

Dokumen Teknis: Sistem Pembelajaran Kimia Kuantum dengan AI

1. RINGKASAN EKSEKUTIF

Sistem ini merupakan platform pembelajaran kimia kuantum lanjutan yang mengintegrasikan kecerdasan buatan (AI) dengan pendekatan **"Learning by Prompting"**. Platform ini memanfaatkan Google Gemini API untuk memberikan asistensi pembelajaran yang adaptif dan personal terhadap materi kimia kuantum tingkat lanjut.

Fitur Utama:

- Analisis dokumen PDF materi kimia kuantum
- Interaksi AI kontekstual berdasarkan konten dokumen
- Generasi materi pembelajaran dalam format PDF
- Riwayat percakapan yang tersimpan
- Antarmuka responsif dengan visualisasi kuantum

2. SPESIFIKASI TEKNIS

2.1. Konfigurasi Sistem

```
// Konfigurasi Environment
define('GEMINI_API_KEY', '...');
$default_model = 'gemini-2.5-flash';

// Konfigurasi Folder dan File
define('EBOOK_DIR_NAME', 'ebook');
define('EBOOK_FOLDER', __DIR__ . '/' . EBOOK_DIR_NAME);
define('TARGET_PDF_FILE', 'Handout Bab 8 Metode Variasi.pdf');

// Model AI yang Tersedia
$available_models = [
    'gemini-2.5-flash' => '⚡ Gemini 2.5 Flash (Cepat)',
    'gemini-2.5-pro'   => '🧠 Gemini 2.5 Pro (Canggih)'
];
```

2.2. Optimasi Performa

```
// Tingkatkan batas sistem untuk handling PDF besar
ini_set('memory_limit', '512M');
set_time_limit(1000);
ini_set('upload_max_filesize', '512M');
ini_set('post_max_size', '512M');
ini_set('max_input_time', 1000);
ini_set('max_execution_time', 1000);
```

3. ARSITEKTUR SISTEM

3.1. Komponen Inti

A. Manajemen Dokumen

- **parsePdfFiles()** - Memindai dan mengekstrak metadata PDF
- **extractPdfText()** - Ekstraksi teks dari file PDF
- **Prioritaskan file target** dengan mekanisme fallback

B. Engine AI

- **get_gemini_response()** - Interface ke Google Gemini API
- **System Prompt Terstruktur** untuk format output konsisten
- **Manajemen Riwayat Percakapan** dengan session persistence

C. Generasi Konten

- **generatePDF()** - Konversi respons AI ke dokumen PDF
- **cleanContentForPDF()** - Sanitasi konten untuk format PDF
- **Formatting Standar** dengan TCPDF library

3.2. Flow Data

Dokumen PDF → Ekstraksi Teks → Konteks AI → Prompt Pengguna → Respons AI → Formatting → Output (HTML/PDF)

4. FUNGSIONALITAS UTAMA

4.1. Processing Dokumen PDF

```
/**
 * Memindai folder untuk mengekstrak file PDF dengan prioritas pada file target
 */
function parsePdfFiles($folderPath, $baseUrl) {
    // Implementasi: Prioritas file target, fallback ke file lain
```

```
    // Return: Array metadata PDF dengan struktur terstandarisasi  
}
```

Fitur:

- Deteksi otomatis file PDF
- Prioritas file target spesifik
- Fallback ke file tersedia
- Metadata lengkap (ukuran, judul, path)

4.2. Integrasi AI Gemini

```
/**  
 * Mengirim permintaan ke Gemini API dengan format output standar  
 */  
function get_gemini_response($user_prompt, $document_context, $model, $chat_history =  
[]) {  
    // System prompt terstruktur untuk kimia kuantum  
    // Format output konsisten: heading, rumus matematika, struktur dokumen  
}
```

Format Output AI:

1. **Struktur Hierarkis:** Heading level 1-3 dengan penanda jelas
2. **Notasi Matematika:** Standar tanpa LaTeX ($\hbar$, ψ , ∂ , f)
3. **Konten Terorganisir:** Pendahuluan → Penjelasan → Contoh → Kesimpulan

4.3. Generasi PDF

```
/**  
 * Fungsi untuk menghasilkan PDF dari konten AI  
 */  
function generatePDF($content, $filename = 'materi_kimia_kuantum.pdf') {  
    // Menggunakan TCPDF untuk generasi dokumen  
    // Formatting konsisten: margin, font, header/footer  
}
```

Fitur PDF:

- Header dengan judul dan timestamp
- Format konten adaptif (deteksi judul/paragraf)
- Footer dengan pagination
- Download otomatis

5. METODOLOGI PEMBELAJARAN

5.1. Learning by Prompting

Filosofi:

"Pembelajaran aktif melalui interaksi terkontrol dengan AI, dimana mahasiswa mengembangkan pemahaman dengan mengajukan pertanyaan terstruktur."

Alur Pembelajaran:

1. **Paparan Awal** (1/3 waktu) - Dosen memberikan konsep dasar
2. **Kelompok Kecil** (2-3 orang) - Diskusi dengan soal terstruktur
3. **Interaksi AI** - Konsultasi dengan AI Quantum Assistant
4. **Presentasi** - Penyampaian hasil diskusi
5. **Moderasi** - Klarifikasi dan validasi oleh dosen
6. **Self-Assessment** - Evaluasi mandiri dengan AI

5.2. Peran AI dalam Pembelajaran

Nilai Tambah:

-  **Penjelasan Alternatif** untuk konsep abstrak
-  **Contoh Kontekstual** yang relevan
-  **Visualisasi** konsep matematis kompleks
-  **Adaptasi** terhadap tingkat pemahaman individu
-  **Akses 24/7** tanpa batasan waktu

Batasan:

-  **AI-generated content** - untuk referensi saja
-  **Perlu verifikasi** oleh ahli manusia
-  **Keterbatasan** dalam kreativitas murni

6. IMPLEMENTASI TEKNIS

6.1. Struktur Session

```
// Session Management
$_SESSION['beranda_chat_history'] = []; // Riwayat percakapan
$_SESSION['beranda_model_selection']; // Preferensi model AI
$_SESSION['pdf_list_ebook']; // Cache daftar PDF
```

6.2. Error Handling

Layered Error Management:

1. **Level 1:** Validasi input dan environment
2. **Level 2:** Exception handling pada operasi file
3. **Level 3:** Fallback mechanisms untuk konten alternatif
4. **Level 4:** User-friendly error messages

6.3. Security Measures

- **Input Sanitization** untuk prompt pengguna
- **Path Validation** untuk akses file
- **Session Security** untuk data percakapan
- **API Key Protection** dengan environment separation

7. ANTARMUKA PENGGUNA

7.1. Komponen Visual

A. Hero Section

- Ilustrasi atom animasi dengan SVG
- Partikel background effects
- Call-to-action terintegrasi

B. Learning Flow Visualization

- Diagram alur pembelajaran interaktif
- Ikon konsep kimia kuantum
- Visualisasi orbital molekul

C. AI Interface

- Form prompt dengan model selection
- Riwayat percakapan terorganisir
- Tombol aksi (copy, download PDF)

7.2. Responsive Design

- **Tailwind CSS** untuk styling konsisten
- **Inter Font** untuk readability optimal
- **Mobile-first approach** dengan breakpoints
- **Interactive elements** dengan feedback visual

8. MATA KULIAH YANG DIDUKUNG

Bab-bab Kimia Kuantum Lanjutan:

1. **Bab 8:** Metode Variasi
2. **Bab 9:** Metode Perturbasi
3. **Bab 10:** Spin Elektron & Teorema Spin-Statistik
4. **Bab 13:** Struktur Elektronik Molekul Diatomik
5. **Bab 15:** Struktur Elektronik Molekuler
6. **Bab 16:** Metode-Metode Korelasi Elektron
7. **Bab 17:** Metode Semiempiris & Mekanika Molekuler

9. PERSYARATAN SISTEM

9.1. Server Requirements

- **PHP 7.4+** dengan ekstensi cURL
- **Memory:** 512MB+ (untuk processing PDF besar)
- **Storage:** Akses write untuk session dan cache
- **Dependencies:** Composer untuk package management

9.2. Package Dependencies

```
{  
  "require": {  
    "smalot/pdfparser": "^2.0",  
    "tecnickcom/tcpdf": "^6.6"  
  }  
}
```

9.3. Konfigurasi Recommended

```
# .htaccess optimizations  
php_value memory_limit 512M  
php_value max_execution_time 300  
php_value upload_max_filesize 512M
```

10. PENGEMBANGAN MASA DEPAN

Roadmap Enhancement:

1. **Integrasi Database** untuk persistensi jangka panjang
2. **Analytics Dashboard** untuk tracking pembelajaran
3. **Multi-format Export** (DOCX, LaTeX, Markdown)
4. **Collaborative Features** untuk kerja kelompok
5. **Advanced Visualization** untuk konsep kuantum
6. **Mobile Application** dengan offline capabilities

11. DOKUMENTASI PENGGUNA

11.1. Untuk Dosen/Pengajar

1. **Siapkan Materi:** Place PDF files dalam folder /ebook/
2. **Konfigurasi Target:** Update TARGET_PDF_FILE jika diperlukan
3. **Demonstrasi:** Tunjukkan penggunaan AI assistant kepada mahasiswa
4. **Moderasi:** Pandu diskusi dan validasi jawaban AI

11.2. Untuk Mahasiswa

1. **Pelajari Konsep Dasar** dari paparan dosen
2. **Formulasikan Pertanyaan** yang spesifik dan terstruktur
3. **Gunakan Prompt Engineering** untuk hasil optimal
4. **Verifikasi** jawaban AI dengan sumber lain
5. **Download Materi** untuk studi lanjutan

Sistem Pembelajaran Kimia Kuantum dengan AI - © 2025 Kasmui. All Rights Reserved.