekerja secara mekanis-hidraulik tanpa perangkat lunak. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

B. Al-Jazari dan Mesin Air

Subbab ini membahas b. al-jazari dan mesin air melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Jazari: Jam Air dan Otomata

Konteks sejarah. Badi' al-Zaman Isma'il al-Jazari, wafat sesudah 1206 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan b. al-jazari dan mesin air. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-jazari: jam air dan otomata memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Jami' bayn al-'Ilm wa al-'Amal al-Nafi' fi Sina'at al-Hiyal. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Al-Jazari memberikan gambar, urutan perakitan, dan prinsip kerja jam air serta otomata yang menggabungkan pelampung, roda, aliran, dan figur bergerak. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Karya ini bukan bukti 'robot modern' tetapi tonggak penting desain mesin otomatis praindustri. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang

dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Jam Gajah: Integrasi Hidraulika dan Symbolisme

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan jam gajah: integrasi hidraulika dan simbolisme berpusat pada Al-Jazari. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Hiyal. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Jam Gajah memakai pengatur aliran air dan rangkaian mekanik untuk mengukur interval waktu sambil menampilkan figur dari tradisi budaya berbeda. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Jam Gajah menggunakan aliran air untuk mengatur interval waktu lalu menerjemahkannya menjadi gerak otomatis. Pelampung, tali, bola, naga, penunjuk, dan pemukul bekerja sebagai rangkaian sebab-akibat. Nilai tekniknya terletak pada integrasi subsistem hidraulik dan mekanik dalam satu perangkat.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Nilai ilmiahnya terletak pada mekanisme pengatur waktu; simbol visualnya juga memiliki fungsi representasi budaya istana. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Pompa Dua Silinder, Engkol, dan Batang Penghubung

Latar perkembangan. Dalam sejarah b. al-jazari dan mesin air, Pompa Dua Silinder, Engkol, dan Batang Penghubung menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Al-Jazari berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Hiyal. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Salah satu mesin pengangkat air menggunakan gerak berputar dan komponen penghubung

untuk menggerakkan dua piston secara bergantian, penting dalam sejarah konversi gerak. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Pompa silinder mengubah putaran roda menjadi gerak bolak-balik piston. Batang penghubung dan engkol mengoordinasikan fase kerja sehingga satu sisi dapat mengisap ketika sisi lain mendorong air. Prinsip konversi gerak ini penting dalam sejarah mesin, meskipun jalur langsung menuju mesin industri modern tidak selalu terdokumentasi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Hubungan langsung ke mesin uap modern tidak boleh dinyatakan tanpa rantai transmisi bukti. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

C. Mekanika Andalusia dan Ottoman

Subbab ini membahas c. mekanika andalusia dan ottoman melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Muradi dan Perangkat Mekanik Andalusia

Konteks sejarah. Ahmad ibn Khalaf al-Muradi, abad ke-11 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan c. mekanika andalusia dan ottoman. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-muradi dan perangkat mekanik andalusia memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Asrar fi Nata'ij al-Afkar. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Naskah mekanika Andalusia memuat jam, mekanisme roda gigi, dan perangkat hidrolik yang memperlihatkan keberagaman rekayasa di barat Islam. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut

memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Sebagian rekonstruksi modern bergantung pada pembacaan manuskrip yang tidak selalu lengkap. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Taqi al-Din dan Jam Mekanik Astronomi

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan taqi al-din dan jam mekanik astronomi berpusat pada Taqi al-Din ibn Ma'ruf, 1526-1585 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Kawakib al-Durriyya fi Wadh' al-Bankamat al-Dawriyya. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Taqi al-Din membahas jam mekanik dan penggunaannya untuk observasi waktu yang lebih terinci dalam astronomi Istanbul abad ke-16. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Perkembangan jam mekanik juga berlangsung kuat di Eropa; inovasi ini bagian dari sejarah paralel dan pertukaran lintas kawasan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Taqi al-Din dan Pompa Air Multi-Silinder

Latar perkembangan. Dalam sejarah c. mekanika andalusia dan ottoman, Taqi al-Din dan Pompa Air Multi-Silinder menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Taqi al-Din berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Turuq al-Saniyya fi al-Alat al-Ruhaniyya. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Karya tekniknya memuat pompa pengangkat air dengan silinder dan mekanisme penggerak, menandai kesinambungan rekayasa hidraulik sampai era Ottoman. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Pompa silinder mengubah putaran roda menjadi gerak bolak-balik piston. Batang penghubung dan engkol mengoordinasikan fase kerja sehingga satu sisi dapat mengisap ketika sisi lain mendorong air. Prinsip konversi gerak ini penting dalam sejarah mesin, meskipun jalur langsung menuju mesin industri modern tidak selalu terdokumentasi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Jangan menyamakan deskripsi uap atau vakum tertentu dengan penemuan turbin uap modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

D. Infrastruktur Air dan Arsitektur

Subbab ini membahas d. infrastruktur air dan arsitektur melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Qanat, Noria, dan Saqiya: Teknologi yang Diadaptasi

Konteks sejarah. Insinyur dan komunitas agraris lintas dunia Islam bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan d. infrastruktur air dan arsitektur. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik qanat, noria, dan

saqiya: teknologi yang diadaptasi memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Sumber arkeologi, hukum air, dan agronomi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Dunia Islam memperluas penggunaan qanat, roda air noria, serta saqiya untuk mengelola air perkotaan dan pertanian di wilayah kering. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Teknologi ini memiliki akar pra-Islam; kontribusi Muslim terutama adaptasi, penyebaran, pemeliharaan, dan integrasi kelembagaan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Muqarnas dan Geometri Arsitektur

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan muqarnas dan geometri arsitektur berpusat pada Arsitek dunia Islam, abad ke-10 dan sesudahnya. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Bangunan dan manuskrip geometri praktis. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Muqarnas mengubah permukaan tiga dimensi menjadi susunan sel geometris berlapis yang menghubungkan struktur, ornamentasi, dan konstruksi presisi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Muqarnas tersusun dari unit tiga dimensi yang dapat dipetakan melalui geometri bidang dan ruang. Modul-modulnya memungkinkan transisi antara bentuk persegi, poligonal, dan kubah sekaligus menciptakan ritme visual.

Karena berkembang lintas kawasan, ia lebih tepat dipahami sebagai tradisi desain kolektif.

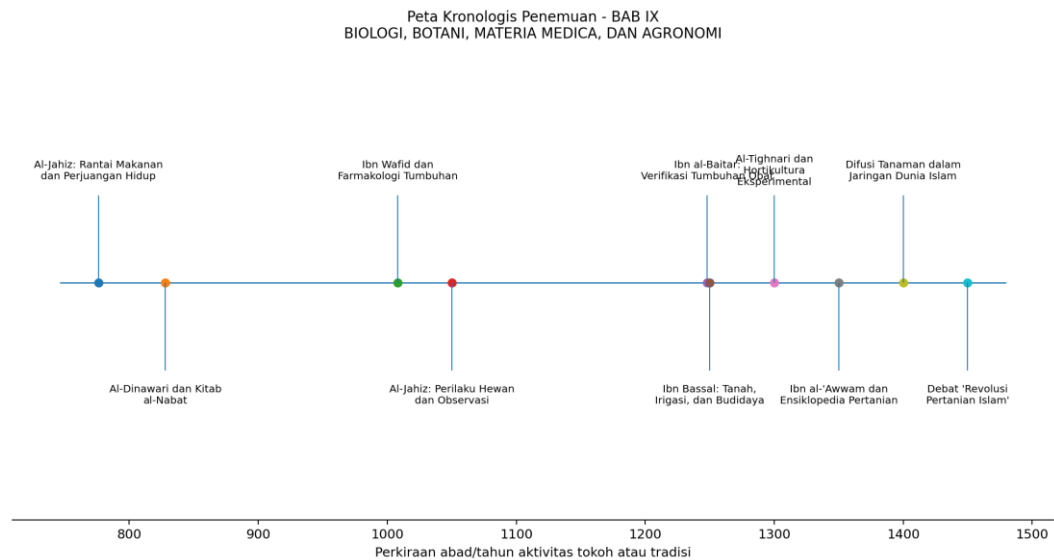
Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Muqarnas bukan satu penemuan seorang tokoh dan variasinya berbeda antarkawasan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Rekayasa dalam dunia Islam berkembang melalui kombinasi teori geometri, keterampilan bengkel, hidraulika, dan kebutuhan sosial. Otomata yang menghibur, pompa yang bekerja, serta infrastruktur air sama-sama menunjukkan kemampuan merancang sistem yang dapat diulang dan dipelihara.

BAB IX

BIOLOGI, BOTANI, MATERIA MEDICA, DAN AGRONOMI

Kajian makhluk hidup berkembang melalui zoologi sastra, botani, materia medica, dan agronomi. Al-Jahiz mengamati relasi antarhewan, al-Dinawari memadukan filologi dengan botani, Ibn al-Baitar memverifikasi bahan obat, sedangkan agronom Andalusia menulis tentang tanah, air, okulasi, dan budidaya. Bab ini menghindari anahronisme, terutama klaim bahwa teori evolusi modern telah dirumuskan secara lengkap pada abad ke-9.



Gambar 9.1. Peta Kronologis Penemuan - Biologi, Botani, Materia Medica, Dan Agronomi

Tabel 9.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab IX

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Al-Jahiz: Rantai Makanan dan Perjuangan Hidup	Abu 'Uthman al-Jahiz, ca. 776-868 M	Kitab al-Hayawan	Al-Jahiz mengamati hubungan makan-dimakan, persaingan, adaptasi kebiasaan, dan pengaruh lingkungan dalam uraian zoologinya yang luas.
Al-Jahiz: Perilaku Hewan dan Observasi	Al-Jahiz	Kitab al-Hayawan	Anekdote, laporan, puisi, dan observasi hewan digunakan untuk membahas perilaku, reproduksi, habitat, dan interaksi antarmakhluk.
Al-Dinawari dan Kitab al-Nabat	Abu Hanifa al-Dinawari, ca. 828-896 M	Kitab al-Nabat	Al-Dinawari mendeskripsikan ratusan tanaman, pertumbuhan, bagian tumbuhan, habitat, dan terminologi Arab, menjembatani filologi dengan botani lapangan.
Ibn Wafid dan Farmakologi Tumbuhan	Abu al-Mutarrif Ibn Wafid, ca. 1008-1074 M	Kitab al-Adwiya al-Mufrada	Ibn Wafid menyusun pengetahuan obat sederhana dan sifat bahan, menjadi bagian dari tradisi Andalusia yang

			menghubungkan botani dengan terapi.
Ibn al-Baitar: Verifikasi Tumbuhan Obat	Diya' al-Din Ibn al-Baitar, wafat 1248 M	al-Jami' li-Mufradat al-Adwiya wa al-Aghdhiya	Ibn al-Baitar mengompilasi sekitar seribu lebih bahan obat dan makanan, membandingkan sumber terdahulu dengan pengamatan serta perjalanan botani.
Ibn Bassal: Tanah, Irigasi, dan Budidaya	Ibn Bassal, abad ke-11 M	Diwan al-Filaha	Ibn Bassal menyusun praktik budidaya, klasifikasi tanah, pengairan, penanaman, dan perawatan tanaman berdasarkan pengalaman kebun Andalusia.
Al-Tighnari dan Hortikultura Eksperimental	al-Tighnari, akhir abad ke-11-awal abad ke-12 M	Zuhra al-Bustan wa Nuzhat al-Adhhan	Al-Tighnari menggabungkan warisan agronomi terdahulu dengan pengamatan tentang tanah, air, pemupukan, okulasi, dan budidaya kebun.
Ibn al-'Awwam dan Ensiklopedia Pertanian	Ibn al-'Awwam, abad ke-12 M	Kitab al-Filaha	Karya ini merangkum pengetahuan tentang tanah, air, tanaman, pohon buah, peternakan, dan teknik pertanian dari sumber lama serta pengalaman Andalusia.
Difusi Tanaman dalam Jaringan Dunia Islam	Petani, pedagang, dan penguasa abad ke-8-15 M	Data arkeobotani, teks agronomi, dan perdagangan	Jaringan luas membantu perpindahan tebu, kapas, jeruk, padi, terong, pisang, dan berbagai tanaman lain serta pengetahuan irigasi antarwilayah.
Debat 'Revolusi Pertanian Islam'	Historiografi modern	Andrew Watson; Michael Decker dan kajian lanjutan	Watson mengusulkan transformasi pertanian besar akibat difusi tanaman dan teknik, sedangkan peneliti lain menekankan kesinambungan Mediterania dan bukti yang lebih beragam.

A. Zoologi dan Ekologi Awal

Subbab ini membahas a. zoologi dan ekologi awal melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Jahiz: Rantai Makanan dan Perjuangan Hidup

Konteks sejarah. Abu 'Uthman al-Jahiz, ca. 776-868 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan a. zoologi dan ekologi awal. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-jahiz: rantai makanan dan

perjuangan hidup memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Hayawan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Al-Jahiz mengamati hubungan makan-dimakan, persaingan, adaptasi kebiasaan, dan pengaruh lingkungan dalam uraian zoologinya yang luas. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Kitab al-Hayawan menggabungkan pengamatan, laporan, sastra, dan argumentasi. Al-Jahiz membahas hubungan pemangsa-mangsa, kompetisi, habitat, dan perubahan kebiasaan karena lingkungan. Tema tersebut relevan bagi sejarah ekologi, tetapi mekanismenya tidak sama dengan seleksi alam Darwinian yang dirumuskan dalam kerangka populasi dan pewarisan modern.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Menyebutnya pencetus teori evolusi Darwin terlalu anahronistik; konsep, mekanisme, dan konteks intelektualnya berbeda. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Jahiz: Perilaku Hewan dan Observasi

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-jahiz: perilaku hewan dan observasi berpusat pada Al-Jahiz. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Hayawan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Anekdot, laporan, puisi, dan observasi hewan digunakan untuk membahas perilaku, reproduksi, habitat, dan interaksi antarmakhluk. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Kitab al-Hayawan menggabungkan pengamatan, laporan, sastra, dan argumentasi. Al-Jahiz membahas hubungan pemangsa-mangsa, kompetisi, habitat, dan perubahan kebiasaan karena lingkungan. Tema tersebut relevan bagi sejarah ekologi, tetapi mekanismenya tidak sama dengan seleksi alam Darwinian yang dirumuskan dalam kerangka populasi dan pewarisan modern.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Karya ini campuran sastra dan pengetahuan alam sehingga tidak semua laporan merupakan eksperimen terkontrol. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

B. Botani dan Materia Medica

Subbab ini membahas b. botani dan materia medica melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Dinawari dan Kitab al-Nabat

Konteks sejarah. Abu Hanifa al-Dinawari, ca. 828-896 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan b. botani dan materia medica. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik al-dinawari dan kitab al-nabat memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Nabat. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Al-Dinawari mendeskripsikan ratusan tanaman, pertumbuhan, bagian tumbuhan, habitat, dan terminologi Arab, menjembatani filologi dengan botani lapangan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Al-Dinawari menata nama tumbuhan Arab, habitat, bagian tanaman, pertumbuhan, dan kegunaannya. Kekuatan karya ini terletak pada pertemuan filologi dan observasi alam: istilah bahasa diperiksa dengan kenyataan tanaman yang dikenal masyarakat dan pengembara.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kategori tumbuhan historis tidak selalu sama dengan taksonomi Linnaean. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ibn Wafid dan Farmakologi Tumbuhan

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan ibn wafid dan farmakologi tumbuhan berpusat pada Abu al-Mutarraf Ibn Wafid, ca. 1008-1074 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Adwiya al-Mufrada. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Ibn Wafid menyusun pengetahuan obat sederhana dan sifat bahan, menjadi bagian dari tradisi Andalusia yang menghubungkan botani dengan terapi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Khasiat historis tidak otomatis setara bukti klinis modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ibn al-Baitar: Verifikasi Tumbuhan Obat

Latar perkembangan. Dalam sejarah b. botani dan materia medica, Ibn al-Baitar: Verifikasi Tumbuhan Obat menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Diya' al-Din Ibn al-Baitar, wafat 1248 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Jami' li-Mufradat al-Adwiya wa al-Aghdhiya. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Ibn al-Baitar mengompilasi sekitar seribu lebih bahan obat dan makanan, membandingkan sumber terdahulu dengan pengamatan serta perjalanan botani. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti

material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Ibn al-Baitar mengumpulkan bahan obat melalui perjalanan dan pembacaan sumber. Ia membandingkan nama, sifat, dan penggunaan bahan serta mencatat koreksi atas penulis terdahulu. Karena sinonim dapat dihitung berbeda antar-edisi, jumlah total bahan sebaiknya dipandang sebagai perkiraan, bukan angka mutlak.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Angka jumlah bahan berbeda menurut edisi dan cara menghitung sinonim; buku ini menekankan metodenya, bukan angka sensasional. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

C. Agronomi Andalusia

Subbab ini membahas c. agronomi andalusia melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ibn Bassal: Tanah, Irigasi, dan Budidaya

Konteks sejarah. Ibn Bassal, abad ke-11 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan c. agronomi andalusia. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik ibn bassal: tanah, irigasi, dan budidaya memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Diwan al-Filaha. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Ibn Bassal menyusun praktik budidaya, klasifikasi tanah, pengairan, penanaman, dan perawatan tanaman berdasarkan pengalaman kebun Andalusia. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Agronomi Andalusia memperhatikan hubungan antara jenis tanah, air, musim, pemupukan, okulasi, dan pemilihan tanaman. Pengetahuan ini bersifat ekologis dan lokal: teknik yang berhasil di kebun tertentu tidak otomatis berlaku di seluruh wilayah. Nilai teks agronomi justru terletak pada dokumentasi pengalaman budidaya yang rinci.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Teknik agronomi bersifat kontekstual terhadap tanah dan iklim setempat, tidak universal. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Al-Tighnari dan Hortikultura Eksperimental

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan al-tighnari dan hortikultura eksperimental berpusat pada al-Tighnari, akhir abad ke-11-awal abad ke-12 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Zuhurat al-Bustan wa Nuzhat al-Adhhan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Al-Tighnari menggabungkan warisan agronomi terdahulu dengan pengamatan tentang tanah, air, pemupukan, okulasi, dan budidaya kebun. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Agronomi Andalusia memperhatikan hubungan antara jenis tanah, air, musim, pemupukan, okulasi, dan pemilihan tanaman. Pengetahuan ini bersifat ekologis dan lokal: teknik yang berhasil di kebun tertentu tidak otomatis berlaku di seluruh wilayah. Nilai teks agronomi justru terletak pada dokumentasi pengalaman budidaya yang rinci.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Istilah 'eksperimental' digunakan dalam arti pengamatan praktik, bukan desain uji modern beracak. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Ibn al-'Awwam dan Ensiklopedia Pertanian

Latar perkembangan. Dalam sejarah c. agronomi andalusia, Ibn al-'Awwam dan Ensiklopedia Pertanian menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Ibn al-'Awwam, abad ke-12 M berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan

ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Filaha. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Karya ini merangkum pengetahuan tentang tanah, air, tanaman, pohon buah, peternakan, dan teknik pertanian dari sumber lama serta pengalaman Andalusia. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Agronomi Andalusia memperhatikan hubungan antara jenis tanah, air, musim, pemupukan, okulasi, dan pemilihan tanaman. Pengetahuan ini bersifat ekologis dan lokal: teknik yang berhasil di kebun tertentu tidak otomatis berlaku di seluruh wilayah. Nilai teks agronomi justru terletak pada dokumentasi pengalaman budidaya yang rinci.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Sebagian besar merupakan kompilasi kritis; inovasi pribadi perlu dibedakan dari sumber yang dikutip. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

D. Pertukaran Tanaman dan Sistem Pertanian

Subbab ini membahas d. pertukaran tanaman dan sistem pertanian melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Difusi Tanaman dalam Jaringan Dunia Islam

Konteks sejarah. Petani, pedagang, dan penguasa abad ke-8-15 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan d. pertukaran tanaman dan sistem pertanian. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik difusi tanaman dalam jaringan dunia islam memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Data arkeobotani, teks agronomi, dan perdagangan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Jaringan luas membantu perpindahan tebu, kapas, jeruk, padi, terong, pisang, dan berbagai tanaman lain serta pengetahuan irigasi antarwilayah. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material

sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Perpindahan tanaman berlangsung melalui jaringan perdagangan, migrasi, kebun istana, dan pengetahuan petani. Bukti arkeobotani menunjukkan pola yang tidak selalu seragam. Karena itu, istilah 'revolusi pertanian Islam' tetap berguna sebagai kerangka debat, tetapi perlu diuji tanaman demi tanaman dan wilayah demi wilayah.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak semua tanaman berpindah pada waktu atau rute yang sama, dan beberapa sudah hadir sebelum ekspansi Islam. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Debat 'Revolusi Pertanian Islam'

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan debat 'revolusi pertanian islam' berpusat pada Historiografi modern. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Andrew Watson; Michael Decker dan kajian lanjutan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Watson mengusulkan transformasi pertanian besar akibat difusi tanaman dan teknik, sedangkan peneliti lain menekankan kesinambungan Mediterania dan bukti yang lebih beragam. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Agronomi Andalusia memperhatikan hubungan antara jenis tanah, air, musim, pemupukan, okulasi, dan pemilihan tanaman. Pengetahuan ini bersifat ekologis dan lokal: teknik yang berhasil di kebun tertentu tidak otomatis berlaku di seluruh wilayah. Nilai teks agronomi justru terletak pada dokumentasi pengalaman budidaya yang rinci.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Istilah ini berguna sebagai hipotesis historiografis, bukan fakta tunggal yang tidak diperdebatkan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis

sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

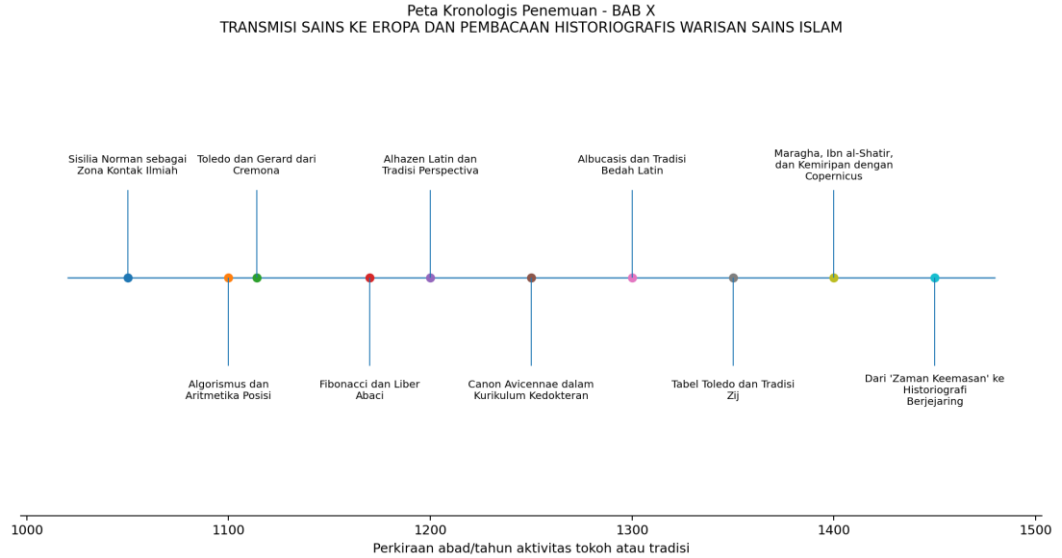
Biologi, botani, dan agronomi Islam memperlihatkan pentingnya observasi makhluk hidup dan lingkungan. Karya-karya tersebut tidak identik dengan biologi modern, tetapi menyimpan data, kategori, praktik budidaya, dan tradisi verifikasi yang berharga bagi sejarah pengetahuan alam.

BAB X

TRANSMISI SAINS KE EROPA DAN PEMBACAAN

HISTORIOGRAFIS WARISAN SAINS ISLAM

Bab terakhir membahas bagaimana karya berbahasa Arab masuk ke lingkungan Latin melalui Toledo, Sisilia, perdagangan Mediterania, sekolah, dan universitas. Transmisi ini tidak merupakan jalan satu arah atau proses sekali jadi. Teks diterjemahkan, dipadatkan, dikritik, digabungkan dengan tradisi lain, dan kadang disalahpahami. Karena itu, warisan sains Islam dinilai sebagai bagian dari sejarah sains berjejaring, bukan sebagai kompetisi sederhana tentang siapa yang pertama.



Gambar 10.1. Peta Kronologis Penemuan - Transmisi Sains Ke Eropa Dan Pembacaan Historiografis Warisan Sains Islam

Tabel 10.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab X

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Toledo dan Gerard dari Cremona	Gerard dari Cremona, ca. 1114-1187 M	Terjemahan Latin dari karya Arab	Gerard menerjemahkan banyak karya astronomi, kedokteran, dan ilmu alam dari bahasa Arab ke Latin, termasuk Ptolemeus melalui versi Arab dan karya ilmuwan Muslim.
Sisilia Norman sebagai Zona Kontak Ilmiah	Abad ke-12 M	Lingkungan istana Roger II dan manuskrip geografis	Pertemuan tradisi Arab, Yunani, Latin, dan Norman di Sisilia memungkinkan proyek seperti geografi al-Idrisi dan pertukaran pengetahuan teknis.
Algorismus dan Aritmetika Posisi	Abad ke-12-13 M	Terjemahan Latin karya al-Khwarizmi dan teks algorism	Metode berhitung dengan angka Hindu-Arab, posisi desimal, dan prosedur tertulis menyebar melalui tradisi 'algorismus' di sekolah serta perdagangan Eropa.

Fibonacci dan Liber Abaci	Leonardo Fibonacci, ca. 1170-setelah 1240 M	Liber Abaci, 1202/1228	Fibonacci mempelajari teknik hitung Mediterania, termasuk numerasi yang berkembang dalam dunia Islam, lalu mempopulerkan metode tersebut untuk masalah dagang Latin.
Alhazen Latin dan Tradisi Perspectiva	Ibn al-Haytham dalam terjemahan Latin, abad ke-12-13 M	De aspectibus / terjemahan Kitab al-Manazir	Optik Ibn al-Haytham memengaruhi Roger Bacon, Witelo, dan John Pecham dalam tradisi perspectiva Eropa mengenai cahaya serta penglihatan.
Canon Avicennae dalam Kurikulum Kedokteran	Ibn Sina dalam tradisi Latin	Canon medicinae / al-Qanun fi al-Tibb	Terjemahan Latin al-Qanun menjadi teks penting dalam pendidikan kedokteran Eropa selama berabad-abad karena struktur sistematisnya tentang teori, diagnosis, obat, dan penyakit.
Albucasis dan Tradisi Bedah Latin	Al-Zahrawi dalam tradisi Latin	Terjemahan al-Tasrif	Bagian bedah al-Tasrif beredar dalam Latin dengan gambar instrumen dan menjadi salah satu rujukan penting penulis bedah Eropa abad pertengahan.
Tabel Toledo dan Tradisi Zij	Astronom Andalusia dan penerjemah Latin	Zij al-Zarqali dan tabel astronomi	Tabel astronomi yang beredar dari Toledo menyediakan parameter, koordinat, dan metode komputasi yang memengaruhi astronomi Latin sebelum tabel Alfonsine.
Maragha, Ibn al-Shatir, dan Kemiripan dengan Copernicus	Nasir al-Din al-Tusi; Ibn al-Shatir; Copernicus	Model planet dalam karya Arab dan De revolutionibus	Beberapa konstruksi matematis Copernicus memiliki kemiripan kuat dengan Tusi couple dan model Ibn al-Shatir sehingga menunjukkan persoalan sejarah transmisi yang penting.
Dari 'Zaman Keemasan' ke Historiografi Berjejaring	Sejarawan sains modern	Kajian historiografi sains Islam	Studi mutakhir melihat sains Islam sebagai jaringan penerjemahan, kritik, observasi, patronase, pendidikan, perdagangan, dan transmisi lintas bahasa, bukan sekadar daftar 'siapa menemukan lebih dulu'.

A. Penerjemahan Arab-Latin

Subbab ini membahas a. penerjemahan arab-latin melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Toledo dan Gerard dari Cremona

Konteks sejarah. Gerard dari Cremona, ca. 1114-1187 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan a. penerjemahan arab-latin. Persoalan

yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik Toledo dan Gerard dari Cremona memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Terjemahan Latin dari karya Arab. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Gerard menerjemahkan banyak karya astronomi, kedokteran, dan ilmu alam dari bahasa Arab ke Latin, termasuk Ptolemeus melalui versi Arab dan karya ilmuwan Muslim. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Penerjemahan di Toledo biasanya melibatkan lebih dari seorang aktor: pembaca Arab, penerjemah lisan atau tertulis, penyalin Latin, dan patron. Karya yang sampai ke Eropa sering mengalami perubahan istilah serta penyesuaian terhadap kurikulum. Dengan demikian transmisi adalah proses transformasi teks, bukan perpindahan mekanis.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Transmisi melibatkan tim, penutur lokal, naskah, dan patron; bukan kerja seorang penerjemah saja. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Sisilia Norman sebagai Zona Kontak Ilmiah

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan Sisilia Norman sebagai zona kontak ilmiah berpusat pada Abad ke-12 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Lingkungan istana Roger II dan manuskrip geografis. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Pertemuan tradisi Arab, Yunani, Latin, dan Norman di Sisilia memungkinkan proyek seperti geografi al-Idrisi dan pertukaran pengetahuan teknis. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran,

atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Zona kontak tidak berarti semua gagasan kemudian menyebar langsung tanpa perantara. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

B. Matematika dalam Latin Barat

Subbab ini membahas b. matematika dalam latin barat melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Algorismus dan Aritmetika Posisi

Konteks sejarah. Abad ke-12-13 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan b. matematika dalam latin barat. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik algorismus dan aritmetika posisi memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Terjemahan Latin karya al-Khwarizmi dan teks algorism. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Metode berhitung dengan angka Hindu-Arab, posisi desimal, dan prosedur tertulis menyebar melalui tradisi 'algorismus' di sekolah serta perdagangan Eropa. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Adopsinya bertahap dan bersaing lama dengan abakus serta angka Romawi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui

naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Fibonacci dan Liber Abaci

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan fibonacci dan liber abaci berpusat pada Leonardo Fibonacci, ca. 1170-setelah 1240 M. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Liber Abaci, 1202/1228. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Fibonacci mempelajari teknik hitung Mediterania, termasuk numerasi yang berkembang dalam dunia Islam, lalu mempopulerkan metode tersebut untuk masalah dagang Latin. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Liber Abaci memperkenalkan penggunaan praktis angka Hindu-Arab bagi perdagangan Latin melalui soal konversi mata uang, laba-rugi, bunga, dan pembagian. Fibonacci belajar dalam lingkungan Mediterania yang telah lama memakai teknik hitung Arab; bukunya kemudian memberi bentuk baru yang sesuai kebutuhan pembaca Latin.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Fibonacci bukan penerjemah sederhana al-Khwarizmi; bukunya merupakan sintesis problem matematika lintas tradisi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

C. Optik dan Kedokteran di Universitas Eropa

Subbab ini membahas c. optik dan kedokteran di universitas eropa melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Alhazen Latin dan Tradisi Perspectiva

Konteks sejarah. Ibn al-Haytham dalam terjemahan Latin, abad ke-12-13 M bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan c. optik dan kedokteran di universitas Eropa. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik alhazen latin dan tradisi perspectiva memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *De aspectibus* / terjemahan Kitab al-Manazir. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Optik Ibn al-Haytham memengaruhi Roger Bacon, Witelo, dan John Pecham dalam tradisi perspectiva Eropa mengenai cahaya serta penglihatan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Terjemahan Latin Kitab al-Manazir menjadi bagian dari tradisi perspectiva. Roger Bacon, Witelo, dan John Pecham mengadaptasi geometri cahaya serta teori penglihatan untuk konteks skolastik. Pengaruh ini dapat dilacak melalui terminologi, struktur argumentasi, dan penggunaan problem optik yang sejenis.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Pengaruh terjadi melalui adaptasi dan perdebatan, bukan penyalinan tanpa perubahan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Canon Avicennae dalam Kurikulum Kedokteran

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan canon avicennae dalam kurikulum kedokteran berpusat pada Ibn Sina dalam tradisi Latin. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Canon medicinae* / al-Qanun fi al-Tibb. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Terjemahan Latin al-Qanun menjadi teks penting dalam pendidikan kedokteran Eropa selama berabad-abad karena struktur sistematisnya tentang teori, diagnosis, obat, dan penyakit. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan

bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Canon medicinae menjadi teks kurikuler karena menyusun prinsip umum, obat sederhana, penyakit organ, kondisi umum, dan obat majemuk dalam struktur yang mudah diajarkan. Penggunaannya berbeda menurut universitas dan masa; penerimaan Eropa juga disertai komentar serta koreksi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Posisinya berbeda menurut universitas dan periode; bukan satu-satunya buku kedokteran yang dipakai. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Albucasis dan Tradisi Bedah Latin

Latar perkembangan. Dalam sejarah c. optik dan kedokteran di universitas Eropa, Albucasis dan Tradisi Bedah Latin menandai satu tahap yang dapat dibedakan dari tahap sebelumnya. Al-Zahrawi dalam tradisi Latin berada dalam tradisi yang sudah memiliki masalah, istilah, dan teknik tertentu, tetapi menghadirkan penyusunan ulang atau pemecahan yang memberi arah baru. Cara membaca seperti ini lebih akurat daripada menjadikan setiap tokoh sebagai 'penemu pertama' secara mutlak.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Terjemahan al-Tasrif. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Bagian bedah al-Tasrif beredar dalam Latin dengan gambar instrumen dan menjadi salah satu rujukan penting penulis bedah Eropa abad pertengahan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kemiripan alat modern tidak membuktikan garis keturunan langsung untuk setiap instrumen. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

D. Astronomi dan Model Planet

Subbab ini membahas d. astronomi dan model planet melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Tabel Toledo dan Tradisi Zij

Konteks sejarah. Astronom Andalusia dan penerjemah Latin bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan d. astronomi dan model planet. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik tabel toledo dan tradisi zij memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Zij al-Zarqali dan tabel astronomi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Tabel astronomi yang beredar dari Toledo menyediakan parameter, koordinat, dan metode komputasi yang memengaruhi astronomi Latin sebelum tabel Alfonsine. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Penerjemahan di Toledo biasanya melibatkan lebih dari seorang aktor: pembaca Arab, penerjemah lisan atau tertulis, penyalin Latin, dan patron. Karya yang sampai ke Eropa sering mengalami perubahan istilah serta penyesuaian terhadap kurikulum. Dengan demikian transmisi adalah proses transformasi teks, bukan perpindahan mekanis.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Naskah tabel mengalami adaptasi lokal; istilah 'Tabel Toledo' merujuk pada tradisi yang kompleks. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Maragha, Ibn al-Shatir, dan Kemiripan dengan Copernicus

Tokoh dan lingkungan kerja. Pembahasan maragha, ibn al-shatir, dan kemiripan dengan copernicus berpusat pada Nasir al-Din al-Tusi; Ibn al-Shatir; Copernicus. Masa tersebut ditandai oleh pertukaran pengetahuan lintas bahasa dan kota, sehingga sebuah gagasan sering berkembang melalui komentar, koreksi, instrumen, atau praktik yang dikerjakan lebih dari satu generasi. Karena itu, atribusi tokoh

digunakan untuk menunjuk kontribusi utama yang terdokumentasi, bukan untuk meniadakan pendahulu dan penerusnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Model planet dalam karya Arab dan *De revolutionibus*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Beberapa konstruksi matematis Copernicus memiliki kemiripan kuat dengan Tusi couple dan model Ibn al-Shatir sehingga menunjukkan persoalan sejarah transmisi yang penting. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Ibn al-Shatir menyusun kombinasi epicycle yang menghasilkan parameter planet tanpa ekuant tertentu. Secara matematis beberapa konstruksinya kemudian tampak sangat dekat dengan model dalam karya Copernicus, meskipun kedua sistem memiliki kerangka kosmologis berbeda.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kesamaan matematis terdokumentasi, tetapi jalur naskah atau perantara langsung menuju Copernicus belum dibuktikan secara final. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

E. Membaca Warisan Sains Secara Kritis

Subbab ini membahas e. membaca warisan sains secara kritis melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Dari 'Zaman Keemasan' ke Historiografi Berjejaring

Konteks sejarah. Sejarawan sains modern bekerja dalam lingkungan keilmuan yang terkait dengan e. membaca warisan sains secara kritis. Persoalan yang dibahas tidak muncul dalam ruang hampa; ia merupakan pertemuan antara warisan terdahulu, kebutuhan praktis, bahasa ilmiah Arab, dan jaringan guru, penyalin, pengrajin, atau patron. Dalam konteks itulah topik dari 'zaman keemasan' ke historiografi berjejaring memperoleh bentuk yang dapat ditelaah melalui sumber-sumber yang masih bertahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kajian historiografi sains Islam. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Studi mutakhir melihat sains Islam sebagai jaringan penerjemahan, kritik, observasi, patronase, pendidikan, perdagangan, dan transmisi lintas bahasa,

bukan sekadar daftar 'siapa menemukan lebih dulu'. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah dan bukti material sebelum memakai label modern yang mungkin baru muncul berabad-abad kemudian.

Substansi ilmiah. Secara teknis, kontribusi ini penting karena mengubah pengetahuan yang sebelumnya tersebar menjadi prosedur, klasifikasi, pengukuran, atau model yang dapat diajarkan dan dibandingkan. Struktur tersebut memungkinkan generasi berikutnya menguji ulang hasil, menambahkan data, dan memindahkan metode ke persoalan baru tanpa harus memulai dari awal.

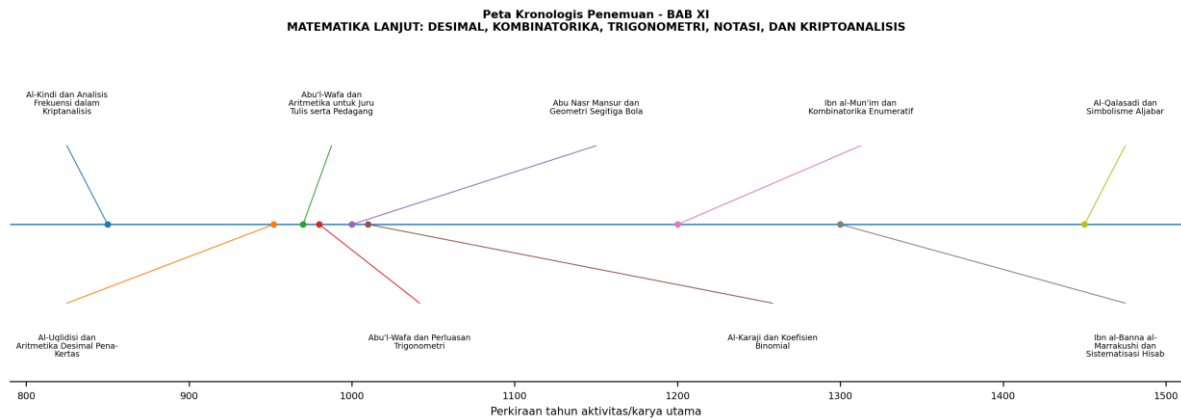
Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Pendekatan kritis menghindari dua ekstrem: menghapus kontribusi Muslim atau mengklaim semua sains modern berasal langsung dari satu peradaban. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru dengan membatasi klaim pada bukti yang dapat ditelusuri, posisi penemuan menjadi lebih kuat. Pengaruh historis sebaiknya dinilai melalui naskah, terjemahan, komentar, penggunaan instrumen, atau kesinambungan metode, bukan hanya melalui kemiripan istilah modern.

Transmisi ilmu dari bahasa Arab ke Latin membantu membentuk sains Eropa, tetapi hasil akhirnya lahir dari jaringan interaksi yang kompleks. Pengakuan terhadap kontribusi Muslim menjadi lebih kuat ketika didasarkan pada naskah, terjemahan, dan bukti jalur intelektual, bukan pada klaim kebanggaan yang sulit diverifikasi.

BAB XI

MATEMATIKA LANJUT: DESIMAL, KOMBINATORIKA, TRIGONOMETRI, NOTASI, DAN KRIPTOANALISIS

Bab ini melengkapi sejarah matematika pada Bab II dengan tokoh dan problem yang belum memperoleh pembahasan tersendiri. Fokusnya mencakup aritmetika desimal dan hitung pena-kertas, geometri serta trigonometri, kombinatorika, koefisien binomial, perkembangan notasi aljabar, dan analisis sandi. Seperti bab-bab sebelumnya, setiap capaian dibaca sebagai tahap dalam tradisi panjang India, Yunani, Persia, Arab, dan Islamicate, bukan sebagai klaim bahwa satu tokoh menciptakan seluruh bidang dari nol.



Gambar 11.1. Peta Kronologis Penemuan - Matematika Lanjut: Desimal, Kombinatorika, Trigonometri, Notasi, Dan Kriptoanalisis

Tabel 11.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab XI

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Al-Uqlidisi dan Aritmetika Desimal Pena-Kertas	Abu al-Hasan Ahmad ibn Ibrahim al-Uqlidisi, abad ke-10 M	Kitab al-Fusul fi al-Hisab al-Hindi	Mengadaptasi aritmetika India untuk perhitungan tertulis dan memberikan salah satu pembahasan paling awal yang masih bertahan mengenai pecahan desimal.
Abu'l-Wafa dan Aritmetika untuk Juru Tulis serta Pedagang	Abu'l-Wafa al-Buzjani, 940-998 M	Kitab fi ma yahtaj ilayhi al-kuttab wa-l-ummal min 'ilm al-hisab	Menyusun aritmetika terapan bagi juru tulis dan pelaku administrasi, termasuk operasi pecahan dan masalah perdagangan.
Abu'l-Wafa dan Perluasan Trigonometri	Abu'l-Wafa al-Buzjani, 940-998 M	Karya astronomi dan risalah geometri/trigonometri	Mengembangkan tabel sinus dan tangen yang teliti serta relasi trigonometri yang mempermudah pemecahan masalah astronomi.
Abu Nasr Mansur dan Geometri Segitiga Bola	Abu Nasr Mansur ibn Ali ibn Iraq, ca. 960-1036 M	Risalah geometri dan astronomi; karya yang	Menyumbang pada sistematisasi hubungan sisi-sudut dalam

		dikaitkan dengan hukum sinus	segitiga bola yang penting bagi astronomi dan geodesi.
Al-Karaji dan Koefisien Binomial	Abu Bakr al-Karaji, ca. 953-ca. 1029 M	al-Fakhri dan karya aritmetika-aljabar	Mengembangkan aturan untuk pangkat dan koefisien ekspansi yang berkaitan dengan pola segitiga koefisien binomial.
Ibn al-Mun'im dan Kombinatorika Enumeratif	Ahmad ibn Mun'im al-Abdari, w. 1228 M	Fiqh al-Hisab	Membahas penghitungan banyaknya susunan dan pilihan melalui problem huruf, kata, dan bilangan.
Ibn al-Banna al-Marrakushi dan Sistematisasi Hisab	Ibn al-Banna al-Marrakushi, 1256-1321 M	Talkhis A'mal al-Hisab dan Raf' al-Hijab	Menyusun aritmetika, pecahan, akar, proporsi, dan teknik hitung yang berpengaruh luas di Maghrib.
Al-Qalasadi dan Simbolisme Aljabar	Abu al-Hasan Ali al-Qalasadi, 1412-1486 M	Kashf al-Asrar dan karya hisab/aljabar	Menggunakan kata singkat dan huruf Arab sebagai notasi ringkas untuk operasi serta besaran aljabar.
Al-Kindi dan Analisis Frekuensi dalam Kriptanalisis	Yaqub ibn Ishaq al-Kindi, ca. 801-873 M	Risala fi Istikhraj al-Muamma	Mendeskripsikan penggunaan frekuensi huruf untuk membantu memecahkan sandi substitusi.

A. Aritmetika, Desimal, dan Komputasi Tertulis

Subbab ini membahas a. aritmetika, desimal, dan komputasi tertulis melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Uqlidisi dan Aritmetika Desimal Pena-Kertas

Konteks sejarah. Al-Uqlidisi bekerja dalam lingkungan aritmetika praktis ketika teknik hitung India masih sering dikaitkan dengan papan debu. Karyanya memperlihatkan kebutuhan pedagogik dan administratif untuk memindahkan prosedur hitung ke medium tulis yang lebih stabil.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Fusul fi al-Hisab al-Hindi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengadaptasi aritmetika India untuk perhitungan tertulis dan memberikan salah satu pembahasan paling awal yang masih bertahan mengenai pecahan desimal. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Kitab al-Fusul menjelaskan nilai-tempat, operasi aritmetika, pecahan, dan modifikasi algoritme agar dapat dikerjakan dengan pena serta kertas. Bagian mengenai pecahan desimal penting karena menunjukkan pemakaian struktur berbasis pangkat sepuluh jauh sebelum notasi desimal modern distandardisasi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak tepat menyebut al-Uqlidisi sebagai pencipta tunggal sistem desimal. Sistem nilai-tempat berakar pada tradisi India, sedangkan gagasan pecahan desimal berkembang bertahap pada banyak matematikawan. Nilai historisnya terletak pada bukti teks yang sangat awal dan jelas. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Abu'l-Wafa dan Aritmetika untuk Juru Tulis serta Pedagang

Konteks sejarah. Di Baghdad Buyid, matematika tidak hanya berkembang di observatorium, tetapi juga dalam administrasi, perdagangan, pengukuran, dan pendidikan. Abu'l-Wafa menulis untuk pengguna yang belum selalu memakai angka India secara rutin.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab fi ma yahtaj ilayhi al-kuttab wa-l-ummal min 'ilm al-hisab. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun aritmetika terapan bagi juru tulis dan pelaku administrasi, termasuk operasi pecahan dan masalah perdagangan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya menunjukkan bagaimana algoritme hitung disesuaikan dengan kebutuhan praktis. Ia membahas operasi bilangan, pecahan, proporsi, ukuran, dan transaksi, memperlihatkan hubungan kuat antara matematika teoretis dan budaya komputasi sehari-hari.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kontribusi ini bukan asal-usul aritmetika dagang. Yang penting adalah dokumentasi sistematis tentang bagaimana matematika tingkat tinggi dan praktik administrasi hidup dalam ekosistem yang sama. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

B. Geometri, Trigonometri, dan Koefisien

Subbab ini membahas b. geometri, trigonometri, dan koefisien melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Abu'l-Wafa dan Perluasan Trigonometri

Konteks sejarah. Astronomi posisi menuntut nilai trigonometrik yang semakin halus. Abu'l-Wafa bekerja dalam tradisi yang telah menerima sinus dari matematika India dan perangkat geometri dari Yunani, lalu memperbaiki teknik komputasinya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Karya astronomi dan risalah geometri/trigonometri. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengembangkan tabel sinus dan tangen yang teliti serta relasi trigonometri yang mempermudah pemecahan masalah astronomi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia menyusun tabel pada interval kecil, memakai relasi penjumlahan dan sudut ganda, serta mengembangkan penggunaan tangen, secan, dan cosecan dalam tradisi trigonometrik. Kemajuan ini mempermudah pemecahan segitiga datar dan bola yang diperlukan untuk astronomi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Atribusi prioritas untuk setiap identitas trigonometri berbeda-beda dalam historiografi. Karena itu kontribusi yang paling aman adalah peningkatan sistematis tabel, teknik komputasi, dan perangkat trigonometri yang terdokumentasi dalam tradisi Arab. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Abu Nasr Mansur dan Geometri Segitiga Bola

Konteks sejarah. Abu Nasr Mansur berada dalam lingkungan Khwarazm dan berhubungan dengan al-Biruni. Problem astronomi menuntut teknik yang lebih langsung daripada perangkat Menelaus untuk menyelesaikan segitiga pada bola langit.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Risalah geometri dan astronomi; karya yang dikaitkan dengan hukum sinus. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyumbang pada sistematisasi hubungan sisi-sudut dalam segitiga bola yang penting bagi astronomi dan geodesi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Tradisi risalahnya membahas geometri bola dan relasi sinus untuk memecahkan segitiga. Perangkat ini menjadi dasar praktis untuk menghitung posisi, arah, jarak sudut, dan masalah geodesi yang kemudian disistematisasi lebih jauh.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Hukum sinus bola lahir melalui perkembangan kolektif dan atribusi prioritasnya kompleks. Kontribusi Abu Nasr Mansur sebaiknya ditempatkan sebagai salah satu tahap penting, bukan satu-satunya titik asal. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Al-Karaji dan Koefisien Binomial

Konteks sejarah. Bab II telah membahas aritmetika polinomial al-Karaji. Sisi lain yang penting adalah bagaimana operasi pangkat diperlakukan secara aritmetis sehingga pola koefisien dapat ditata dan digunakan secara berulang.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Fakhri dan karya aritmetika-aljabar. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengembangkan aturan untuk pangkat dan koefisien ekspansi yang berkaitan dengan pola segitiga koefisien binomial. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Dalam pembahasan pangkat dan ekspansi, tradisi al-Karaji menunjukkan pola koefisien yang kini diasosiasikan dengan segitiga binomial. Argumen berulangnya juga sering dibahas dalam sejarah sebagai langkah menuju bentuk penalaran induktif pada aritmetika.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Istilah "segitiga Pascal" dan "induksi matematika" adalah label modern. Pola serupa muncul dalam tradisi matematika lain; karena itu klaim harus menekankan dokumentasi dan metode, bukan kepemilikan tunggal. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

C. Kombinatorika dan Ilmu Hitung Maghrib

Subbab ini membahas c. kombinatorika dan ilmu hitung maghrib melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ibn al-Mun'im dan Kombinatorika Enumeratif

Konteks sejarah. Dalam tradisi matematika Maghrib, problem aritmetika berkembang tidak hanya untuk perdagangan tetapi juga untuk persoalan enumerasi. Ibn al-Mun'im memberi salah satu korpus penting untuk sejarah kombinatorika Arab.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Fiqh al-Hisab. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Membahas penghitungan banyaknya susunan dan pilihan melalui problem huruf, kata, dan bilangan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia menghitung banyak kemungkinan susunan objek dengan kondisi tertentu dan menghubungkan operasi perkalian, kombinasi, serta pola bilangan. Pendekatan ini menunjukkan bahwa enumerasi diskret telah diperlakukan sebagai problem matematis tersendiri.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kombinatorika modern memiliki bahasa dan formalisme yang berbeda. Menyebut karya ini sebagai "teori kombinatorika modern" akan anahronistik; yang dapat dipastikan adalah adanya problem dan prosedur enumeratif yang maju. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ibn al-Banna al-Marrakushi dan Sistematisasi Hisab

Konteks sejarah. Marrakesh dan Fez menjadi bagian dari jaringan pendidikan matematika Maghrib. Ibn al-Banna menggabungkan tradisi hisab praktis dengan pembahasan teoretis yang digunakan dan dikomentari berabad-abad.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Talkhis A'mal al-Hisab dan Raf' al-Hijab. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun aritmetika, pecahan, akar, proporsi, dan teknik hitung yang berpengaruh luas di Maghrib. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya membahas operasi bilangan, pecahan, akar, rasio, serta problem yang kemudian dibaca terkait kombinatorika. Struktur ringkas Talkhis memungkinkan materi matematika beredar sebagai teks pengajaran yang mudah dikomentari.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Pengaruh sebuah buku pelajaran tidak sama dengan penemuan satu teorema. Nilai Ibn al-Banna juga terletak pada sistematisasi dan transmisi kurikulum matematika kawasan barat dunia Islam. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

D. Notasi dan Analisis Informasi

Subbab ini membahas d. notasi dan analisis informasi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Qalasadi dan Simbolisme Aljabar

Konteks sejarah. Pada tahap akhir tradisi matematika Maghrib-Andalusia, kebutuhan menyingkat prosedur aljabar mendorong bentuk notasi yang lebih padat. Al-Qalasadi sering disebut dalam diskusi sejarah simbolisme aljabar Arab.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Kashf al-Asrar* dan karya hisab/aljabar. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menggunakan kata singkat dan huruf Arab sebagai notasi ringkas untuk operasi serta besaran aljabar. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia memakai singkatan untuk penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian, akar, dan besaran yang tidak diketahui. Sistem ini belum merupakan simbolisme universal seperti aljabar modern, tetapi memperlihatkan pergeseran dari retorika penuh menuju penandaan yang lebih ekonomis.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Al-Qalasadi tidak boleh disebut penemu tunggal simbol aljabar. Simbolisasi muncul bertahap di berbagai tradisi. Kontribusinya adalah salah satu bentuk yang terdokumentasi dengan baik dalam matematika Arab barat. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Al-Kindi dan Analisis Frekuensi dalam Kriptanalisis

Konteks sejarah. Kemajuan administrasi dan korespondensi negara menghasilkan kebutuhan menjaga sekaligus membaca pesan tersandi. Al-Kindi menerapkan pengetahuan bahasa, statistik sederhana, dan pola teks pada masalah ini.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Risala fi Istikhraj al-Muamma*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mendeskripsikan penggunaan frekuensi huruf untuk membantu memecahkan sandi substitusi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Metodenya membandingkan frekuensi huruf dalam bahasa dengan frekuensi simbol dalam teks sandi. Ketika sandi mempertahankan pola statistik bahasa, pasangan yang paling sering muncul dapat menjadi petunjuk untuk rekonstruksi alfabet sandi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ini bukan statistik probabilistik modern dan tidak otomatis memecahkan semua jenis sandi. Nilai historisnya adalah bukti awal yang jelas tentang analisis kuantitatif terhadap informasi linguistik.

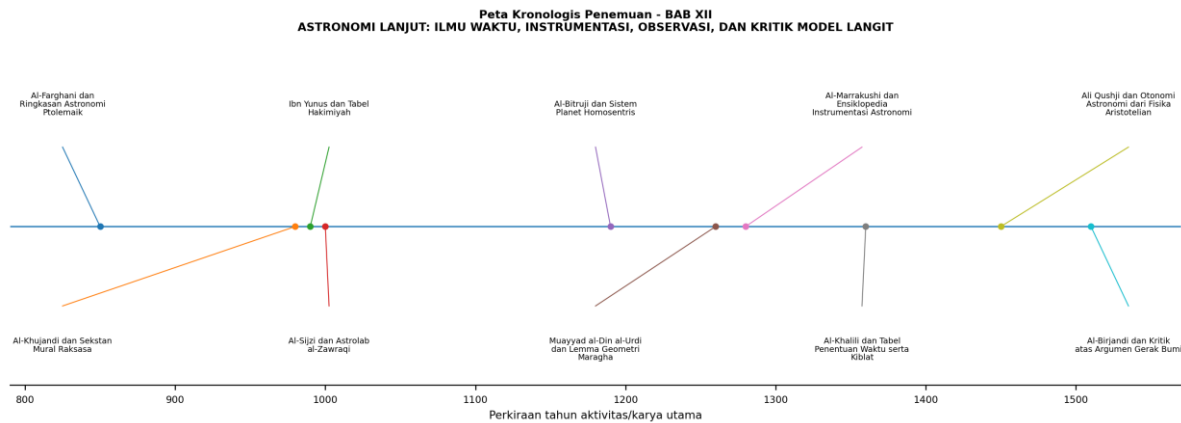
Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Tambahan ini memperlihatkan bahwa matematika dalam peradaban Islam tidak berhenti pada aljabar dan astronomi. Ia juga mencakup budaya komputasi, desimal, geometri bola, enumerasi, notasi, dan analisis pola informasi. Keseluruhan perkembangan itu lebih tepat dipahami sebagai jaringan masalah dan teks yang saling menumpuk daripada daftar klaim prioritas tunggal.

BAB XII

ASTRONOMI LANJUT: ILMU WAKTU, INSTRUMENTASI, OBSERVASI, DAN KRITIK MODEL LANGIT

Bab ini memperluas Bab III dengan memasukkan astronom yang berperan besar dalam tabel observasi, instrumen presisi, ilmu waktu, dan kritik terhadap model planet tetapi belum mendapat bagian tersendiri. Pembahasan tetap membedakan ketelitian observasi, inovasi instrumen, dan perubahan model matematis dari klaim kosmologi modern seperti heliosentrisme.



Gambar 12.1. Peta Kronologis Penemuan - Astronomi Lanjut: Ilmu Waktu, Instrumentasi, Observasi, Dan Kritik Model Langit

Tabel 12.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab XII

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Al-Farghani dan Ringkasan Astronomi Ptolemaik	Ahmad al-Farghani, abad ke-9 M	Jawami Ilm al-Nujum wa Usul al-Harakat al-Samawiyya	Menyusun ringkasan astronomi Ptolemaik yang terstruktur dan berpengaruh dalam bahasa Arab serta Latin.
Ibn Yunus dan Tabel Hakimiyah	Ibn Yunus al-Sadafi, ca. 950-1009 M	al-Zij al-Kabir al-Hakimi	Menghimpun observasi dan prosedur komputasi astronomi dengan ketelitian tinggi untuk waktu dan posisi benda langit.
Al-Khujandi dan Sekstan Mural Raksasa	Abu Mahmud al-Khujandi, ca. 940-1000 M	Laporan observatorium Rayy dan risalah astronomi	Menggunakan sekstan mural berukuran besar untuk pengukuran kemiringan ekliptika dan parameter posisi.
Al-Marrakushi dan Ensiklopedia Instrumentasi Astronomi	Abu Ali al-Hasan al-Marrakushi, abad ke-13 M	Jami al-Mabadi wa-l-Ghayat fi Ilm al-Miqat	Menghimpun teori dan praktik instrumen astronomi, trigonometri, geografi, penentuan waktu, astrolab, sundial, dan kuadran.
Al-Khalili dan Tabel Penentuan Waktu serta Kiblat	Shams al-Din al-Khalili, abad ke-14 M	Tabel miqat dan arah kiblat Damaskus	Menyusun tabel matematika yang sangat luas untuk waktu salat, posisi Matahari, dan arah kiblat.

Al-Sijzi dan Astrolab al-Zawraqi	Abu Said Ahmad al-Sijzi, ca. 945-ca. 1020 M	Risalah astrolab dan laporan al-Biruni	Mendesain atau mendiskusikan astrolab yang bekerja dengan asumsi rotasi harian Bumi relatif terhadap langit.
Muayyad al-Din al-Urdi dan Lemma Geometri Maragha	Muayyad al-Din al-Urdi, w. 1266 M	Kitab al-Hayat dan tradisi Observatorium Maragha	Mengembangkan konstruksi geometri yang membantu mengganti perangkat ekuant Ptolemaik dalam model planet.
Al-Bitruji dan Sistem Planet Homosentris	Nur al-Din al-Bitruji (Alpetragius), abad ke-12 M	Kitab fi al-Haya	Mengusulkan alternatif kosmologi yang mengurangi ketergantungan pada epicycle dan eccentric Ptolemaik dengan bola-bola konsentris.
Ali Qushji dan Otonomi Astronomi dari Fisika Aristotelian	Ali Qushji, 1403-1474 M	al-Risala al-Fathiyya dan komentar astronomi	Membahas kemungkinan gerak Bumi dan menegaskan bahwa astronomi matematis tidak harus bergantung sepenuhnya pada premis fisika Aristoteles.
Al-Birjandi dan Kritik atas Argumen Gerak Bumi	Abd al-Ali al-Birjandi, 1525/1526 M	Komentar atas al-Tadhkira karya al-Tusi	Menganalisis argumen fisika dan astronomi mengenai kemungkinan rotasi Bumi dalam tradisi komentar pasca-Maragha.

A. Ringkasan Astronomi dan Tabel Observasi

Subbab ini membahas a. ringkasan astronomi dan tabel observasi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Farghani dan Ringkasan Astronomi Ptolemaik

Konteks sejarah. Pada abad ke-9, astronomi Yunani diterjemahkan, diajarkan, dan diuji dalam lingkungan Abbasiyah. Al-Farghani menyusun teks yang lebih ringkas daripada *Almagest* sehingga cocok untuk pendidikan dan transmisi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Jawami Ilm al-Nujum wa Usul al-Harakat al-Samawiyya*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun ringkasan astronomi Ptolemaik yang terstruktur dan berpengaruh dalam bahasa Arab serta Latin. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya membahas struktur kosmos geosentris, gerak langit, ukuran relatif, kalender, serta parameter astronomi. Versi Latinnya kemudian beredar luas dan menjadi salah satu pintu masuk astronomi Arab ke Eropa.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Al-Farghani bukan pencipta astronomi Ptolemaik. Kontribusinya terletak pada seleksi, penataan, koreksi tertentu, dan transmisi yang sangat efektif. Catatan ini tidak mengecilkan arti

kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ibn Yunus dan Tabel Hakimiyah

Konteks sejarah. Kairo Fatimiyah menyediakan lingkungan bagi observasi sistematis dan penyusunan zij. Ibn Yunus memanfaatkan catatan lama sekaligus pengamatan baru untuk menghasilkan tabel yang luas.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Zij al-Kabir al-Hakimi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menghimpun observasi dan prosedur komputasi astronomi dengan ketelitian tinggi untuk waktu dan posisi benda langit. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Zij al-Hakimi memuat pengamatan Matahari, Bulan, planet, gerhana, dan teknik penentuan waktu. Beberapa observasinya kemudian bernilai bagi sejarah astronomi karena dapat dibandingkan dengan perhitungan modern.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Nilai tabel tidak berarti semua angkanya lebih tepat daripada setiap pendahulu. Ketelitian harus dinilai per parameter, instrumen, dan kondisi observasi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

B. Instrumen Besar dan Ilmu Waktu

Subbab ini membahas b. instrumen besar dan ilmu waktu melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Khujandi dan Sekstan Mural Raksasa

Konteks sejarah. Astronomi pra-teleskop meningkatkan ketelitian dengan memperbesar skala instrumen. Al-Khujandi bekerja di observatorium dekat Rayy dan membangun perangkat mural yang sangat besar.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Laporan observatorium Rayy dan risalah astronomi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menggunakan sekstan mural berukuran besar untuk pengukuran kemiringan ekliptika dan parameter posisi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Dengan radius besar, pembagian skala dapat dibaca lebih halus sehingga tinggi meridian benda langit dan kemiringan ekliptika dapat diukur. Al-Biruni kemudian mendiskusikan hasilnya dan kemungkinan masalah kestabilan instrumen.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ukuran instrumen tidak menjamin bebas kesalahan. Perubahan struktur, refraksi, dan kalibrasi tetap membatasi ketelitian; justru diskusi atas kesalahan ini penting dalam sejarah observasi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Al-Marrakushi dan Ensiklopedia Instrumentasi Astronomi

Konteks sejarah. Ilmu miqat menghubungkan astronomi dengan kebutuhan waktu, arah, dan kalender. Al-Marrakushi menyusun kompendium yang menjadi sumber penting untuk memahami instrumen Islam abad pertengahan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Jami al-Mabadi wa-l-Ghayat fi Ilm al-Miqat. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menghimpun teori dan praktik instrumen astronomi, trigonometri, geografi, penentuan waktu, astrolab, sundial, dan kuadran. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya menjelaskan prinsip matematis sekaligus konstruksi dan penggunaan banyak perangkat. Karena cakupannya luas, teks tersebut memungkinkan sejarawan menelusuri hubungan antara geometri, kerajinan instrumen, dan praktik pengamatan.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Buku kompendium tidak berarti semua instrumen di dalamnya diciptakan oleh al-Marrakushi. Nilai utamanya adalah dokumentasi, klasifikasi, dan integrasi pengetahuan instrumentasi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Al-Khalili dan Tabel Penentuan Waktu serta Kiblat

Konteks sejarah. Damaskus memiliki tradisi muwaqqit yang menghubungkan masjid, astronomi, dan matematika praktis. Al-Khalili bekerja dalam lingkungan ini dengan perangkat tabel yang memadatkan perhitungan rumit.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Tabel miqat dan arah kiblat Damaskus. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun tabel matematika yang sangat luas untuk waktu salat, posisi Matahari, dan arah kiblat. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Tabelnya memungkinkan pengguna memperoleh nilai waktu dan arah dari argumen astronomi tanpa mengulang seluruh derivasi trigonometri. Ini adalah bentuk penting komputasi pra-digital: kerja teoritis berat dikemas menjadi alat referensi operasional.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tabel tidak identik dengan "kalkulator modern". Analogi komputasi berguna hanya untuk menjelaskan fungsi, sedangkan bentuk matematis dan konteks kelembagaannya tetap khas abad pertengahan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

C. Alternatif Geometri Planet dan Kosmologi

Subbab ini membahas c. alternatif geometri planet dan kosmologi melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Sijzi dan Astrolab al-Zawraqi

Konteks sejarah. Sebagian astronom Islam membahas kemungkinan kinematis bahwa gerak harian langit dapat direpresentasikan dengan Bumi yang berputar. Al-Sijzi dikenal melalui diskusi tentang astrolab al-zawraqi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Risalah astrolab dan laporan al-Biruni. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mendesain atau mendiskusikan astrolab yang bekerja dengan asumsi rotasi harian Bumi relatif terhadap langit. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Instrumen tersebut penting karena menunjukkan bahwa pilihan kerangka gerak dapat dibahas secara matematis dan instrumental. Ia tidak dengan sendirinya menyelesaikan pertanyaan fisika mengenai apakah Bumi benar-benar bergerak.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak tepat mengubah al-Sijzi menjadi perumus heliosentrisme modern. Yang terdokumentasi adalah pembahasan rotasi harian Bumi dan konsekuensi instrumennya, bukan sistem planet Copernican. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Muayyad al-Din al-Urdi dan Lemma Geometri Maragha

Konteks sejarah. Observatorium Maragha menjadi pusat kritik teknis terhadap model Ptolemaik. Al-Urdi bekerja bersama lingkungan yang juga melahirkan Tusi couple dan model planet generasi berikutnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Hayat dan tradisi Observatorium Maragha. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengembangkan konstruksi geometri yang membantu mengganti perangkat ekuant Ptolemaik dalam model planet. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Lemma Urdi memungkinkan kombinasi gerak lingkaran menghasilkan hubungan geometri tertentu tanpa memakai ekuant dalam bentuk Ptolemaik. Teknik ini menjadi bagian dari perangkat matematis reformasi planet Maragha.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kesamaan perangkat geometri dengan astronomi Eropa kemudian tidak otomatis membuktikan jalur transmisi langsung. Pengaruh harus ditelusuri melalui manuskrip, terjemahan, dan konteks penggunaan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Al-Bitruji dan Sistem Planet Homosentris

Konteks sejarah. Di Andalusia, kritik filosofis terhadap astronomi Ptolemaik mendorong pencarian model yang dianggap lebih sesuai dengan fisika Aristotelian. Al-Bitruji menyusun salah satu alternatif yang paling dikenal.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab fi al-Haya. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengusulkan alternatif kosmologi yang mengurangi ketergantungan pada epicycle dan eccentric Ptolemaik dengan bola-bola konsentris. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Modelnya menata gerak planet melalui bola konsentris dan transmisi gerak, berusaha menyatukan astronomi matematis dengan prinsip fisika kosmos. Ketelitian prediktifnya tidak menandingi tabel Ptolemaik, tetapi pengaruh konseptualnya luas.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Model ini bukan pendahulu langsung heliosentrisme. Pentingnya justru memperlihatkan bahwa astronom Muslim tidak hanya menerima Ptolemaios, tetapi juga mengajukan alternatif struktural yang berbeda. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru

pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

D. Debat Gerak Bumi dan Astronomi Ottoman

Subbab ini membahas d. debat gerak bumi dan astronomi ottoman melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ali Qushji dan Otonomi Astronomi dari Fisika Aristotelian

Konteks sejarah. Ali Qushji bergerak dari lingkungan Samarkand ke Istanbul dan membawa tradisi matematika-astronomi Timurid ke Ottoman. Salah satu ciri penting karyanya adalah pemisahan metodologis antara pembuktian astronomi dan fisika filosofis.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Risala al-Fathiyya dan komentar astronomi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Membahas kemungkinan gerak Bumi dan menegaskan bahwa astronomi matematis tidak harus bergantung sepenuhnya pada premis fisika Aristoteles. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia membahas argumen mengenai gerak Bumi sebagai persoalan yang tidak dapat diputus hanya dari gejala astronomi sederhana. Sikap ini membuka ruang bagi evaluasi model berdasarkan konsistensi matematis tanpa harus menerima semua premis kosmologi Aristotelian.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ia tidak merumuskan heliosentrisme Copernican. Kontribusinya bersifat metodologis dan teoritis: memperluas ruang diskusi tentang dasar-dasar astronomi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Al-Birjandi dan Kritik atas Argumen Gerak Bumi

Konteks sejarah. Tradisi komentar tidak sekadar menyalin. Al-Birjandi membaca al-Tusi dan perdebatan sebelumnya dengan perhatian pada konsekuensi gerak, lintasan benda, dan hubungan fisika-astronomi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Komentar atas al-Tadhkira karya al-Tusi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menganalisis argumen fisika dan astronomi mengenai kemungkinan rotasi Bumi dalam tradisi komentar pasca-Maragha. Penilaian sejarah perlu

mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Pembahasannya menunjukkan kesinambungan debat mengenai gerak Bumi hingga awal zaman modern Islam. Ia menguji keberatan fisika dan mencoba menjelaskan konsekuensi gerak tanpa mengubah keseluruhan sistem menjadi heliosentris.

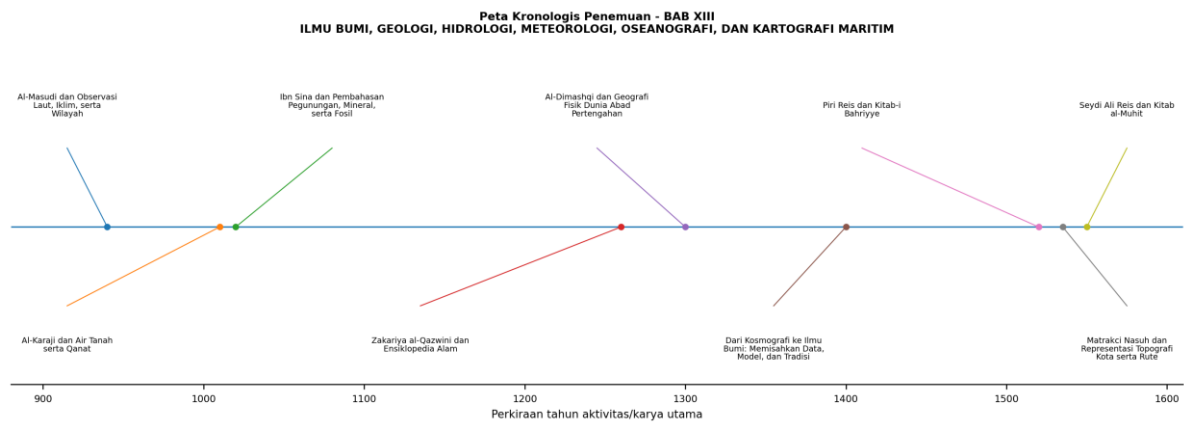
Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Membaca istilahnya sebagai teori inersia Newtonian akan berlebihan. Kesamaan konseptual tertentu harus dibatasi oleh kerangka fisika abad ke-16 yang berbeda. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Bab tambahan ini memperlihatkan bahwa astronomi Islam memiliki lebih banyak lapisan daripada katalog bintang dan model planet yang paling terkenal. Ringkasan pendidikan, zij observasional, instrumen raksasa, tabel miqat, alternatif kosmologi, dan debat gerak Bumi membentuk ekosistem teori-komputasi-instrumen yang terus berkembang sampai masa Ottoman.

BAB XIII

ILMU BUMI, GEOLOGI, HIDROLOGI, METEOROLOGI,
OSEANOGRAFI, DAN KARTOGRAFI MARITIM

Bab VII telah membahas geografi, geodesi, dan kartografi. Bab ini menambahkan cabang ilmu bumi yang belum terwakili secara memadai: pembentukan mineral dan pegunungan, air tanah, deskripsi laut serta iklim, ensiklopedia alam, dan kartografi maritim Ottoman. Istilah geologi, hidrologi, meteorologi, dan oseanografi digunakan sebagai jembatan modern, bukan sebagai klaim bahwa disiplin kontemporer telah hadir dengan batas yang sama.



Gambar 13.1. Peta Kronologis Penemuan - Ilmu Bumi, Geologi, Hidrologi, Meteorologi, Oseanografi, Dan Kartografi Maritim

Tabel 13.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab XIII

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Ibn Sina dan Pembahasan Pegunungan, Mineral, serta Fosil	Ibn Sina, 980-1037 M	Kitab al-Shifa, bagian al-Tabiiyyat; al-Maadin wa-l-Athar al-Ulwiyya	Membahas pembentukan batuan/mineral, perubahan permukaan bumi, dan penjelasan benda mirip organisme yang ditemukan dalam batu.
Al-Karaji dan Air Tanah serta Qanat	Abu Bakr al-Karaji, ca. 953-ca. 1029 M	Inbat al-Miyah al-Khafiya	Menyusun pengetahuan sistematis tentang pencarian air bawah tanah, kemiringan lahan, survei, dan pembangunan serta pemeliharaan qanat.
Al-Masudi dan Observasi Laut, Iklim, serta Wilayah	Ali al-Masudi, ca. 896-956 M	Muruj al-Dhahab; al-Tanbih wa-l-Ishraf	Menggabungkan perjalanan, laporan pelaut, geografi fisik, sejarah, laut, angin, dan kondisi lingkungan berbagai wilayah.
Zakariya al-Qazwini dan Ensiklopedia Alam	Zakariya al-Qazwini, 1203-1283 M	Aja'ib al-Makhluqat wa Ghara'ib al-Mawjudat; Athar al-Bilad	Mengorganisasi deskripsi makhluk hidup, mineral, atmosfer, geografi, dan fenomena alam dalam bentuk ensiklopedis.

Al-Dimashqi dan Geografi Fisik Dunia Abad Pertengahan	Shams al-Din al-Dimashqi, 1256-1327 M	Nukhbat al-Dahr fi Ajaib al-Barr wa-l-Bahr	Menyusun uraian bumi, laut, iklim, wilayah, tanaman, hewan, dan fenomena alam berdasarkan beragam sumber.
Piri Reis dan Kitab-i Bahriyye	Piri Reis, ca. 1470-1553/1554 M	Kitab-i Bahriyye dan peta dunia Piri Reis	Menggabungkan peta pelabuhan, garis pantai, rute, bahaya navigasi, dan informasi maritim Mediterania dalam atlas-panduan pelayaran.
Seydi Ali Reis dan Kitab al-Muhit	Seydi Ali Reis, 1498-1563 M	Kitab al-Muhit fi Ilm al-Aflak wa-l-Abhur	Menyusun ilmu navigasi Samudra Hindia tentang bintang, kompas, rute, musim angin, pelabuhan, dan kondisi laut.
Matrakci Nasuh dan Representasi Topografi Kota serta Rute	Matrakci Nasuh, ca. 1480-1564 M	Beyan-i Menazil-i Sefer-i Irakeyn	Mengembangkan representasi bergambar rute, kota, bentang alam, dan persinggahan dalam dokumentasi perjalanan militer-administratif Ottoman.
Dari Kosmografi ke Ilmu Bumi: Memisahkan Data, Model, dan Tradisi	Tradisi Islamicate lintas abad, abad ke-9-16 M	Korpus geografi, mineralogi, hidrologi, kosmografi, dan navigasi	Menunjukkan bahwa pengetahuan bumi berkembang melalui pengukuran, perjalanan, rekayasa, kompilasi, dan teori alam yang memiliki tingkat evidensi berbeda.

A. Bumi, Mineral, dan Pembentukan Bentang Alam

Subbab ini membahas a. bumi, mineral, dan pembentukan bentang alam melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ibn Sina dan Pembahasan Pegunungan, Mineral, serta Fosil

Konteks sejarah. Filsafat alam Ibn Sina berusaha menerangkan fenomena bumi melalui sebab material dan proses alamiah dalam kerangka Aristotelian yang dimodifikasi. Pembahasan ini berada di antara mineralogi, meteorologi, dan kosmologi bumi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Shifa, bagian al-Tabiiyyat; al-Maadin wa-l-Athar al-Ulwiyya. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Membahas pembentukan batuan/mineral, perubahan permukaan bumi, dan penjelasan benda mirip organisme yang ditemukan dalam batu. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia menguraikan pembentukan pegunungan melalui proses pengangkatan dan erosi, pembentukan mineral, serta kemungkinan bahwa bentuk mirip hewan atau tumbuhan dalam batu berkaitan dengan material organisme atau daya pembentuk tertentu.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Konsepnya tidak identik dengan tektonik lempeng atau paleontologi modern. Nilainya terletak pada upaya memberi penjelasan prosedural terhadap bentang alam dan material bumi dengan bahasa ilmu alam zamannya. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Al-Karaji dan Air Tanah serta Qanat

Konteks sejarah. Selain matematikawan, al-Karaji menulis tentang problem teknis air di wilayah kering. Qanat memerlukan pemahaman topografi, sifat tanah, sumber air, dan gradien yang cukup agar air mengalir secara gravitasi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Inbat al-Miyah al-Khafiya. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun pengetahuan sistematis tentang pencarian air bawah tanah, kemiringan lahan, survei, dan pembangunan serta pemeliharaan qanat. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Risalahnya membahas tanda-tanda keberadaan air, kualitas tanah dan air, pengukuran ketinggian, pemilihan jalur, penggalian, ventilasi, dan pemeliharaan saluran bawah tanah. Ini memperlihatkan integrasi matematika dengan rekayasa air.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Menyebutnya "hidrogeologi modern" secara penuh akan anahronistik. Namun teksnya merupakan bukti penting penalaran sistematis tentang air tanah dan teknik eksploitasi berkelanjutan pada masa pra-modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

B. Geografi Fisik, Iklim, dan Ensiklopedia Alam

Subbab ini membahas b. geografi fisik, iklim, dan ensiklopedia alam melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Masudi dan Observasi Laut, Iklim, serta Wilayah

Konteks sejarah. Al-Masudi bergerak melalui kawasan luas Samudra Hindia, Timur Tengah, dan Afrika Timur. Karyanya menyatukan sejarah manusia dengan deskripsi ruang fisik dan jaringan laut.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Muruj al-Dhahab; al-Tanbih wa-l-Ishraf. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menggabungkan perjalanan, laporan pelaut, geografi fisik, sejarah, laut, angin, dan kondisi lingkungan berbagai wilayah. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia mencatat karakter laut, rute, angin, wilayah pantai, sumber daya, dan variasi lingkungan. Data tersebut tidak selalu berasal dari pengukuran langsung; sebagian disaring dari pelaut dan sumber tertulis.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Karyanya bukan survei oseanografi modern. Kekuatan historisnya adalah sintesis observasi perjalanan, pengetahuan maritim, dan geografi komparatif dalam skala yang luas. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Zakariya al-Qazwini dan Ensiklopedia Alam

Konteks sejarah. Ensiklopedia alam abad pertengahan menggabungkan observasi, tradisi tekstual, kisah perjalanan, dan kosmologi. Al-Qazwini menjadi salah satu penyusun paling berpengaruh dalam genre tersebut.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Aja'ib al-Makhlukat wa Ghara'ib al-Mawjudat; Athar al-Bilad. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengorganisasi deskripsi makhluk hidup, mineral, atmosfer, geografi, dan fenomena alam dalam bentuk ensiklopedis. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya mengelompokkan benda langit, unsur, meteorologi, mineral, tumbuhan, hewan, dan wilayah. Sebagian informasi bersifat empiris, sebagian bersifat simbolik atau ajaib menurut standar modern, sehingga perlu dibaca lapis demi lapis.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak semua entri dapat diperlakukan sebagai data ilmiah. Nilai historiografisnya justru menunjukkan bagaimana masyarakat abad ke-13 menyusun batas antara pengetahuan alam, geografi, dan tradisi naratif. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Al-Dimashqi dan Geografi Fisik Dunia Abad Pertengahan

Konteks sejarah. Al-Dimashqi menulis dalam tradisi kosmografi-geografi yang berusaha merangkum dunia darat dan laut. Karya tersebut menyatukan informasi matematis, deskriptif, dan ekonomi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Nukhbat al-Dahr fi Ajaib al-Barr wa-l-Bahr*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun uraian bumi, laut, iklim, wilayah, tanaman, hewan, dan fenomena alam berdasarkan beragam sumber. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia membahas pembagian wilayah, iklim, perairan, pulau, gunung, sumber daya, serta ciri flora-fauna. Struktur ensiklopedisnya membantu melihat bagaimana data geografis diklasifikasikan sebelum survei modern.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Seperti banyak kosmografi, keandalan tiap entri berbeda. Penggunaan kritis memerlukan pemisahan antara laporan lapangan, kutipan sumber, tradisi lama, dan unsur literer. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

C. Kartografi dan Sains Maritim Ottoman

Subbab ini membahas c. kartografi dan sains maritim ottoman melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Piri Reis dan Kitab-i Bahriyye

Konteks sejarah. Ekspansi pelayaran Ottoman berlangsung di tengah pertemuan tradisi portolan Mediterania, pengalaman navigator, dan kartografi dari berbagai bahasa. Piri Reis menyusun pengetahuan itu untuk penggunaan maritim.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Kitab-i Bahriyye* dan peta dunia Piri Reis. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menggabungkan peta pelabuhan, garis pantai, rute, bahaya navigasi, dan informasi maritim Mediterania dalam atlas-panduan pelayaran. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. *Kitab-i Bahriyye* memuat ratusan peta kawasan dan uraian tentang pelabuhan, tanjung, pulau, kedalaman atau kondisi perairan, serta petunjuk

pelayaran. Peta dunianya memperlihatkan kompilasi sumber kartografis lintas budaya.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak tepat menyebut peta Piri Reis sebagai bukti teknologi pemetaan yang melampaui zamannya secara misterius. Ia harus dibaca sebagai kompilasi canggih dari sumber dan praktik navigasi awal abad ke-16. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Seydi Ali Reis dan Kitab al-Muhit

Konteks sejarah. Navigator Ottoman di Samudra Hindia berhadapan dengan monsun, arus, jarak besar, dan kebutuhan menggabungkan astronomi dengan pengetahuan lokal pelaut. Seydi Ali Reis menulis dari pengalaman serta sumber Arab-Persia sebelumnya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Muhit fi Ilm al-Aflak wa-l-Abhur. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun ilmu navigasi Samudra Hindia tentang bintang, kompas, rute, musim angin, pelabuhan, dan kondisi laut. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Kitab al-Muhit membahas lingkaran langit, penentuan arah, pembagian kompas, posisi pelabuhan dan pulau, musim angin, serta teknik membaca kondisi maritim. Ia juga merekam warisan navigasi yang terkait dengan Ibn Majid dan Sulaiman al-Mahri.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Karya ini bukan penciptaan dari nol ilmu monsun atau kompas. Kontribusinya adalah sintesis Ottoman yang terdokumentasi dan menjembatani tradisi navigator Samudra Hindia. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Matrakci Nasuh dan Representasi Topografi Kota serta Rute

Konteks sejarah. Kartografi tidak selalu berupa proyeksi matematis. Dalam lingkungan Ottoman, miniatur topografis dapat berfungsi sebagai catatan ruang, rute, dan hubungan lokasi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Beyan-i Menazil-i Sefer-i Irakeyn. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengembangkan representasi bergambar rute, kota, bentang alam, dan persinggahan dalam dokumentasi perjalanan militer-administratif Ottoman. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Nasuh menampilkan kota, sungai, gunung, jalan, bangunan, dan urutan persinggahan dengan gaya yang menggabungkan pandangan denah dan elevasi. Seri gambar tersebut bernilai sebagai dokumentasi geografi sejarah dan morfologi kota.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Gambar Nasuh bukan peta skala seragam dan tidak boleh dinilai dengan standar kartografi koordinat modern. Nilainya ada pada konsistensi dokumentasi rute dan informasi spasial visual. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

D. Pembacaan Kritis Ilmu Bumi Pra-modern

Subbab ini membahas d. pembacaan kritis ilmu bumi pra-modern melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Dari Kosmografi ke Ilmu Bumi: Memisahkan Data, Model, dan Tradisi

Konteks sejarah. Satu istilah "ilmu bumi Islam" mencakup teks yang sangat heterogen: ada pengukuran matematis, manual rekayasa, laporan pelaut, ensiklopedia, dan filsafat alam. Masing-masing membutuhkan metode kritik sumber yang berbeda.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Korpus geografi, mineralogi, hidrologi, kosmografi, dan navigasi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menunjukkan bahwa pengetahuan bumi berkembang melalui pengukuran, perjalanan, rekayasa, kompilasi, dan teori alam yang memiliki tingkat evidensi berbeda. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Data koordinat dapat diuji secara numerik, desain qanat dapat dibandingkan dengan praktik teknik, sedangkan kosmografi perlu dipilah antara observasi, kutipan, dan motif literer. Kerangka ini mencegah pembaca menilai seluruh korpus dengan satu standar tunggal.

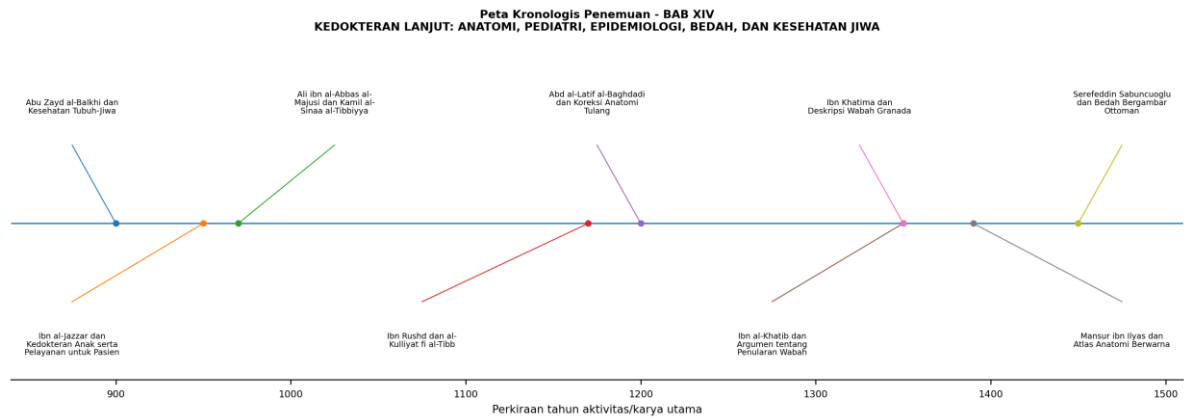
Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tujuan historiografi bukan memaksa semua teks menjadi geologi atau oseanografi modern, melainkan menunjukkan problem apa yang mereka pecahkan, metode apa yang dipakai, dan bagian mana yang dapat diverifikasi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ilmu bumi dalam peradaban Islam terbentuk dari persilangan teori alam, kebutuhan air, perjalanan, pelayaran, administrasi, dan kerajinan peta. Dengan membedakan jenis sumber, kontribusi para sarjana dan navigator dapat dihargai tanpa mengubah kosmografi pra-modern menjadi sains kontemporer secara retrospektif.

BAB XIV

KEDOKTERAN LANJUT: ANATOMI, PEDIATRI, EPIDEMIOLOGI, BEDAH, DAN KESEHATAN JIWA

Bab IV membahas diagnosis, bedah, oftalmologi, farmakologi, dan sirkulasi. Bab ini menambahkan tradisi medis yang belum memperoleh ruang khusus: ensiklopedia sebelum Ibn Sina, pediatri, koreksi anatomi berbasis pengamatan, atlas anatomi, pembacaan wabah, hubungan tubuh-jiwa, dan bedah Ottoman. Pembahasan tidak memproyeksikan bakteriologi, psikiatri, atau anatomi eksperimental modern ke masa yang lebih awal.



Gambar 14.1. Peta Kronologis Penemuan - Kedokteran Lanjut: Anatomi, Pediatri, Epidemiologi, Bedah, Dan Kesehatan Jiwa

Tabel 14.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab XIV

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Ali ibn al-Abbas al-Majusi dan Kamil al-Sinaa al-Tibbiyya	Ali ibn al-Abbas al-Majusi (Haly Abbas), w. ca. 982-994 M	Kitab Kamil al-Sinaa al-Tibbiyya / al-Kitab al-Maliki	Menyusun ensiklopedia kedokteran yang memadukan teori, anatomi, diagnosis, diet, dan terapi sebelum dominasi al-Qanun Ibn Sina.
Ibn al-Jazzar dan Kedokteran Anak serta Pelayanan untuk Pasien	Abu Jafar Ahmad ibn al-Jazzar al-Qayrawani, ca. 898-979 M	Zad al-Musafir; Siyasat al-Sibyan wa Tadbiruhum	Menyusun teks kedokteran praktis termasuk pembahasan penyakit anak dan perawatan yang dapat digunakan di luar pusat rumah sakit besar.
Ibn Rushd dan al-Kulliyat fi al-Tibb	Ibn Rushd (Averroes), 1126-1198 M	al-Kulliyat fi al-Tibb	Menyusun prinsip umum kedokteran yang mencakup anatomi, kesehatan, penyakit, gejala, obat, dan terapi.
Abd al-Latif al-Baghdadi dan Koreksi Anatomi Tulang	Abd al-Latif al-Baghdadi, 1162-1231 M	al-Ifada wa-l-Itibar	Menggunakan pengamatan banyak kerangka manusia untuk mengoreksi beberapa deskripsi anatomi yang diwarisi dari Galen.

Mansur ibn Ilyas dan Atlas Anatomi Berwarna	Mansur ibn Muhammad ibn Ahmad ibn Ilyas, akhir abad ke-14 M	Tashrih-i Mansuri / Kifayat-i Mansuri	Menyusun risalah anatomi Persia dengan diagram tubuh penuh tentang tulang, saraf, otot, vena, arteri, dan organ.
Ibn al-Khatib dan Argumen tentang Penularan Wabah	Lisan al-Din Ibn al-Khatib, 1313-1374 M	Muqniat al-Sail an al-Marad al-Hail	Mengemukakan argumen observasional bahwa wabah dapat berpindah melalui kontak, pakaian, atau lingkungan tertentu.
Ibn Khatima dan Deskripsi Wabah Granada	Ibn Khatima al-Ansari, ca. 1300-ca. 1369 M	Tahsil Gharad al-Qasid fi Tafsil al-Marad al-Wafid	Mendeskripsikan gejala, perjalanan penyakit, dan kemungkinan penularan wabah berdasarkan pengalaman di Almeria.
Abu Zayd al-Balkhi dan Kesehatan Tubuh-Jiwa	Abu Zayd al-Balkhi, 849-934 M	Masalih al-Abdan wa-l-Anfus	Membahas kesehatan fisik dan psikologis sebagai dua ranah yang saling memengaruhi serta menawarkan klasifikasi gangguan emosional menurut kerangka zamannya.
Serefeddin Sabuncuoglu dan Bedah Bergambar Ottoman	Serefeddin Sabuncuoglu, 1385-ca. 1468 M	Cerrahiyyetu-l-Haniyye	Menyusun manual bedah Ottoman berbahasa Turki dengan ilustrasi prosedur dan instrumen yang mengembangkan tradisi al-Zahrawi.

A. Ensiklopedia Klinis dan Kedokteran Keluarga

Subbab ini membahas a. ensiklopedia klinis dan kedokteran keluarga melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ali ibn al-Abbas al-Majusi dan Kamil al-Sinaa al-Tibbiyya

Konteks sejarah. Pada abad ke-10, tradisi medis Arab-Persia menghasilkan kompendium besar yang menata warisan Galenik bersama pengalaman klinis. Al-Majusi menjadi salah satu tokoh penting sebelum Ibn Sina.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab Kamil al-Sinaa al-Tibbiyya / al-Kitab al-Maliki. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun ensiklopedia kedokteran yang memadukan teori, anatomi, diagnosis, diet, dan terapi sebelum dominasi al-Qanun Ibn Sina. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya terbagi antara teori dan praktik, membahas anatomi, fisiologi, penyakit, diagnosis, dietetik, obat, dan terapi. Terjemahan Latinnya dikenal sebagai Liber Regalis dan ikut memasuki pendidikan kedokteran Eropa.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Karya ini tidak boleh dipandang hanya sebagai "pendahulu yang kalah" oleh al-Qanun. Ia memiliki struktur, penekanan, dan sejarah transmisi sendiri yang penting. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ibn al-Jazzar dan Kedokteran Anak serta Pelayanan untuk Pasien

Konteks sejarah. Qayrawan menjadi pusat ilmu kedokteran Afrika Utara. Ibn al-Jazzar menulis karya praktis yang beredar luas dan diterjemahkan ke Latin serta bahasa lain.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Zad al-Musafir; Siyasat al-Sibyan wa Tadbiruhum. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun teks kedokteran praktis termasuk pembahasan penyakit anak dan perawatan yang dapat digunakan di luar pusat rumah sakit besar. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Dalam karya pediatri, ia membahas pemeliharaan anak, gejala, diet, dan penyakit menurut kerangka medis zamannya. Zad al-Musafir menyusun penyakit dari kepala hingga kaki agar mudah digunakan oleh praktisi dan pembaca.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Istilah pediatri modern memiliki standar diagnostik dan fisiologi berbeda. Nilai historis Ibn al-Jazzar adalah pembentukan genre medis terfokus pada kebutuhan anak dan praktik sehari-hari. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ibn Rushd dan al-Kulliyat fi al-Tibb

Konteks sejarah. Ibn Rushd lebih dikenal sebagai filsuf dan ahli hukum, tetapi ia juga menulis kompendium medis. Di Andalusia, al-Kulliyat berdampingan dengan karya klinis Ibn Zuhr yang lebih terfokus.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Kulliyat fi al-Tibb. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun prinsip umum kedokteran yang mencakup anatomi, kesehatan, penyakit, gejala, obat, dan terapi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Buku ini menata prinsip universal kedokteran, sedangkan kasus dan terapi khusus ditempatkan dalam tradisi karya yang lebih praktis. Pasangan pendekatan umum-khusus ini menunjukkan pembagian kerja intelektual dalam kedokteran Andalusia.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak tepat menilai al-Kulliyat hanya dari standar klinis modern. Nilainya terletak pada sistematika epistemik dan transmisi Latin sebagai Colliget. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

B. Anatomi dan Koreksi Berbasis Pengamatan

Subbab ini membahas b. anatomi dan koreksi berbasis pengamatan melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Abd al-Latif al-Baghdadi dan Koreksi Anatomi Tulang

Konteks sejarah. Saat berada di Mesir pada masa kelaparan, Abd al-Latif memiliki kesempatan luar biasa mengamati banyak kerangka manusia. Ia membandingkan temuan tersebut dengan otoritas teks medis.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Ifada wa-l-Itibar. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menggunakan pengamatan banyak kerangka manusia untuk mengoreksi beberapa deskripsi anatomi yang diwarisi dari Galen. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia menyatakan bahwa mandibula manusia merupakan satu tulang, bukan dua, dan mengoreksi deskripsi tertentu tentang sakrum. Peristiwa ini penting karena menunjukkan bahwa otoritas Galen dapat diuji oleh observasi langsung.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Pengamatan kerangka tidak sama dengan program diseksi anatomi modern. Namun contoh ini jelas memperlihatkan praktik koreksi tekstual berdasarkan bukti material. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Mansur ibn Ilyas dan Atlas Anatomi Berwarna

Konteks sejarah. Tradisi anatomi Islam juga berkembang melalui gambar skematis yang membantu pengajaran. Mansur ibn Ilyas menghasilkan salah satu manuskrip anatomi bergambar paling terkenal dari Persia.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Tashrih-i Mansuri / Kifayat-i Mansuri. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun risalah anatomi Persia dengan diagram tubuh penuh tentang tulang, saraf, otot, vena, arteri, dan organ. Penilaian sejarah perlu

mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Serangkaian ilustrasinya menata sistem tubuh dalam figur penuh dengan tujuan pedagogis. Diagram bersifat konseptual dan simbolik, bukan gambar hasil observasi naturalistik seperti atlas anatomi modern.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak semua desain gambar dapat dipastikan sepenuhnya original. Klaim yang aman adalah bahwa risalahnya merupakan salah satu contoh penting dan awal yang masih bertahan dari atlas anatomi tubuh penuh dalam tradisi Islam. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

C. Wabah, Penularan, dan Kesehatan Masyarakat

Subbab ini membahas c. wabah, penularan, dan kesehatan masyarakat melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ibn al-Khatib dan Argumen tentang Penularan Wabah

Konteks sejarah. Wabah Hitam abad ke-14 menimbulkan krisis medis dan teologis besar di Mediterania. Di Granada, Ibn al-Khatib membandingkan pendapat medis dengan pola kasus yang ia lihat dan dengar.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Muqniat al-Sail an al-Marad al-Hail. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengemukakan argumen observasional bahwa wabah dapat berpindah melalui kontak, pakaian, atau lingkungan tertentu. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia menekankan bahwa pengalaman menunjukkan hubungan antara kontak dan sakit serta menyebut bukti dari komunitas yang terisolasi atau barang yang terpapar. Argumennya merupakan salah satu pembelaan jelas atas konsep penularan dalam kerangka pra-mikrobiologi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ia tidak menemukan bakteri penyebab pes dan tidak memiliki teori kuman modern. Menyamakan konsep contagion abad ke-14 dengan mikrobiologi abad ke-19 akan berlebihan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ibn Khatima dan Deskripsi Wabah Granada

Konteks sejarah. Ibn Khatima mengalami epidemi di Andalusia dan menyusun risalah khusus wabah. Ia menggabungkan kerangka medis humoral dengan pengamatan langsung terhadap pasien dan penyebaran penyakit.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Tahsil Gharad al-Qasid fi Tafsil al-Marad al-Wafid. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mendeskripsikan gejala, perjalanan penyakit, dan kemungkinan penularan wabah berdasarkan pengalaman di Almeria. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya membedakan gejala dan fase penyakit serta membahas udara, kontak, dan faktor lingkungan. Ia mencoba menerangkan mengapa sebagian pola penyakit tidak cukup dijelaskan hanya dengan teori umum.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Seperti Ibn al-Khatib, ia bekerja sebelum mikroorganisme diketahui. Kontribusinya terletak pada dokumentasi klinis-epidemiologis pra-modern, bukan pada teori kuman. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

D. Tubuh, Jiwa, dan Bedah Ottoman

Subbab ini membahas d. tubuh, jiwa, dan bedah ottoman melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Abu Zayd al-Balkhi dan Kesehatan Tubuh-Jiwa

Konteks sejarah. Al-Balkhi menulis dalam tradisi adab, kedokteran, dan filsafat yang memandang kesehatan sebagai keseimbangan. Karyanya terkenal karena memberi ruang yang relatif sistematis pada pemeliharaan jiwa.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Masalih al-Abdan wa-l-Anfus. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Membahas kesehatan fisik dan psikologis sebagai dua ranah yang saling memengaruhi serta menawarkan klasifikasi gangguan emosional menurut kerangka zamannya. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia membahas kesedihan, ketakutan, kemarahan, pikiran obsesif, dan cara mengelola respons mental melalui nasihat, kebiasaan, dukungan, dan

penataan pikiran. Beberapa konsep memiliki kemiripan retrospektif dengan pendekatan psikologis modern.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kemiripan tersebut tidak membuat al-Balkhi sebagai perumus CBT atau klasifikasi psikiatri modern. Istilah diagnostik, teori mekanisme, dan bukti klinis kontemporer sangat berbeda. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Serefeddin Sabuncuoglu dan Bedah Bergambar Ottoman

Konteks sejarah. Pada abad ke-15, kedokteran Ottoman menerima dan mengolah warisan Arab-Persia. Sabuncuoglu menulis teks bedah yang berhubungan jelas dengan al-Tasrif tetapi disesuaikan dengan konteks lokal.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Cerrahiyyetu-l-Haniyye. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun manual bedah Ottoman berbahasa Turki dengan ilustrasi prosedur dan instrumen yang mengembangkan tradisi al-Zahrawi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Naskahnya memuat ilustrasi praktisi, pasien, instrumen, dan tindakan bedah serta menambahkan pengalaman tertentu. Gambar membantu menjelaskan posisi dan penggunaan alat secara lebih konkret daripada uraian verbal saja.

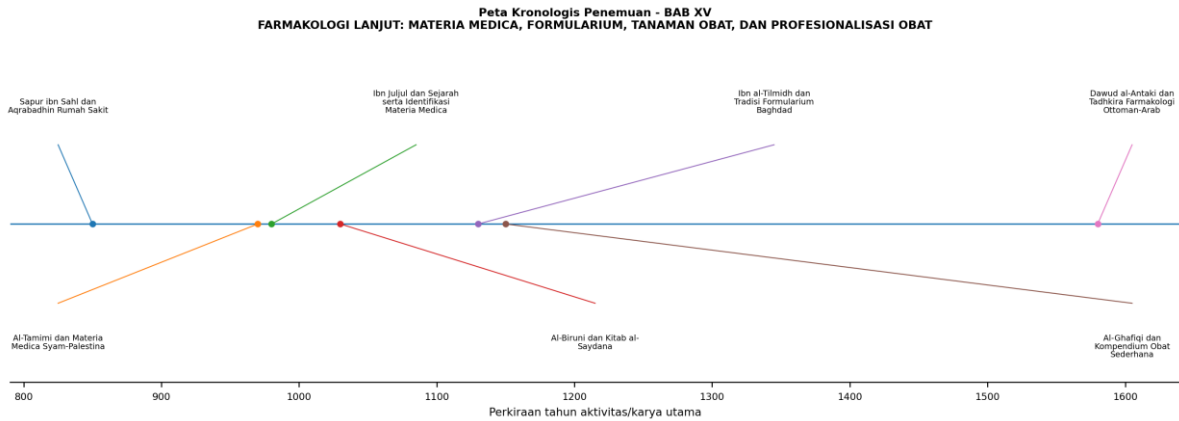
Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Sebutan "buku bedah bergambar pertama" harus dibatasi secara regional dan korpus. Yang aman adalah menempatkannya sebagai manual bedah bergambar utama dalam tradisi Turki-Ottoman. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Kedokteran Islam memiliki jalur yang jauh lebih beragam daripada beberapa ensiklopedia terkenal. Tradisi pediatri, koreksi anatomi, atlas tubuh, observasi wabah, kesehatan jiwa, dan bedah Ottoman menunjukkan bagaimana praktik klinis, teks, gambar, dan pengalaman lokal terus saling mengoreksi.

BAB XV

FARMAKOLOGI LANJUT: MATERIA MEDICA,
FORMULARIUM, TANAMAN OBAT, DAN PROFESIONALISASI
OBAT

Bab IV dan IX telah memuat Ibn Sina, Ibn Wafid, dan Ibn al-Baitar. Bab ini melengkapi rantai farmasi dengan penyusun formularium, leksikografer obat, dan ahli tanaman obat yang belum masuk. Fokus diletakkan pada klasifikasi, identifikasi, standardisasi resep, nama lintas bahasa, dan transmisi pengetahuan; buku ini tidak mereproduksi resep berbahaya atau memberi petunjuk penggunaan obat historis.



Gambar 15.1. Peta Kronologis Penemuan - Farmakologi Lanjut: Materia Medica, Formularium, Tanaman Obat, Dan Profesionalisasi Obat

Tabel 15.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab XV

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Sapur ibn Sahl dan Aqrabadhin Rumah Sakit	Sapur ibn Sahl, w. 869 M	al-Aqrabadhin al-Kabir	Menyusun salah satu formularium Arab awal yang digunakan dalam lingkungan kedokteran dan rumah sakit Abbasiyah.
Ibn al-Tilmidh dan Tradisi Formularium Baghdad	Hibat Allah ibn al-Tilmidh, 1073-1165 M	al-Aqrabadhin al-Kabir dan karya medis	Mengembangkan formularium dan praktik farmasi dalam lingkungan rumah sakit Baghdad abad ke-12.
Al-Biruni dan Kitab al-Saydana	Abu Rayhan al-Biruni, 973-ca. 1050 M	Kitab al-Saydana fi al-Tibb	Menyusun leksikon farmasi yang membandingkan nama bahan obat dalam berbagai bahasa dan tradisi.
Ibn Juljul dan Sejarah serta Identifikasi Materia Medica	Sulayman ibn Hassan Ibn Juljul, ca. 944-setelah 994 M	Tabaqat al-Atibba wa-l-Hukama; tafsir atas materia medica Dioscorides	Membantu menjelaskan nama dan identitas obat dalam tradisi Andalusia serta merekam sejarah dokter.

Al-Ghafiqi dan Kompedium Obat Sederhana	Abu Jafar al-Ghafiqi, w. ca. 1165 M	Kitab fi al-Adwiya al-Mufrada	Menghimpun pengetahuan tentang obat sederhana dari Dioscorides, Galen, dan tradisi Islam dengan tambahan informasi botani serta farmakologis.
Al-Tamimi dan Materia Medica Syam-Palestina	Muhammad ibn Ahmad al-Tamimi al-Muqaddasi, abad ke-10 M	al-Murshid ila Jawahir al-Aghdhiya wa Quwa al-Mufradat	Mencatat bahan obat, makanan, mineral, dan tumbuhan dari lingkungan Syam-Palestina dalam korpus farmakologi.
Dawud al-Antaki dan Tadhkira Farmakologi Ottoman-Arab	Dawud al-Antaki, w. 1599 M	Tadhkirat Uli al-Albab wa-l-Jami lil-Ajab al-Ujab	Menyusun ensiklopedia obat dan materia medica akhir abad ke-16 yang merangkum tradisi Arab-Persia serta pengetahuan regional.

A. Formularium dan Standardisasi Sediaan

Subbab ini membahas a. formularium dan standardisasi sediaan melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Sapur ibn Sahl dan Aqradhahin Rumah Sakit

Konteks sejarah. Profesionalisasi farmasi memerlukan daftar formula, bahan, bentuk sediaan, dan cara penyimpanan yang dapat dipahami dokter serta pembuat obat. Sapur ibn Sahl bekerja dalam lingkungan kedokteran Baghdad.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Aqradhahin al-Kabir. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun salah satu formularium Arab awal yang digunakan dalam lingkungan kedokteran dan rumah sakit Abbasiyah. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Aqradhahin menata obat majemuk menurut jenis dan penggunaan, membantu standardisasi komunikasi antara dokter dan dispensari. Keberadaan formularium memperlihatkan bahwa farmasi berkembang sebagai praktik terspesialisasi di dalam institusi medis.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Formularium historis bukan pedoman terapi masa kini. Bahan, dosis, diagnosis, dan standar keamanan telah berubah; nilainya di sini murni historis dan institusional. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ibn al-Tilmidh dan Tradisi Formularium Baghdad

Konteks sejarah. Ibn al-Tilmidh merupakan dokter dan administrator medis terkemuka di Baghdad. Tradisi formulariumnya menunjukkan kesinambungan standardisasi obat setelah masa Abbasiyah awal.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Aqrabadhin al-Kabir dan karya medis. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengembangkan formularium dan praktik farmasi dalam lingkungan rumah sakit Baghdad abad ke-12. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya mengatur obat majemuk, terminologi, dan pemakaian menurut struktur farmasi pra-modern. Ia juga terlibat dalam jaringan pendidikan yang membuat pengetahuan farmasi dapat diwariskan sebagai profesi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Atribusi setiap formula sering mempunyai sejarah panjang. Kontribusi penyusun formularium terutama pada seleksi, penataan, dan standardisasi, bukan selalu penciptaan bahan obat baru. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

B. Leksikografi dan Identifikasi Bahan Obat

Subbab ini membahas b. leksikografi dan identifikasi bahan obat melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Biruni dan Kitab al-Saydana

Konteks sejarah. Perdagangan obat melintasi Persia, India, Asia Tengah, dan dunia Arab sehingga satu bahan dapat memiliki banyak nama. Kesalahan identifikasi dapat mengganggu terapi dan perdagangan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Saydana fi al-Tibb. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun leksikon farmasi yang membandingkan nama bahan obat dalam berbagai bahasa dan tradisi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Al-Biruni mengumpulkan nama tanaman, mineral, dan bahan obat, memberi sinonim lintas bahasa serta keterangan tentang pemakaian. Karya ini memperlihatkan peran filologi, botani, geografi, dan farmasi secara bersamaan.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Leksikon tidak otomatis memastikan identifikasi botani modern untuk setiap entri. Nama lokal dapat berubah, sehingga korelasi dengan spesies modern harus dilakukan hati-hati. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ibn Juljul dan Sejarah serta Identifikasi Materia Medica

Konteks sejarah. Penerjemahan Dioscorides ke Arab di Cordoba memerlukan bukan hanya bahasa, tetapi juga identifikasi tanaman yang benar di lingkungan lokal. Ibn Juljul terlibat dalam tradisi tersebut.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Tabaqat al-Atibba wa-l-Hukama*; tafsir atas *materia medica* Dioscorides. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Membantu menjelaskan nama dan identitas obat dalam tradisi Andalusia serta merekam sejarah dokter. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia memberi keterangan tentang bahan obat yang sulit dikenali, sinonim lokal, dan informasi sejarah kedokteran. Ini memperlihatkan bahwa farmakologi membutuhkan kerja filologi dan botani lapangan, bukan sekadar penerjemahan kata.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Identifikasi spesies dalam manuskrip abad pertengahan sering tidak pasti. Penilaian modern harus memakai perbandingan nama, deskripsi morfologi, ekologi, dan tradisi naskah. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Al-Ghafiqi dan Kompendium Obat Sederhana

Konteks sejarah. Andalusia memiliki tradisi kuat botani medis. Al-Ghafiqi melakukan kompilasi kritis terhadap sumber lama dan informasi yang berkembang dalam bahasa Arab.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Kitab fi al-Adwiya al-Mufrada*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menghimpun pengetahuan tentang obat sederhana dari Dioscorides, Galen, dan tradisi Islam dengan tambahan informasi botani serta farmakologis. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya menata bahan tanaman dan obat sederhana dengan sinonim serta keterangan sifat dan pemakaian. Ia menjadi salah satu sumber penting yang kemudian dipakai oleh penulis seperti Ibn al-Baitar.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kompilasi tidak berarti semua khasiat yang dilaporkan telah terbukti menurut uji klinis modern. Nilai sejarahnya adalah pengumpulan, verifikasi identitas, dan transmisi pengetahuan *materia medica*. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

C. Ensiklopedia Farmasi Regional

Subbab ini membahas c. ensiklopedia farmasi regional melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Tamimi dan Materia Medica Syam-Palestina

Konteks sejarah. Pengetahuan farmasi sangat lokal karena ketersediaan tanaman dan mineral berbeda antarwilayah. Al-Tamimi membawa pengetahuan regional Levant ke pusat ilmu yang lebih luas.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Murshid ila Jawahir al-Aghdhiya wa Quwa al-Mufradat. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mencatat bahan obat, makanan, mineral, dan tumbuhan dari lingkungan Syam-Palestina dalam korpus farmakologi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya membahas sifat bahan, identifikasi, dan penggunaan menurut teori medis zamannya. Catatan regional semacam ini memperkaya korpus yang sebelumnya sangat bergantung pada nama Yunani dan bahan Mediterania klasik.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Klaim khasiat harus dipisahkan dari bukti farmakologi modern. Dalam buku ini data tersebut digunakan untuk sejarah pengetahuan dan sirkulasi bahan, bukan rekomendasi medis. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Dawud al-Antaki dan Tadhkira Farmakologi Ottoman-Arab

Konteks sejarah. Pada masa Ottoman, farmakologi Arab terus hidup melalui kompendium yang mempertemukan sumber klasik dengan pengalaman lokal. Dawud al-Antaki menjadi salah satu penyusun terkenal fase ini.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Tadhkirat Uli al-Albab wa-l-Jami lil-Ajab al-Ujab. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun ensiklopedia obat dan *materia medica* akhir

abad ke-16 yang merangkum tradisi Arab-Persia serta pengetahuan regional. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Tadhkira memuat nama bahan, sifat menurut teori humoral, penggunaan yang dinisbatkan, dan banyak sinonim. Secara historiografis karya ini berguna untuk menelusuri kesinambungan dan perubahan pengetahuan obat menjelang era modern awal.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Isi terapi historis tidak boleh dipakai sebagai instruksi pengobatan. Banyak bahan belum memiliki evaluasi toksisitas, standardisasi dosis, atau bukti manfaat menurut metode modern. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

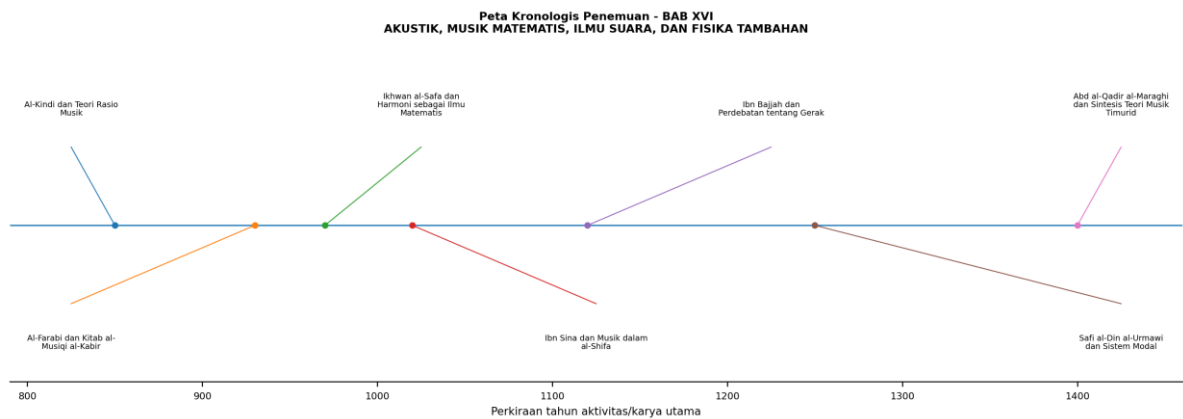
Sejarah farmasi Islam dibangun bukan hanya oleh penemuan zat, tetapi juga oleh pekerjaan yang kurang terlihat: mengidentifikasi bahan, menyamakan nama lintas bahasa, menyusun formularium, mengatur dispensari, dan mengkompilasi pengetahuan regional. Tanpa pekerjaan tersebut, pengetahuan obat sulit ditransmisikan secara konsisten.

BAB XVI

AKUSTIK, MUSIK MATEMATIS, ILMU SUARA, DAN FISIKA

TAMBAHAN

Sejarah sains Islam juga mencakup ilmu suara dan musik matematis, bidang yang berada di persimpangan matematika, fisika, fisiologi pendengaran, dan teori seni. Bab ini menambahkan tokoh yang karya musiknya sering dipisahkan dari sejarah sains. Pembahasan menekankan rasio, interval, getaran, instrumen, dan sistem modal tanpa menyamakan teori musikal abad pertengahan dengan akustik gelombang modern.



Gambar 16.1. Peta Kronologis Penemuan - Akustik, Musik Matematis, Ilmu Suara, Dan Fisika Tambahan

Tabel 16.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab XVI

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Al-Kindi dan Teori Rasio Musik	Yaqub ibn Ishaq al-Kindi, ca. 801-873 M	Risalah-risalah musik al-Kindi	Menggunakan rasio bilangan untuk menjelaskan interval, tangga nada, dan struktur musik dalam tradisi matematika Pythagorean-Arab.
Ikhwan al-Safa dan Harmoni sebagai Ilmu Matematis	Ikhwan al-Safa, abad ke-10 M	Rasail Ikhwan al-Safa, risalah musik	Mengintegrasikan musik, rasio, kosmologi, dan pendidikan dalam ensiklopedia filsafat-matematika.
Al-Farabi dan Kitab al-Musiqi al-Kabir	Abu Nasr al-Farabi, ca. 870-950 M	Kitab al-Musiqi al-Kabir	Menyusun teori musik besar yang menggabungkan filsafat musik, akustik dasar, interval, mode, ritme, dan instrumen.
Ibn Sina dan Musik dalam al-Shifa	Ibn Sina, 980-1037 M	Kitab al-Shifa, bagian Jawami Ilm al-Musiqi	Membahas interval, nada, ritme, dan produksi suara sebagai bagian dari ilmu matematis serta filsafat alam.

Safi al-Din al-Urmawi dan Sistem Modal	Safi al-Din al-Urmawi, ca. 1216-1294 M	Kitab al-Adwar; al-Risala al-Sharafiyya	Menyusun sistem interval, daur nada, dan mode yang sangat berpengaruh dalam teori musik kawasan Islam selama berabad-abad.
Abd al-Qadir al-Maraghi dan Sintesis Teori Musik Timurid	Abd al-Qadir al-Maraghi, ca. 1350-1435 M	Jami al-Alhan; Maqasid al-Alhan	Mengembangkan dan mendokumentasikan teori mode, ritme, instrumen, serta praktik musik pada masa Timurid.
Ibn Bajjah dan Perdebatan tentang Gerak	Ibn Bajjah (Avempace), ca. 1085-1138 M	Komentar fisika Aristoteles	Mengembangkan kritik terhadap penjelasan gerak dan hubungan gaya, medium, serta kecepatan dalam filsafat alam Andalusia.

A. Rasio, Interval, dan Tradisi Awal

Subbab ini membahas a. rasio, interval, dan tradisi awal melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Kindi dan Teori Rasio Musik

Konteks sejarah. Al-Kindi bekerja ketika filsafat dan matematika Yunani diterjemahkan secara intensif. Musik ditempatkan sebagai salah satu ilmu matematis bersama aritmetika, geometri, dan astronomi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Risalah-risalah musik al-Kindi. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menggunakan rasio bilangan untuk menjelaskan interval, tangga nada, dan struktur musik dalam tradisi matematika Pythagorean-Arab. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Risalahnya membahas hubungan panjang dawai, interval, nada, ritme, dan penyeteran. Pendekatan rasio memungkinkan struktur musik dinyatakan secara kuantitatif, walaupun bahasa frekuensi Hertz belum ada.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Rasio panjang dawai bukan teori gelombang lengkap. Kontribusinya adalah matematisasi sistem bunyi dalam kerangka ilmu quadrivium Islam awal. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ikhwan al-Safa dan Harmoni sebagai Ilmu Matematis

Konteks sejarah. Ikhwan al-Safa menyusun ensiklopedia yang memandang ilmu saling terhubung. Musik digunakan sebagai contoh keteraturan rasio dan harmoni.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Rasail Ikhwan al-Safa*, risalah musik. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengintegrasikan musik, rasio, kosmologi, dan pendidikan dalam ensiklopedia filsafat-matematika. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Risalah musik membahas dawai, interval, komposisi nada, ritme, dan hubungan numerik. Ia juga menempatkan pengalaman musik dalam teori jiwa dan kosmos yang khas periode tersebut.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Bagian kosmologis tidak boleh dibaca sebagai akustik empiris modern. Namun pembahasan instrumen dan rasio tetap penting untuk sejarah matematika musik. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

B. Akustik dan Sistem Musik

Subbab ini membahas b. akustik dan sistem musik melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Farabi dan Kitab al-Musiqi al-Kabir

Konteks sejarah. Al-Farabi menguasai filsafat, logika, dan musik. Ia tidak sekadar menerjemahkan teori Yunani, tetapi menyesuaikannya dengan praktik musik yang hidup di lingkungan Arab-Islam.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah *Kitab al-Musiqi al-Kabir*. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun teori musik besar yang menggabungkan filsafat musik, akustik dasar, interval, mode, ritme, dan instrumen. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya membahas pembentukan nada pada dawai, pembagian interval, genus, mode, ritme, dan konstruksi instrumen. Analisis panjang dawai dan persepsi interval menjadikannya sumber penting untuk sejarah akustik dan organologi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Istilah akustik digunakan secara retrospektif. Al-Farabi tidak memiliki teori tekanan gelombang atau spektrum Fourier; namun ia melakukan analisis kuantitatif dan eksperimental terhadap produksi bunyi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ibn Sina dan Musik dalam al-Shifa

Konteks sejarah. Dalam ensiklopedia Ibn Sina, musik memiliki posisi formal dalam matematika sekaligus berhubungan dengan pembahasan suara dan pendengaran.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Shifa, bagian Jawami Ilm al-Musiqa. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Membahas interval, nada, ritme, dan produksi suara sebagai bagian dari ilmu matematis serta filsafat alam. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia menganalisis interval melalui rasio, sistem nada, ritme, dan cara instrumen menghasilkan bunyi. Pembahasan suara terhubung dengan gagasan fisika mengenai gerak medium dan persepsi pendengaran.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Hubungan antara gerak medium dan bunyi belum sama dengan persamaan gelombang modern. Karya ini penting sebagai sintesis matematika-fisika-musik dalam satu sistem pengetahuan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

C. Notasi Modal dan Tradisi Pasca-Abbasiyah

Subbab ini membahas c. notasi modal dan tradisi pasca-abbasiyah melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Safi al-Din al-Urmawi dan Sistem Modal

Konteks sejarah. Pada abad ke-13, teori musik bergerak dari pembahasan rasio umum menuju klasifikasi modal yang lebih rinci. Al-Urmawi mengembangkan sistem yang dapat dinotasikan dan diajarkan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Adwar; al-Risala al-Sharafiyya. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun sistem interval, daur nada, dan mode yang sangat berpengaruh dalam teori musik kawasan Islam selama berabad-abad. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Kitab al-Adwar menata tujuh belas nada dalam oktaf, interval, daur, mode, ritme, dan tanda-tanda notasi tertentu. Karya tersebut menjadi dasar banyak komentar Persia, Arab, dan Ottoman.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Sistem ini tidak sama dengan temperamen dua belas nada modern. Interval dan praktik performanya harus dibaca dalam konteks teori modal abad pertengahan. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Abd al-Qadir al-Maraghi dan Sintesis Teori Musik Timurid

Konteks sejarah. Al-Maraghi mewarisi sistem al-Urmawi tetapi hidup dalam lingkungan musik istana yang berbeda. Karyanya menjadi jembatan penting menuju teori musik Persia dan Ottoman.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Jami al-Alhan; Maqasid al-Alhan. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengembangkan dan mendokumentasikan teori mode, ritme, instrumen, serta praktik musik pada masa Timurid. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia membahas mode, interval, ritme, bentuk, instrumen, dan praktik komposisi, sekaligus mengkritik atau memperluas klasifikasi sebelumnya. Karena itu karyanya penting untuk sejarah perubahan teori dari teks ke praktik.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Tidak semua deskripsi dapat direkonstruksi sebagai bunyi persis tanpa data performa. Manuskrip memberi teori, tetapi praktik lisan selalu memiliki unsur yang tidak sepenuhnya tertulis. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

D. Fisika Gerak Tambahan

Subbab ini membahas d. fisika gerak tambahan melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ibn Bajjah dan Perdebatan tentang Gerak

Konteks sejarah. Ibn Bajjah bekerja dalam tradisi komentar Aristoteles, tetapi beberapa pembahasannya tentang gerak berbeda dari formulasi yang dominan dan kemudian dibaca oleh Ibn Rushd serta pemikir Latin.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Komentar fisika Aristoteles. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengembangkan kritik terhadap penjelasan gerak dan hubungan gaya, medium, serta kecepatan dalam filsafat alam Andalusia. Penilaian sejarah perlu

mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia menganalisis bagaimana medium memengaruhi gerak dan mempertimbangkan kasus gerak tanpa hambatan medium secara konseptual. Diskusi ini penting dalam sejarah mekanika pra-modern karena menunjukkan bahwa dinamika Aristotelian terus diperdebatkan.

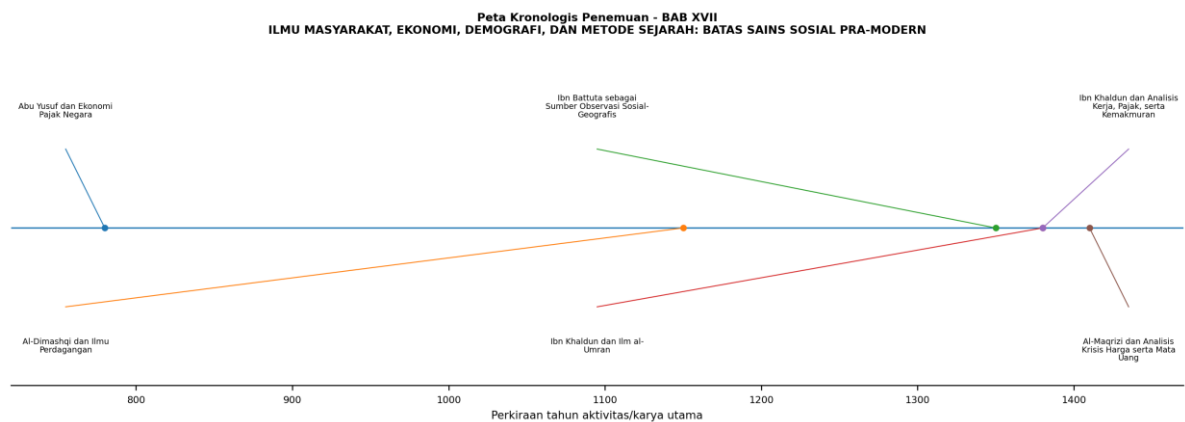
Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Menyebutnya penemu hukum inersia akan terlalu jauh. Konsep gaya, massa, dan percepatan modern belum tersedia; kontribusinya adalah kritik filosofis terhadap mekanika yang diwarisi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ilmu suara menunjukkan batas modern antara sains dan seni tidak selalu cocok untuk abad pertengahan. Para sarjana Muslim menganggap musik sebagai problem matematika, fisika, persepsi, dan praktik instrumen. Membacanya bersama perdebatan gerak memperluas gambaran fisika Islam di luar optik dan hidrostatika.

BAB XVII

ILMU MASYARAKAT, EKONOMI, DEMOGRAFI, DAN METODE SEJARAH: BATAS SAINS SOSIAL PRA-MODERN

Istilah sains dalam buku ini terutama merujuk pada matematika, ilmu alam, kedokteran, dan rekayasa. Namun sejumlah sarjana dalam peradaban Islam juga membangun metode sistematis untuk menilai masyarakat, ekonomi, harga, pajak, kota, dan laporan sejarah. Bab ini memasukkan kontribusi tersebut dengan batas yang tegas: mereka tidak identik dengan sosiologi, ekonomi, atau demografi modern, tetapi menunjukkan penalaran empiris dan kausal tentang kehidupan sosial.



Gambar 17.1. Peta Kronologis Penemuan - Ilmu Masyarakat, Ekonomi, Demografi, Dan Metode Sejarah: Batas Sains Sosial Pra-Modern

Tabel 17.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab XVII

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Ibn Khaldun dan Ilm al-Umran	Ibn Khaldun, 1332-1406 M	al-Muqaddima	Merumuskan studi sistematis tentang organisasi sosial, solidaritas kelompok, negara, kota, ekonomi, pendidikan, dan perubahan dinasti.
Ibn Khaldun dan Analisis Kerja, Pajak, serta Kemakmuran	Ibn Khaldun, 1332-1406 M	al-Muqaddima, bagian ekonomi dan negara	Menghubungkan kerja, pembagian pekerjaan, pasar, pajak, pendapatan negara, dan dinamika kota dalam teori sosial yang saling terkait.
Al-Maqrizi dan Analisis Krisis Harga serta Mata Uang	Taqi al-Din al-Maqrizi, 1364-1442 M	Ighathat al-Umma bi-Kashf al-Ghumma	Menganalisis kelaparan, kenaikan harga, kebijakan, pasokan, dan perubahan kualitas mata uang di Mesir Mamluk.
Al-Dimashqi dan Ilmu Perdagangan	Abu al-Fadl Jafar al-Dimashqi, abad ke-12 M	al-Ishara ila Mahasin al-Tijara	Membahas perdagangan, jenis kekayaan, kualitas barang, laba, pembagian kerja, dan perilaku pedagang.

Abu Yusuf dan Ekonomi Pajak Negara	Abu Yusuf Yaqub ibn Ibrahim, 731-798 M	Kitab al-Kharaj	Menyusun argumentasi hukum-administratif tentang pajak tanah, pendapatan negara, irigasi, dan kesejahteraan petani.
Ibn Battuta sebagai Sumber Observasi Sosial-Geografis	Ibn Battuta, 1304-ca. 1368/1369 M	al-Rihla / Tuhfat al-Nuzzar	Merekam kota, jaringan perjalanan, lembaga, perdagangan, adat, dan lingkungan dari Afrika hingga Asia sebagai sumber komparatif.

A. Kritik Sumber dan Ilmu Masyarakat

Subbab ini membahas a. kritik sumber dan ilmu masyarakat melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Ibn Khaldun dan Ilm al-Umran

Konteks sejarah. Ibn Khaldun menulis setelah pengalaman panjang dalam politik Maghrib dan Andalusia. Ia menilai banyak kronik memuat laporan yang tidak mungkin secara sosial atau ekonomi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Muqaddima. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Merumuskan studi sistematis tentang organisasi sosial, solidaritas kelompok, negara, kota, ekonomi, pendidikan, dan perubahan dinasti. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Dalam al-Muqaddima ia mengusulkan pengujian berita berdasarkan sifat masyarakat, produksi, demografi, kekuasaan, dan kebiasaan. Konsep *asabiyya* digunakan untuk menjelaskan pembentukan dan perubahan dinasti dalam pola kausal, bukan sekadar urutan raja.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Menyebut Ibn Khaldun "pendiri tunggal sosiologi" menyederhanakan sejarah disiplin modern. Yang dapat dipastikan adalah klaim eksplisitnya tentang ilmu baru mengenai organisasi manusia dan metode kritik sejarah yang sangat sistematis. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ibn Khaldun dan Analisis Kerja, Pajak, serta Kemakmuran

Konteks sejarah. Ekonomi bagi Ibn Khaldun merupakan bagian dari ilmu masyarakat. Ia mengamati bagaimana produksi perkotaan, spesialisasi, kekuasaan, dan beban pajak memengaruhi kemakmuran.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Muqaddima, bagian ekonomi dan negara. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menghubungkan kerja, pembagian pekerjaan, pasar, pajak, pendapatan negara, dan dinamika kota dalam teori sosial yang saling terkait. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia membahas nilai yang berkaitan dengan kerja, manfaat pembagian kerja, pertumbuhan pasar kota, serta kemungkinan beban pajak yang berlebihan mengurangi aktivitas ekonomi. Hubungan ini digunakan untuk menjelaskan siklus fiskal-dinasti.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Kesamaan dengan konsep ekonomi modern seperti kurva Laffer tidak membuktikan identitas teori. Variabel, metode kuantitatif, dan konteks negara modern sangat berbeda. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

B. Harga, Uang, dan Krisis

Subbab ini membahas b. harga, uang, dan krisis melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Al-Maqrizi dan Analisis Krisis Harga serta Mata Uang

Konteks sejarah. Al-Maqrizi menyaksikan krisis ekonomi dan wabah di Mesir. Sebagai sejarawan, ia mengumpulkan kronologi harga, kebijakan, mata uang, dan kondisi produksi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Ighathat al-Umma bi-Kashf al-Ghumma. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menganalisis kelaparan, kenaikan harga, kebijakan, pasokan, dan perubahan kualitas mata uang di Mesir Mamluk. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia menghubungkan kelangkaan, administrasi, korupsi, perubahan uang tembaga, dan tekanan fiskal dengan kesulitan masyarakat. Walaupun kerangka moneterinya pra-modern, karya ini memperlihatkan analisis sebab-akibat terhadap krisis ekonomi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Istilah inflasi modern harus digunakan dengan hati-hati. Pasar, sistem moneter, data harga, dan bank sentral masa kini sangat berbeda dari Mesir Mamluk. Catatan ini tidak mengecilkan arti

kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Al-Dimashqi dan Ilmu Perdagangan

Konteks sejarah. Kota-kota Islam abad pertengahan memiliki pasar lintas wilayah yang kompleks. Literatur perdagangan memberi panduan etis sekaligus analisis tentang barang dan keuntungan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Ishara ila Mahasin al-Tijara. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Membahas perdagangan, jenis kekayaan, kualitas barang, laba, pembagian kerja, dan perilaku pedagang. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Al-Dimashqi mengklasifikasikan kekayaan, membahas nilai guna, perdagangan, spesialisasi, dan cara menilai kualitas komoditas. Teks ini merupakan sumber penting untuk memahami teori ekonomi praktis pedagang pra-modern.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Ia bukan ekonomi matematis modern dan tujuannya juga normatif. Kontribusinya terletak pada klasifikasi dan refleksi sistematis atas aktivitas pasar. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

C. Pajak, Administrasi, dan Data Wilayah

Subbab ini membahas c. pajak, administrasi, dan data wilayah melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Abu Yusuf dan Ekonomi Pajak Negara

Konteks sejarah. Sebagai qadi utama Abbasiyah, Abu Yusuf menanggapi problem fiskal negara yang luas. Kitab al-Kharaj menggabungkan norma hukum dengan pertimbangan produksi dan administrasi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Kitab al-Kharaj. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menyusun argumentasi hukum-administratif tentang pajak tanah, pendapatan negara, irigasi, dan kesejahteraan petani. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia membahas beban pajak, pemeliharaan saluran, lahan pertanian, pungutan, dan tanggung jawab penguasa. Beberapa argumennya memperlihatkan kesadaran bahwa sistem pajak yang merusak produksi akhirnya merugikan negara.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Teks ini terutama karya fikih-administrasi, bukan ilmu ekonomi empiris dalam pengertian modern. Ia dimasukkan karena memuat analisis kausal tentang fiskal dan produksi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ibn Battuta sebagai Sumber Observasi Sosial-Geografis

Konteks sejarah. Perjalanan Ibn Battuta berlangsung selama puluhan tahun dan kemudian didiktekan kepada Ibn Juzayy. Rihla menjadi sumber kaya untuk masyarakat abad ke-14.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah al-Rihla / Tuhfat al-Nuzzar. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Merekam kota, jaringan perjalanan, lembaga, perdagangan, adat, dan lingkungan dari Afrika hingga Asia sebagai sumber komparatif. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Catatannya memungkinkan perbandingan institusi, rute, pelabuhan, mata uang, adat, iklim, dan kehidupan kota. Sebagai data sejarah, kekuatannya terletak pada keluasan jaringan yang diamati.

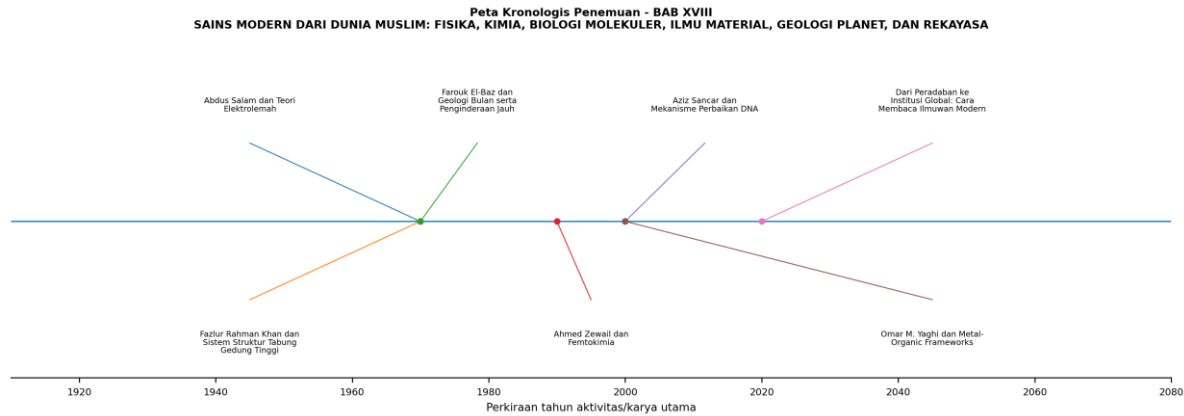
Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Rihla bukan catatan lapangan modern dan beberapa bagian mengandung masalah kronologi, penyuntingan, atau ketergantungan pada sumber lain. Setiap klaim harus diperiksa silang. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Bab ini menunjukkan adanya tradisi penalaran sosial yang menggunakan kritik sumber, pengalaman administratif, data harga, perjalanan, dan teori sebab-akibat. Posisi akademiknya paling kuat jika tidak dipaksakan sebagai salinan awal disiplin modern, melainkan dibaca sebagai sejarah metode untuk memahami masyarakat.

BAB XVIII

SAINS MODERN DARI DUNIA MUSLIM: FISIKA, KIMIA, BIOLOGI MOLEKULER, ILMU MATERIAL, GEOLOGI PLANET, DAN REKAYASA

Judul buku “dari masa ke masa” akan kurang lengkap jika berhenti pada era pra-modern. Bab ini menambahkan sejumlah ilmuwan modern yang lahir atau memiliki keterkaitan biografis kuat dengan masyarakat yang secara historis menjadi bagian dari dunia Muslim. Kategori ini digunakan secara geografis-historis, bukan untuk menebak identitas keagamaan pribadi. Capaian dinilai melalui karya ilmiah dan lembaga penghargaan modern, bukan melalui narasi kejayaan peradaban.



Gambar 18.1. Peta Kronologis Penemuan - Sains Modern Dari Dunia Muslim: Fisika, Kimia, Biologi Molekuler, Ilmu Material, Geologi Planet, Dan Rekayasa

Tabel 18.1. Ringkasan Penemuan Utama Bab XVIII

Penemuan/Topik	Tokoh/Periode	Sumber Utama	Inti Kontribusi
Abdus Salam dan Teori Elektromah	Abdus Salam, 1926-1996 M	Karya teori gauge elektromah; Fisika 1979	Bersama Sheldon Glashow dan Steven Weinberg mengembangkan kerangka unifikasi interaksi elektromagnetik dan lemah yang menjadi bagian Model Standar.
Ahmed Zewail dan Femtokimia	Ahmed H. Zewail, 1946-2016 M	Eksperimen spektroskopi femtosekon; Kimia 1999	Mengembangkan pengamatan dinamika reaksi kimia pada skala femtosekon sehingga keadaan transisi dapat dipelajari secara waktu nyata.
Aziz Sancar dan Mekanisme Perbaikan DNA	Aziz Sancar, lahir 1946 M	Studi nucleotide excision repair; Nobel Kimia 2015	Memetakan mekanisme molekuler perbaikan DNA, khususnya nucleotide excision repair, dan hubungan enzim-enzim yang memperbaiki kerusakan akibat lingkungan.

Omar M. Yaghi dan Metal-Organic Frameworks	Omar M. Yaghi, lahir 1965 M	Karya metal-organic frameworks; Nobel Kimia 2025	Mengembangkan kerangka metal-organik yang stabil, dapat dirancang secara rasional, dan memiliki pori teratur untuk adsorpsi serta pemisahan molekul.
Fazlur Rahman Khan dan Sistem Struktur Tabung Gedung Tinggi	Fazlur Rahman Khan, 1929-1982 M	Karya rekayasa struktur di SOM; sistem framed tube, trussed tube, bundled tube	Mengembangkan dan menerapkan keluarga sistem struktur tabung yang meningkatkan efisiensi gedung sangat tinggi terhadap beban lateral.
Farouk El-Baz dan Geologi Bulan serta Penginderaan Jauh	Farouk El-Baz, lahir 1938 M	Karya program Apollo, pemetaan geologi Bulan, dan penginderaan jauh	Berkontribusi pada pemetaan geologi Bulan, pemilihan/analisis target observasi Apollo, pelatihan geologi astronaut, dan penggunaan penginderaan jauh untuk ilmu bumi.
Dari Peradaban ke Institusi Global: Cara Membaca Ilmuwan Modern	Komunitas ilmiah internasional, abad ke-20-21 M	Artikel ilmiah, arsip institusi, Nobel Prize, NASA, lembaga teknik	Menunjukkan perubahan unit analisis dari patronase istana dan manuskrip menuju universitas, laboratorium, jurnal, kolaborasi internasional, dan mega-proyek.

A. Fisika dan Kimia Fisik

Subbab ini membahas a. fisika dan kimia fisik melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Abdus Salam dan Teori Elektrolemah

Konteks sejarah. Fisika partikel abad ke-20 menghadapi dua interaksi yang tampak berbeda: elektromagnetisme dan gaya lemah. Teori gauge dan simetri spontan memberi bahasa untuk menyatukan keduanya.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Karya teori gauge elektrolemah; Nobel Fisika 1979. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Bersama Sheldon Glashow dan Steven Weinberg mengembangkan kerangka unifikasi interaksi elektromagnetik dan lemah yang menjadi bagian Model Standar. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Kerangka elektrolemah memprediksi struktur arus lemah dan boson perantara yang kemudian mendapat dukungan eksperimen. Nobel Fisika 1979 diberikan kepada Glashow, Salam, dan Weinberg atas kontribusi teori tersebut.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Pencapaian ini adalah kerja komunitas internasional dan bergantung pada banyak pendahulu serta eksperimen. Narasi tidak boleh menghapus kontribusi kolaborator atau menjadikannya produk satu bangsa. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Ahmed Zewail dan Femtokimia

Konteks sejarah. Reaksi kimia berlangsung sangat cepat sehingga mekanisme ikatan putus-terbentuk lama hanya dapat disimpulkan dari keadaan awal dan akhir. Laser ultracepat membuka jendela waktu yang lebih kecil.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Eksperimen spektroskopi femtosekon; Nobel Kimia 1999. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengembangkan pengamatan dinamika reaksi kimia pada skala femtosekon sehingga keadaan transisi dapat dipelajari secara waktu nyata. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Zewail menggunakan pulsa femtosekon untuk mengikuti evolusi molekul selama reaksi. Pendekatan ini membentuk bidang femtokimia dan menghubungkan struktur molekul dengan dinamika reaksi.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Istilah "memotret reaksi" adalah metafora pedagogis. Eksperimen mengukur respons spektroskopi dan merekonstruksi dinamika; ia bukan kamera optik biasa. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

B. Biologi Molekuler dan Perbaikan DNA

Subbab ini membahas b. biologi molekuler dan perbaikan dna melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Aziz Sancar dan Mekanisme Perbaikan DNA

Konteks sejarah. Sel terus mengalami kerusakan DNA dan memerlukan sistem enzimatik agar informasi genetik tetap stabil. Sancar meneliti langkah-langkah biokimia dan struktur sistem perbaikan tersebut.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Studi nucleotide excision repair; Nobel Kimia 2015. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Memetakan mekanisme molekuler perbaikan DNA, khususnya nucleotide excision repair, dan hubungan enzim-enzim yang

memperbaiki kerusakan akibat lingkungan. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Karyanya menjelaskan bagaimana bagian DNA yang rusak dikenali, dipotong, disintesis ulang, dan disambung kembali dalam jalur tertentu. Nobel Kimia 2015 mengakui mekanisme perbaikan DNA bersama Tomas Lindahl dan Paul Modrich.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Perbaikan DNA terdiri atas banyak jalur dan banyak kelompok penelitian. Kontribusi Sancar paling tepat dijelaskan melalui mekanisme spesifik yang ia petakan, bukan sebagai penemuan tunggal seluruh bidang. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

C. Ilmu Material dan Kimia Retikular

Subbab ini membahas c. ilmu material dan kimia retikular melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Omar M. Yaghi dan Metal-Organic Frameworks

Konteks sejarah. Kimia material berpori mencari struktur dengan rongga yang dapat diubah ukuran dan sifat kimianya. Yaghi mengembangkan prinsip kimia retikular yang menghubungkan unit bangunan menjadi jaringan terprediksi.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Karya metal-organic frameworks; Nobel Kimia 2025. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengembangkan kerangka metal-organik yang stabil, dapat dirancang secara rasional, dan memiliki pori teratur untuk adsorpsi serta pemisahan molekul. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. MOF dapat dirancang dari ion atau kluster logam dan penghubung organik. Variasi komponen menghasilkan porositas dan fungsi berbeda, termasuk penangkapan gas, katalisis, pemisahan, dan pemanenan air. Nobel Kimia 2025 mengakui pengembangan MOF bersama Susumu Kitagawa dan Richard Robson.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. MOF berkembang dari banyak laboratorium dan pendahulu. Penghargaan Nobel sendiri menempatkan Yaghi sebagai salah satu dari tiga laureat, sehingga narasi harus mempertahankan sifat kolaboratif bidang. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru

pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

D. Rekayasa Struktur dan Geologi Planet

Subbab ini membahas d. rekayasa struktur dan geologi planet melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Fazlur Rahman Khan dan Sistem Struktur Tabung Gedung Tinggi

Konteks sejarah. Pertumbuhan gedung tinggi abad ke-20 memerlukan struktur yang lebih efisien daripada rangka konvensional ketika angin menjadi beban dominan. Komputasi struktur juga mulai memungkinkan analisis tiga dimensi yang lebih baik.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Karya rekayasa struktur di SOM; sistem framed tube, trussed tube, bundled tube. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Mengembangkan dan menerapkan keluarga sistem struktur tabung yang meningkatkan efisiensi gedung sangat tinggi terhadap beban lateral. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Khan memperlakukan perimeter gedung sebagai tabung struktural, lalu mengembangkan framed tube, trussed tube, dan bundled tube. Sistem tersebut dipakai pada bangunan ikonik seperti John Hancock Center dan Sears/Willis Tower serta memengaruhi desain pencakar langit modern.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Inovasi lahir dalam tim arsitek-insinyur dan konteks perusahaan. Kontribusi Khan sangat besar, tetapi desain bangunan tidak boleh dinarasikan sebagai karya seorang insinyur tanpa kolaborator. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Farouk El-Baz dan Geologi Bulan serta Penginderaan Jauh

Konteks sejarah. Program Apollo membutuhkan kolaborasi geologi, fotografi, kartografi, dan operasi penerbangan. El-Baz bekerja pada analisis permukaan Bulan dan interpretasi citra orbital.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Karya program Apollo, pemetaan geologi Bulan, dan penginderaan jauh. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Berkontribusi pada pemetaan geologi Bulan, pemilihan/analisis target observasi Apollo, pelatihan geologi

astronaut, dan penggunaan penginderaan jauh untuk ilmu bumi. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Ia terlibat dalam penyusunan informasi geologi untuk observasi dari orbit dan kemudian mengembangkan aplikasi penginderaan jauh bagi gurun serta sumber daya bumi. Karyanya menunjukkan kontinuitas antara geologi planet dan observasi bumi berbasis citra.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Program Apollo adalah proyek kolektif NASA dan komunitas sains yang sangat besar. Kontribusi individual harus ditempatkan dalam jaringan tim, misi, dan institusi. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

E. Jembatan Historiografis ke Sains Global

Subbab ini membahas e. jembatan historiografis ke sains global melalui beberapa penemuan yang memiliki masalah, sumber, dan teknik berbeda. Urutan pembahasan dibuat untuk memperlihatkan perkembangan gagasan tanpa menganggap bahwa semua hasil muncul sekaligus atau berasal dari satu tokoh.

Dari Peradaban ke Institusi Global: Cara Membaca Ilmuwan Modern

Konteks sejarah. Jika bab pra-modern sering mengikuti kota, patron, manuskrip, dan instrumen, sains modern beroperasi melalui institusi global dengan pembagian kerja sangat besar. Afiliasi nasional atau budaya tidak cukup menjelaskan asal sebuah temuan.

Sumber dan bukti. Sumber utama yang digunakan untuk menelusuri kontribusi ini adalah Artikel ilmiah, arsip institusi, Nobel Prize, NASA, lembaga teknik. Dari sumber tersebut tampak inti kontribusinya: Menunjukkan perubahan unit analisis dari patronase istana dan manuskrip menuju universitas, laboratorium, jurnal, kolaborasi internasional, dan mega-proyek. Penilaian sejarah perlu mendahulukan isi naskah, artefak, data observasi, atau publikasi ilmiah sebelum memakai label modern.

Substansi ilmiah. Teori elektrolemah, femtokimia, perbaikan DNA, MOF, rekayasa gedung tinggi, dan geologi planet dibangun melalui jaringan lintas negara, peralatan mahal, peer review, dan reproduksi hasil. Ini mengubah cara istilah "penemuan" harus dipakai.

Catatan historiografis. Batas klaim historiografis. Mengelompokkan ilmuwan modern sebagai "dari dunia Muslim" tidak boleh berubah menjadi klaim bahwa sains mereka berasal dari satu tradisi agama. Kategori tersebut hanya membantu

kesinambungan geografis-historis judul buku. Catatan ini tidak mengecilkan arti kontribusinya; justru pembatasan klaim pada bukti yang dapat ditelusuri membuat posisi sejarahnya lebih kuat.

Dengan memasukkan sains modern, narasi “dari masa ke masa” menjadi lebih utuh sekaligus lebih kompleks. Identitas peradaban tidak menggantikan mekanisme sains global: karya modern lahir dari universitas, kolaborasi lintas negara, laboratorium, jurnal, dan eksperimen yang dapat diuji. Karena itu warisan sejarah paling produktif bukan klaim kepemilikan, melainkan kesinambungan budaya riset yang kritis.

LATIHAN SOAL DAN PEMBAHASAN

Dua puluh soal berikut menguji kemampuan mengingat fakta, menjelaskan prinsip, membedakan klaim historis, dan menilai hubungan antartradisi. Pembahasan sengaja disusun cukup rinci agar dapat digunakan sebagai bahan belajar mandiri.

1. Jelaskan mengapa al-Khwarizmi penting dalam sejarah aljabar tanpa menyebutnya sebagai pencipta seluruh aljabar.

Pembahasan. Al-Khwarizmi penting karena menyistematiskan enam bentuk persamaan linear dan kuadrat, menjelaskan operasi al-jabr serta al-muqabala, dan memberi pembuktian geometris. Aljabar telah memiliki akar Babilonia, Yunani, dan India; kebaruan al-Khwarizmi terletak pada penyusunan disiplin dan prosedur yang koheren dalam sebuah traktat.

2. Apa perbedaan antara kontribusi al-Khwarizmi pada aritmetika dan asal sistem angka Hindu-Arab?

Pembahasan. Sistem angka posisi dan banyak unsur notasinya berkembang di India. Al-Khwarizmi mempelajari dan menyebarkan teknik hisab al-Hind dalam bahasa Arab. Tradisi Latin kemudian mengenal metode tersebut melalui karya yang terkait dengan namanya, sehingga lahir istilah algorismus/algorithm. Kontribusi utamanya adalah transmisi, sistematisasi, dan prosedur, bukan penciptaan digit 0-9 dari nol.

3. Bagaimana Omar Khayyam menyelesaikan persamaan kubik?

Pembahasan. Khayyam mengklasifikasikan jenis persamaan kubik dan menyelesaikan banyak kelas melalui perpotongan irisan kerucut seperti parabola, lingkaran, dan hiperbola. Solusi itu bersifat geometris, bukan rumus simbolik umum sebagaimana yang baru muncul di Eropa abad ke-16.

4. Mengapa astrolab penting tetapi tidak tepat disebut penemuan asli peradaban Islam?

Pembahasan. Astrolab memiliki akar Helenistik. Sarjana dan pengrajin di dunia Islam mengembangkan teori, desain, penggunaan, ragam universal, skala, dan literatur instruksinya secara sangat luas. Jadi kontribusi Islam bersifat pengembangan dan ekspansi teknologi, bukan penciptaan awal alat.

5. Jelaskan inti Tusi couple.

Pembahasan. Tusi couple menggabungkan dua gerak melingkar seragam dengan arah berlawanan sehingga titik tertentu menghasilkan gerak bolak-balik linear. Perangkat geometri ini digunakan dalam reformasi model planet untuk menghindari beberapa kesulitan perangkat ekuant Ptolemeus.

6. Apa kekuatan metode al-Biruni untuk menaksir jari-jari bumi?

Pembahasan. Metodenya memungkinkan pengukuran dilakukan dari satu kawasan dengan menggabungkan tinggi gunung dan sudut depresi horizon. Secara geometri, data itu dapat dihubungkan dengan jari-jari bumi. Kekuatan metode terletak pada integrasi survei, trigonometri, dan observasi; kelemahannya adalah sensitivitas terhadap galat sudut kecil dan refraksi.

7. Bagaimana al-Razi membedakan cacar dan campak?

Pembahasan. Al-Razi membandingkan gejala, perjalanan penyakit, demam, dan karakter perubahan kulit. Nilai historisnya terletak pada deskripsi klinis diferensial. Ia belum mengetahui virus atau mekanisme imunologi modern, sehingga kontribusinya harus dibaca sebagai observasi klinis, bukan mikrobiologi.

8. Mengapa al-Zahrawi penting dalam sejarah bedah?

Pembahasan. Bagian bedah al-Tasrif menghubungkan deskripsi prosedur dengan ilustrasi instrumen. Hal itu membantu transmisi pengetahuan teknik dan memengaruhi tradisi bedah Latin. Beberapa alat memiliki kemiripan dengan bentuk modern, tetapi setiap garis keturunan alat harus dibuktikan melalui naskah dan penggunaan historis.

9. Apa temuan utama Ibn al-Nafis mengenai sirkulasi pulmoner?

Pembahasan. Ibn al-Nafis menolak gagasan pori-pori tak terlihat pada septum jantung. Ia menjelaskan bahwa darah bergerak dari sisi kanan jantung menuju paru-paru lalu kembali ke sisi kiri. Uraian ini merupakan tonggak penting sejarah fisiologi sirkulasi, meskipun pemahaman lengkap sirkulasi sistemik berkembang kemudian.

10. Bagaimana teori penglihatan Ibn al-Haytham berbeda dari teori emisi sederhana?

Pembahasan. Ibn al-Haytham menempatkan cahaya dari objek sebagai dasar penglihatan. Ia menggabungkan geometri sinar, sifat cahaya, anatomi mata, dan eksperimen untuk menjelaskan bahwa mata menerima cahaya. Ini berbeda dari model bahwa mata memancarkan sinar aktif yang menyentuh benda.

11. Apa arti historis eksperimen camera obscura?

Pembahasan. Camera obscura menunjukkan bahwa sinar bergerak lurus dan berkas dari bagian berbeda objek dapat membentuk citra teratur setelah melewati aperture kecil. Bagi sejarah optik, eksperimen ini memberi pembuktian visual atas perambatan cahaya dan menjadi salah satu prinsip yang kelak dipakai dalam teknologi pencitraan.

12. Mengapa hukum pembiasan Ibn Sahl harus dijelaskan hati-hati dengan notasi modern?

Pembahasan. Konstruksi Ibn Sahl secara matematis setara dengan relasi pembiasan yang kemudian dinyatakan sebagai hukum Snell. Namun ia tidak

memakai konsep indeks bias dan notasi sinus modern seperti sekarang. Notasi modern membantu pembaca memahami relasi, tetapi tidak boleh diproyeksikan sebagai istilah asli teks.

13. Apa yang dimaksud tradisi laboratorium Jabirian?

Pembahasan. Istilah ini merujuk pada korpus karya yang dinisbatkan kepada Jabir dan memuat teori serta prosedur seperti distilasi, sublimasi, kalsinasi, dan kristalisasi. Karena atribusi dan penanggalan sebagian teks diperdebatkan, sejarawan sering memakai istilah korpus Jabirian agar tidak menyamakan seluruh bahan dengan satu penulis yang pasti.

14. Mengapa klaim bahwa Jabir menemukan semua asam kuat perlu dikoreksi?

Pembahasan. Sejarah asam mineral melibatkan teks Arab, proses laboratorium, dan karya Latin Pseudo-Geber yang berasal dari masa berbeda. Beberapa klaim populer mencampur sumber tersebut. Karena itu, penemuan harus dilacak menurut manuskrip, penanggalan, dan deskripsi prosedur, bukan hanya nama Geber/Jabir.

15. Apa perbedaan geografi al-Idrisi dengan geodesi al-Biruni?

Pembahasan. Al-Idrisi terutama menyusun sintesis kartografi dan deskripsi wilayah melalui laporan geografis, sedangkan al-Biruni mengembangkan pengukuran matematis bentuk bumi, koordinat, jarak, dan hubungan astronomi-geodesi. Keduanya sama-sama geografi ilmiah, tetapi problem dan metodenya berbeda.

16. Bagaimana perangkat Banu Musa menunjukkan prinsip otomatisasi?

Pembahasan. Perangkat Banu Musa memakai katup, sifon, pelampung, dan tekanan cairan untuk membuat alat bereaksi terhadap kondisi tertentu tanpa intervensi manual terus-menerus. Otomatisasi di sini berarti pengendalian urutan atau aliran oleh mekanisme fisik, bukan otomatisasi elektronik modern.

17. Apa arti penting pompa al-Jazari dalam sejarah mekanika?

Pembahasan. Pompa al-Jazari menunjukkan koordinasi gerak putar dan gerak bolak-balik melalui engkol dan batang penghubung. Mekanisme itu penting dalam sejarah konversi gerak. Namun menyatakan bahwa mesin uap atau mobil modern secara langsung berasal darinya memerlukan bukti transmisi yang lebih kuat.

18. Mengapa al-Jahiz tidak tepat disebut perumus teori evolusi Darwin?

Pembahasan. Al-Jahiz memang membahas persaingan, pemangsa-mangsa, lingkungan, dan perubahan kebiasaan makhluk hidup. Teori Darwinian, bagaimanapun, bergantung pada seleksi alam, variasi populasi, pewarisan, dan kerangka evolusi spesies yang berbeda. Kesamaan tema tidak sama dengan identitas teori.

19. Apa yang diperdebatkan dalam konsep “Revolusi Pertanian Islam”?

Pembahasan. Andrew Watson menekankan difusi tanaman dan teknik pertanian sebagai transformasi besar. Peneliti lain menunjukkan kesinambungan Mediterania, variasi regional, dan bukti arkeobotani yang lebih kompleks. Karena itu istilah tersebut sebaiknya dipakai sebagai hipotesis historiografis yang diuji per tanaman dan wilayah.

20. Bagaimana seharusnya hubungan sains Islam dan Renaissance Eropa dijelaskan?

Pembahasan. Hubungan itu berlangsung melalui terjemahan, perdagangan, pendidikan, naskah, dan zona kontak seperti Toledo serta Sisilia. Karya Arab memengaruhi matematika, kedokteran, optik, dan astronomi Latin, tetapi penerima Eropa juga mengubah serta mengkritiknya. Model yang paling tepat adalah jaringan transmisi dan transformasi, bukan narasi bahwa Eropa sekadar menyalin atau bahwa kontribusi Islam tidak ada sama sekali.

Latihan Tambahan Bab XI-XVIII

21. Mengapa al-Uqlidisi penting dalam sejarah pecahan desimal?

Pembahasan. Karena Kitab al-Fusul merupakan bukti teks awal yang jelas mengenai operasi berbasis nilai-tempat dan pecahan desimal sekaligus adaptasi hitung India dari papan debu ke pena-kertas. Kontribusinya tetap harus ditempatkan dalam perkembangan kolektif matematika India-Arab.

22. Apa arti penting analisis frekuensi al-Kindi?

Pembahasan. Al-Kindi menunjukkan bahwa pola statistik bahasa dapat digunakan untuk menyerang sandi substitusi. Ini merupakan contoh awal analisis kuantitatif informasi, tetapi bukan statistik probabilistik atau kriptografi modern.

23. Apa perbedaan inovasi al-Khujandi dan al-Marrakushi?

Pembahasan. Al-Khujandi menonjol pada penggunaan instrumen observasi berukuran besar untuk meningkatkan resolusi pengukuran, sedangkan al-Marrakushi menyusun kompendium teori, konstruksi, dan penggunaan banyak instrumen astronomi.

24. Mengapa al-Sijzi tidak tepat langsung disebut heliosentris?

Pembahasan. Pembahasan al-Sijzi terkait rotasi harian Bumi dan konsekuensi instrumennya. Heliocentrisme modern juga menempatkan planet mengorbit Matahari dan membutuhkan kerangka dinamika berbeda, sehingga keduanya tidak identik.

25. Apa kontribusi al-Karaji dalam pengetahuan air tanah?

Pembahasan. Inbat al-Miyah al-Khafiya menggabungkan tanda-tanda hidrologi, survei ketinggian, sifat tanah, pemilihan jalur, dan pemeliharaan qanat. Teks ini

penting sebagai rekayasa-hidrogeologi pra-modern, bukan sebagai disiplin hidrogeologi modern yang lengkap.

26. Bagaimana Kitab-i Bahriyye Piri Reis harus dibaca secara kritis?

Pembahasan. Sebagai sintesis peta pelabuhan, rute, garis pantai, dan pengalaman navigator yang memakai sumber lintas budaya. Nilainya tinggi tanpa perlu klaim sensasional bahwa peta tersebut memakai teknologi yang tidak tersedia pada abad ke-16.

27. Mengapa pengamatan Abd al-Latif al-Baghdadi penting?

Pembahasan. Ia membandingkan teks anatomi dengan banyak kerangka manusia dan mengoreksi beberapa deskripsi Galen. Ini merupakan contoh jelas otoritas teks diuji oleh bukti material.

28. Mengapa gagasan penularan Ibn al-Khatib tidak sama dengan teori kuman?

Pembahasan. Ibn al-Khatib menggunakan pola kontak dan pengalaman epidemi untuk mempertahankan konsep contagion, tetapi ia belum mengetahui bakteri penyebab pes maupun mekanisme mikrobiologi modern.

29. Apa fungsi formularium seperti Aqrabadhin?

Pembahasan. Formularium menstandarisasi nama, bentuk sediaan, dan komunikasi antara dokter serta pembuat obat. Ia penting bagi institusi farmasi, tetapi resep historis tidak boleh dipakai sebagai pedoman pengobatan masa kini.

30. Mengapa musik masuk sejarah sains?

Pembahasan. Dalam klasifikasi ilmu pra-modern, musik merupakan ilmu matematis yang mempelajari rasio, interval, ritme, produksi bunyi, dan instrumen. Batas antara matematika, fisika, filsafat, dan seni berbeda dari pembagian disiplin modern.

31. Apa yang baru dari pendekatan Ibn Khaldun terhadap sejarah?

Pembahasan. Ia mengusulkan agar laporan sejarah diuji terhadap kemungkinan sosial, ekonomi, demografi, dan politik. Ia juga merumuskan ilmu tentang organisasi manusia, tetapi tidak identik dengan sosiologi modern.

32. Mengapa Bab XVIII memakai kategori “dari dunia Muslim” secara geografis-historis?

Pembahasan. Sains modern bersifat institusional dan global. Kategori geografis membantu kesinambungan tema buku tanpa menebak identitas agama pribadi atau mengklaim bahwa temuan modern berasal dari satu agama atau bangsa.

33. Apa yang diakui Nobel 2025 dalam karya Omar Yaghi?

Pembahasan. Nobel Kimia 2025 mengakui pengembangan metal-organic frameworks bersama Susumu Kitagawa dan Richard Robson. MOF adalah material berpori yang dapat dirancang dari unit logam dan penghubung organik untuk berbagai fungsi.

34. Apa dampak rekayasa Fazlur Rahman Khan?

Pembahasan. Sistem framed tube, trussed tube, dan bundled tube membuat struktur gedung tinggi lebih efisien dalam menahan beban lateral. Inovasi ini lahir dalam kerja tim arsitektur-rekayasa dan memengaruhi desain pencakar langit modern.

35. Bagaimana hubungan sejarah sains pra-modern dan modern sebaiknya dijelaskan?

Pembahasan. Tidak melalui garis lurus “tokoh A menemukan teknologi modern B”, melainkan melalui perubahan institusi, teks, matematika, eksperimen, pendidikan, dan jaringan transmisi. Sains modern memiliki metodologi, peralatan, dan organisasi yang berbeda secara mendasar.

Soal Pengembangan (HOTS)

1. Bandingkan cara Ibn al-Haytham menguji teori penglihatan dengan cara astronom Maragha mereformasi model planet. Jelaskan perbedaan peran eksperimen fisik dan konsistensi matematis.
2. Analisis bagaimana perubahan medium pengetahuan dari manuskrip mahal menuju produksi kertas yang lebih luas dapat memengaruhi laju koreksi dan penyebaran sains.
3. Pilih satu klaim populer tentang “penemu Muslim pertama” lalu susun prosedur verifikasi historiografis berdasarkan sumber primer, penanggalan, terjemahan, dan bukti transmisi.
4. Bandingkan al-Qanun Ibn Sina dengan al-Tasrif al-Zahrawi dari sisi tujuan, struktur, dan jenis pengetahuan medis yang ditonjolkan.
5. Jelaskan bagaimana kebutuhan ibadah, perdagangan, dan administrasi dapat sama-sama mendorong perkembangan matematika tanpa berarti bahwa matematika hanya memiliki fungsi religius.
6. Buat analisis tentang persamaan dan perbedaan antara astrolab, kompas magnetik, dan pengetahuan bintang pelaut dalam menyelesaikan problem navigasi.
7. Evaluasi istilah “Zaman Keemasan Islam”. Kapan istilah itu membantu pemahaman dan kapan ia justru menyederhanakan variasi wilayah, masa, dan bidang ilmu?
8. Jelaskan mengapa kemiripan matematis antara Ibn al-Shatir dan Copernicus penting tetapi belum cukup untuk membuktikan jalur transmisi langsung.

9. Bandingkan konsep inovasi sebagai “menciptakan dari nol” dengan inovasi sebagai adaptasi, standardisasi, dan integrasi sistem. Gunakan contoh qanat atau astrolab.
10. Rancang sebuah peta konsep yang menghubungkan tiga jalur transmisi: matematika al-Khwarizmi, optik Ibn al-Haytham, dan kedokteran Ibn Sina menuju tradisi Latin.

Bandingkan budaya tabel astronomi al-Khalili dengan fungsi perangkat lunak komputasi modern. Jelaskan persamaan fungsi abstraksi dan perbedaan medium, validasi, serta skala datanya.

Pilih dua tokoh pada Bab XIV dan jelaskan bagaimana observasi dapat mengoreksi otoritas teks tanpa berarti bahwa keduanya sudah memakai metode klinis modern.

Analisis perbedaan antara peta koordinat matematis, portolan maritim, dan representasi topografis Matrakci Nasuh. Jelaskan mengapa semuanya disebut peta tetapi tidak memakai logika spasial yang sama.

Bandingkan konsep “penemuan” pada al-Uqlidisi, Ibn Khaldun, dan Omar Yaghi. Bagaimana bentuk bukti, kolaborasi, dan institusi berubah dari abad ke-10 ke abad ke-21?

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hassan, A. Y., & Hill, D. R. (1992). *Islamic Technology: An Illustrated History*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Al-Khwarizmi, M. ibn M. (1831). *The Algebra of Mohammed ben Musa* (F. Rosen, Trans.). London: Oriental Translation Fund.
- Berggren, J. L. (1986). *Episodes in the Mathematics of Medieval Islam*. New York: Springer.
- Brentjes, S. (2018). *Teaching and Learning the Sciences in Islamicate Societies (800-1700)*. Turnhout: Brepols.
- Burnett, C. (2001). The Coherence of the Arabic-Latin Translation Program in Toledo in the Twelfth Century. *Science in Context*, 14(1-2), 249-288.
- Dallal, A. (2010). *Islam, Science, and the Challenge of History*. New Haven: Yale University Press.
- Decker, M. (2009). Plants and Progress: Rethinking the Islamic Agricultural Revolution. *Journal of World History*, 20(2), 187-206.
- Djebbar, A. (2003). Islamic Combinatorics. In R. Rashed (Ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science*. London: Routledge.
- Glick, T. F. (1970). *Irrigation and Society in Medieval Valencia*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Gutas, D. (1998). *Greek Thought, Arabic Culture: The Graeco-Arabic Translation Movement in Baghdad and Early Abbasid Society*. London: Routledge.
- Hill, D. R. (1974). *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices (Kitab fi Ma'rifat al-Hiyal al-Handasiyya)* by Ibn al-Razzaz al-Jazari. Dordrecht: Reidel.
- Hill, D. R. (1993). *Islamic Science and Engineering*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Hogendijk, J. P., & Sabra, A. I. (Eds.). (2003). *The Enterprise of Science in Islam: New Perspectives*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ibn al-Haytham. (1989). *The Optics of Ibn al-Haytham, Books I-III* (A. I. Sabra, Ed. & Trans.). London: Warburg Institute.
- Ibn al-Nafis. (various editions). *Sharh Tashrih al-Qanun*. Manuscript and edited Arabic traditions.
- Ibn Sina. (1999). *The Canon of Medicine* (L. Bakhtiar, Trans.). Chicago: Great Books of the Islamic World.
- Kennedy, E. S. (1956). A Survey of Islamic Astronomical Tables. *Transactions of the American Philosophical Society*, 46(2), 123-177.
- King, D. A. (1993). *Astronomy in the Service of Islam*. Aldershot: Variorum.
- King, D. A. (2004). In *Synchrony with the Heavens: Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*. Leiden: Brill.
- Levey, M. (1973). *Early Arabic Pharmacology*. Leiden: Brill.
- Lindberg, D. C. (1976). *Theories of Vision from Al-Kindi to Kepler*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lindberg, D. C. (2007). *The Beginnings of Western Science* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.

- Lorch, R. (2001). Greek-Arabic-Latin: The Transmission of Mathematical Texts in the Middle Ages. *Science in Context*, 14(1-2), 313-331.
- Mieli, A. (1966). *La science arabe et son rôle dans l'évolution scientifique mondiale*. Leiden: Brill.
- Nasr, S. H. (1968). *Science and Civilization in Islam*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Pormann, P. E., & Savage-Smith, E. (2007). *Medieval Islamic Medicine*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Ragep, F. J. (1993). *Nasir al-Din al-Tusi's Memoir on Astronomy (al-Tadhkira fi 'ilm al-hay'a)*. New York: Springer.
- Rashed, R. (Ed.). (1996). *Encyclopedia of the History of Arabic Science (3 vols.)*. London: Routledge.
- Rashed, R. (2009). *Al-Khwarizmi: The Beginnings of Algebra*. London: Saqi.
- Rosenfeld, B. A., & Ihsanoglu, E. (2003). *Mathematicians, Astronomers, and Other Scholars of Islamic Civilization and Their Works (7th-19th c.)*. Istanbul: IRCICA.
- Sabra, A. I. (1987). The Appropriation and Subsequent Naturalization of Greek Science in Medieval Islam. *History of Science*, 25, 223-243.
- Saliba, G. (1994). *A History of Arabic Astronomy: Planetary Theories During the Golden Age of Islam*. New York: New York University Press.
- Saliba, G. (2007). *Islamic Science and the Making of the European Renaissance*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sayili, A. (1960). *The Observatory in Islam and Its Place in the General History of the Observatory*. Ankara: Turkish Historical Society.
- Sezgin, F. (1967-). *Geschichte des arabischen Schrifttums*. Leiden: Brill.
- Selin, H. (Ed.). (2008). *Encyclopaedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures (2nd ed.)*. Dordrecht: Springer.
- Sesiano, J. (1999). Islamic Mathematics. In H. Selin (Ed.), *Encyclopedia of the History of Science, Technology, and Medicine in Non-Western Cultures*. Dordrecht: Kluwer.
- Savage-Smith, E. (Ed.). (1997). *Islamic Medical Manuscripts at the National Library of Medicine*. Bethesda: National Library of Medicine.
- Turner, H. R. (1997). *Science in Medieval Islam: An Illustrated Introduction*. Austin: University of Texas Press.
- Watson, A. M. (1983). *Agricultural Innovation in the Early Islamic World*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Youschkevitch, A. P. (1976). *Les mathématiques arabes (VIIIe-XVe siècles)*. Paris: Vrin.
- Zahoor, A., & Haq, Z. (Eds.). *Selected studies on Muslim contributions to science and technology*. Critical use recommended alongside specialist historiography.
- Al-Biruni. (1910). *The Book of Instruction in the Elements of the Art of Astrology* (R. R. Wright, Trans.). London: Luzac.
- Al-Biruni. (1910). *Alberuni's India* (E. C. Sachau, Trans.). London: Kegan Paul.
- Al-Jazari. (1974). *The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices* (D. R. Hill, Trans.). Dordrecht: Reidel.
- Al-Zahrawi. *Al-Tasrif li-man 'ajiza 'an al-ta'lif*. Arabic manuscript and printed traditions; surgical Book XXX widely translated and studied.

- Al-Razi. *Kitab al-Hawi* and *Kitab al-Jadari wa al-Hasba*. Arabic and Latin manuscript/printed traditions.
- Al-Idrisi. *Nuzhat al-Mushtaq fi Ikhtiraq al-Afaq*. Arabic manuscript and critical-edition traditions.
- Al-Jahiz. *Kitab al-Hayawan*. Cairo and Beirut print traditions.
- Ibn al-Baitar. *Al-Jami' li-Mufradat al-Adwiya wa al-Aghdhiya*. Arabic print and manuscript traditions.
- Ibn al-'Awwam. *Kitab al-Filaha*. Arabic and Spanish/French translation traditions.
- Al-Dinawari. *Kitab al-Nabat*. Edited Arabic fragments and studies.
- Taqi al-Din ibn Ma'ruf. *Al-Turuq al-Saniyya fi al-Alat al-Ruhaniyya; al-Kawakib al-Durriyya fi Wadh' al-Bankamat al-Dawriyya*. Arabic manuscript traditions.
- Banu Musa. *Kitab al-Hiyal* (Book of Ingenious Devices). Arabic manuscript and modern scholarly editions.
- Al-Kindi. Selected scientific treatises on optics, mathematics, and perfume. Arabic manuscript and edited traditions.
- Alatas, S. F. (2014). *Applying Ibn Khaldun: The Recovery of a Lost Tradition in Sociology*. London: Routledge.
- Charette, F. (2003). *Mathematical Instrumentation in Fourteenth-Century Egypt and Syria: The Illustrated Treatise of Najm al-Din al-Misri*. Leiden: Brill.
- Farmer, H. G. (1929). *A History of Arabian Music to the XIIIth Century*. London: Luzac.
- King, D. A. (2004). In *Synchrony with the Heavens: Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*. Leiden: Brill.
- Nobel Prize Outreach. (1979). The Nobel Prize in Physics 1979: Sheldon Glashow, Abdus Salam, and Steven Weinberg. NobelPrize.org.
- Nobel Prize Outreach. (1999). The Nobel Prize in Chemistry 1999: Ahmed H. Zewail. NobelPrize.org.
- Nobel Prize Outreach. (2015). The Nobel Prize in Chemistry 2015: Tomas Lindahl, Paul Modrich, and Aziz Sancar. NobelPrize.org.
- Nobel Prize Outreach. (2025). The Nobel Prize in Chemistry 2025: Susumu Kitagawa, Richard Robson, and Omar M. Yaghi. NobelPrize.org.
- Saidan, A. S. (1978). *The Arithmetic of Al-Uqlidisi*. Dordrecht: D. Reidel.
- Sawa, G. D. (1985). Theories of Rhythmic Modes in Medieval Arabic Writings. *Journal of the American Oriental Society*, 105(1), 37-48.
- Savage-Smith, E. (1995). Attitudes toward Dissection in Medieval Islam. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 50(1), 67-110.

United States National Library of Medicine. Islamic Medical Manuscripts: Anatomy, Surgery, and Materia Medica. National Library of Medicine.

Council on Tall Buildings and Urban Habitat. Fazlur Rahman Khan: structural systems and tall-building legacy. CTBUH historical resources.

NASA. Farouk El-Baz: Apollo-era lunar geology and orbital science publications. NASA Technical Reports Server and Johnson Space Center History Collection.

The Royal Swedish Academy of Sciences. (2025). Nobel Prize in Chemistry 2025: Metal-Organic Frameworks. NobelPrize.org.

Voudouris, K. S., et al. (2020). The contribution of al-Karaji to the development of hydrogeology. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24, 3211-3224.

GLOSARIUM

A

Al-jabr: Operasi memulihkan atau melengkapi suku dalam tradisi aljabar al-Khwarizmi.

Astrolab: Instrumen proyeksi bola langit untuk memecahkan berbagai persoalan astronomi dan waktu.

B

Bayt al-Hikma: Istilah yang berkaitan dengan koleksi dan patronase intelektual Abbasiyah; fungsi persisnya diperdebatkan.

Bimaristan: Institusi rumah sakit dalam masyarakat Islam abad pertengahan.

C

Camera obscura: Ruang atau kotak gelap dengan aperture kecil yang memperlihatkan pembentukan citra oleh sinar yang merambat lurus.

D

Densitas: Perbandingan massa terhadap volume; secara modern ditulis $\rho = m/V$.

Distilasi: Pemisahan bahan melalui penguapan dan kondensasi berdasarkan perbedaan volatilitas.

E

Ekuant: Titik geometris dalam model Ptolemeus yang memungkinkan gerak sudut seragam jika dilihat dari titik tersebut.

F

Farmakologi: Kajian obat, bahan berkhasiat, dosis, sifat, dan penggunaannya.

Fisiologi: Kajian fungsi organ dan sistem tubuh.

G

Geodesi: Ilmu pengukuran bentuk, ukuran, dan posisi pada bumi.

Geometri bola: Geometri pada permukaan bola yang penting untuk astronomi dan arah kiblat.

H

Hisab: Perhitungan; dalam konteks buku mencakup aritmetika dan komputasi astronomi.

Hidrolika: Kajian dan rekayasa aliran cairan untuk saluran, pompa, jam air, dan otomata.

I

Intromisi: Teori bahwa penglihatan terjadi karena cahaya dari objek masuk ke mata.

Irisan kerucut: Kurva seperti parabola, elips, dan hiperbola yang digunakan antara lain untuk menyelesaikan persamaan kubik.

J

Jabirian: Sebutan bagi korpus karya alkimia yang dinisbatkan kepada Jabir ibn Hayyan dengan masalah atribusi dan penanggalan yang kompleks.

Jam air: Perangkat pengukur waktu yang menggunakan aliran cairan sebagai pengatur interval.

K

Kalsinasi: Pemanasan bahan padat untuk mengubah sifat atau komposisinya.

Kiblat: Arah menuju Ka'bah; dalam astronomi matematis dapat dihitung sebagai arah lingkaran besar.

L

Lingkaran besar: Lingkaran pada bola yang pusatnya berimpit dengan pusat bola; jalur terpendek pada permukaan bola mengikuti busur lingkaran besar.

Ligatur: Pengikatan pembuluh atau jaringan dalam tindakan bedah.

M

Materia medica: Tradisi pengetahuan tentang bahan obat dari tumbuhan, hewan, dan mineral.

Muqarnas: Susunan unit tiga dimensi bertingkat dalam arsitektur Islam.

N

Noria: Roda air untuk mengangkat atau memindahkan air.

Navigasi bintang: Penentuan arah dan posisi dengan memanfaatkan benda langit.

O

Otomata: Perangkat mekanik yang menjalankan rangkaian gerak secara otomatis melalui mekanisme fisik.

Optik geometris: Kajian cahaya sebagai sinar untuk menganalisis pemantulan, pembiasan, dan pembentukan citra.

P

Pecahan desimal: Representasi pecahan berbasis pangkat sepuluh; digunakan sistematis oleh al-Kashi dalam komputasi.

Perspectiva: Tradisi Latin abad pertengahan mengenai optik yang dipengaruhi terjemahan Ibn al-Haytham.

Q

Qanat: Saluran bawah tanah bergravitasi untuk membawa air dari akuifer menuju lahan atau permukiman.

Qibla: Ejaan internasional untuk kiblat dalam literatur astronomi sejarah.

R

Refraksi: Pembiasan cahaya ketika berpindah medium.

Rete: Bagian berputar pada astrolab yang memuat penunjuk bintang dan lingkaran ekliptika.

S

Saqiya: Perangkat pengangkat air, sering digerakkan hewan atau tenaga mekanik.

Sublimasi: Perubahan langsung padat-gas atau teknik laboratorium yang memanfaatkan proses tersebut.

T

Tusi couple: Konstruksi dua gerak melingkar berlawanan yang menghasilkan osilasi linear.

Trigonometri bola: Kajian hubungan sudut dan sisi pada segitiga di permukaan bola.

U

Ulugh Beg: Penguasa dan astronom Timurid yang mendukung observatorium Samarkand serta katalog bintang abad ke-15.

V

Variasi magnitudo: Perbedaan kecerlangan bintang sebagaimana dicatat dalam tradisi katalog astronomi.

Volatilitas: Kecenderungan bahan menguap; sifat penting dalam distilasi.

W

Waqf: Dana atau aset amal yang dapat menopang institusi pendidikan, rumah sakit, dan layanan sosial.

Waktu salat: Salah satu kebutuhan yang mendorong komputasi astronomi, pembuatan tabel, dan perangkat penentu waktu.

X

X-coordinate: Koordinat sumbu-x dalam representasi modern; digunakan sebagai analogi untuk memahami data posisi atau diagram matematis sejarah tanpa menganggap notasinya identik.

Y

Yaqut al-Hamawi: Geografer dan penyusun ensiklopedia geografis Mu‘jam al-Buldan.

Z

Zij: Kumpulan tabel dan prosedur astronomi untuk menghitung posisi benda langit dan waktu.

Zenit: Titik pada bola langit tepat di atas pengamat.

Istilah Tambahan Bab XI-XVIII

Analisis frekuensi. Teknik menghitung pola kemunculan simbol atau huruf; dalam kriptanalisis klasik dapat membantu memecahkan sandi substitusi.

Aqradhīn. Formularium farmasi yang menata obat majemuk, bahan, dan bentuk sediaan dalam tradisi kedokteran Islam.

Femtokimia. Kajian dinamika reaksi kimia pada skala femtosekon menggunakan teknik spektroskopi ultracepat.

Framed tube. Sistem struktur gedung tinggi yang membuat rangka perimeter bekerja seperti tabung untuk menahan beban lateral.

Ilm al-umran. Istilah Ibn Khaldun untuk ilmu tentang organisasi atau peradaban manusia dan pola perubahan sosial.

Metal-organic framework (MOF). Material kristalin berpori yang dibangun dari pusat logam dan penghubung organik.

Miqat. Ilmu penentuan waktu, khususnya terkait waktu ibadah, melalui astronomi dan matematika.

Nucleotide excision repair. Jalur perbaikan DNA yang mengangkat bagian DNA rusak lalu mensintesis ulang segmen pengganti.

Qanat. Saluran bawah tanah bergradien kecil yang membawa air tanah menuju permukaan atau lahan pemakaiannya.

Sekstan mural. Instrumen sudut besar yang dipasang pada struktur tetap untuk mengukur posisi benda langit dengan skala panjang.

Trussed tube. Sistem struktur tabung gedung tinggi yang menambahkan pengaku diagonal pada perimeter.

Zawraqi. Nama jenis astrolab yang dikaitkan dengan al-Sijzi dan diskusi representasi rotasi Bumi.

- KASMUI -
Dosen Kimia, Komputasi, IT, AI UNNES

<https://hisabmu.com/>
<https://kasmui.cloud/>

Ketua PCM Gunungpati 2	Anggota Majelis Tabligh PDM Kota Semarang & PWM Jawa Tengah	Tim Pengembang Software KHGT MTT PP Muhammadiyah	Praktisi Ilmu Falak
---------------------------	---	--	------------------------