

**IMPLEMENTASI SISTEM PEMBELAJARAN ADAPTIF
MENGUNAKAN METODE HIBRIDA RULE-BASED
SYSTEM DAN CONTENT-BASED FILTERING BERBASIS**

SBERT

SKRIPSI



Oleh :

Mohammad Hilmi Bisri

220441100156

PROGRAM STUDI SI SISTEM INFORMASI

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TRUNODJOYO MADURA

2026

**IMPLEMENTASI SISTEM PEMBELAJARAN ADAPTIF
MENGUNAKAN METODE HIBRIDA RULE-BASED
SYSTEM DAN CONTENT-BASED FILTERING BERBASIS**

**SBERT
SKRIPSI**



Oleh:

Mohammad Hilmi Bisri

220441100156

Dosen Pembimbing 1

Dr. Imamah, S.Kom., M.Kom.

NIP: 198507212014042001

Dosen Pembimbing 2

Eza Rahmanita, ST., MT.

NIP: 197906052003122003

**PROGRAM STUDI SI SISTEM INFORMASI
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRUNODJOYO MADURA
2026**

HALAMAN JUDUL

**IMPLEMENTASI SISTEM PEMBELAJARAN ADAPTIF
MENGUNAKAN METODE HIBRIDA RULE-BASED SYSTEM DAN
CONTENT-BASED FILTERING BERBASIS SBERT**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Studi Strata Satu (S1) dan
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom) Di Program Studi Sistem**

Informasi
Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik
Universitas Trunodjoyo Madura

Mohammad Hilmi Bisri

220441100156

PROGRAM STUDI SI SISTEM INFORMASI
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TRUNODJOYO MADURA

2026

HALAMAN PENGESAHAN
IMPLEMENTASI SISTEM PEMBELAJARAN ADAPTIF
MENGGUNAKAN METODE HIBRIDA RULE-BASED SYSTEM DAN
CONTENT-BASED FILTERING BERBASIS SBERT

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan di Program Studi S1 Sistem Informasi Universitas Trunodjojo
Madura

Oleh :

Nama : **Mohammad Hilmi Bisri**
NIM : **220441100156**

Disetujui oleh Tim Penguji Skripsi : Tanggal Sidang : 19 Juni 2026

Dr. IMAMAH, S.Kom., M.Kom.
NIP. 198507212014042001

 (Pembimbing 1)

Eza Rahmanita, S.T., M.T.
NIP. 197906052003122003

 (Pembimbing 2)

Dr. IMAMAH, S.Kom., M.Kom..
NIP. 198507212014042001

 (Penguji 1)

Mohammad Syarief, S.T., M.Cs.
NIP. 198003212008011008

 (Penguji 2)

Sri Herawati, S.Kom., M.Kom.
NIP. 198308282008122002

 (Penguji 3)

Bangkalan, 17 Juli 2026

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Husni . S.Kom.. M.T.
NIP. 197707222003121006

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul :

“IMPLEMENTASI SISTEM PEMBELAJARAN ADAPTIF MENGUNAKAN METODE HIBRIDA RULE-BASED SYSTEM DAN CONTENT-BASED FILTERING BERBASIS SBERT”

1. Adalah asli, bukan merupakan karya pihak lain serta belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Sarjana baik di Universitas Trunojoyo Madura maupun di Perguruan Tinggi yang lain di Indonesia.
2. Tidak terdapat karya atau pendapat pihak lain yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis telah diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti skripsi ini sebagian atau seluruhnya merupakan hasil plagiasi atau terdapat hal-hal yang tidak sesuai dengan pernyataan diatas, maka saya sanggup menerima sanksi akademis yang berlaku dengan segala akibat hukumannya sesuai peraturan Universitas Trunojoyo Madura dan atau peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bangkalan, 20 Juli 2026

nyatakan,



Monammad Hilmi Bisri
NIM. 220441100156

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahuwata'ala atas berkat dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Implementasi Sistem Pembelajaran Adaptif Menggunakan Metode Hibrida Rule-Based System Dan Content-Based Filtering Berbasis SBERT** sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana Fakultas Teknik dan Jurusan Teknik Informatika. Dengan terselesaikannya laporan skripsi ini, penulis tak lupa menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan keberkahan bagi penulis sehingga penulis dapat merasakan nikmat yang diberikan sampai saat ini.
2. Orang tua, serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan semangat, dukungan penuh, dan do'a yang tiada henti. Semoga selalu dalam lindungan Allah SWT.
3. Ibu Dr. Imamah, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing I dan Ibu Eza Rahmanita, ST., MT., selaku dosen pembimbing II. Terima kasih telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan arahan pada penulis selama penelitian skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik, khususnya di Program Studi S1 Sistem Informasi Universitas Trunojoyo Madura yang telah membagikan ilmunya kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Nona Kirin, atas bantuan yang tak terhingga sebagai korektor dan editor teknis dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas waktu, kesabaran, dan diskusi produktif yang selalu mengiringi proses penulisan dari awal hingga akhir.

Bangkalan, 20 Juli 2026



Mohammad Hilmi Bisri

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.2.1 Permasalahan	4
1.2.2 Metode Usulan	4
1.2.3 Pertanyaan Penelitian	5
1.3. Tujuan & Manfaat	5
1.3.1 Tujuan Penelitian	5
1.3.2 Manfaat	6
1.4 Batasan-batasan	6
1.5 Sistematika Penulisan	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1. Landasan Teori	9
2.1.1. Sistem Pembelajaran Daring	9
2.1.2. Sistem Rekomendasi Pembelajaran	10
2.1.3. <i>Rule-Based System</i>	12
2.1.4. <i>Content-Based Filtering</i>	16
2.1.5. Penilaian Esai Singkat Otomatis	21
2.1.6. Basis Data Vektor	22

2.2	Penelitian Terkait	23
BAB III METODE USULAN		35
3.1	Metode Hibrida Rule-Based dan SBERT	35
3.1.1.	Arsitektur Kecerdasan Hibrida	35
3.1.2.	Alur Siklus Pembelajaran Adaptif.....	36
3.1.3.	Mekanisme Penilaian Esai Otomatis	38
3.1.4.	Mekanisme Rekomendasi Materi	39
3.2	Arsitektur Sistem.....	41
3.2.1.	Lapisan Aplikasi	41
3.2.2.	Lapisan SBERT <i>Microservice</i>	42
3.2.3.	Lapisan Data.....	42
3.3	Analisis Kebutuhan Sistem	43
3.3.1.	Analisis Kelemahan LMS Konvensional.....	43
3.3.2.	Analisis Kebutuhan Fungsional.....	44
3.3.3.	Analisis Kebutuhan Non-Fungsional.....	46
3.4	Perancangan Alur Sistem.....	47
3.4.1.	<i>Flowchart</i> Alur Pembelajaran Adaptif Utama	48
3.4.2.	Alur Logika Penempatan Awal	50
3.4.3.	Alur Penilaian Esai Otomatis	51
3.4.4.	Alur Pemicu Rekomendasi Remedial	52
3.4.5.	Alur Manajemen Data Guru.....	52
3.5	<i>Dataset</i> /Pengumpulan Data	53
3.5.1.	Sumber dan Kepemilikan Data	53
3.5.2.	Metode Pengumpulan Data dan Pemrosesan	53
3.5.3.	Format dan Struktur Dataset	54
3.6	Tahapan Penelitian	55
3.6.1.	Studi Literatur dan Analisis Masalah	56
3.6.2.	Pengumpulan dan Pra-pemrosesan Data.....	57
3.6.3.	Perancangan Logika Adaptif.....	57
3.6.4.	Implementasi dan Integrasi Sistem.....	57
3.6.5.	Pengujian dan Evaluasi.....	58
3.6.6.	Dokumentasi dan Penarikan Kesimpulan	58

3.7	Skenario Pengujian.....	58
3.7.1.	Strategi "Satu Sistem Dua Mode" <i>Apple-to-Apple Comparison</i>	58
3.7.2.	Prosedur Eksperimen Lapangan.....	59
3.7.3.	Pengujian Fungsional <i>Black Box Testing</i>	60
3.7.4.	Pengujian Usabilitas (<i>System Usability Scale</i>).....	61
3.8	Uji Peningkatan Pembelajaran	62
3.9	Teknik Analisis Data	63
3.9.1.	Analisis Data Usabilitas	63
3.9.2.	Analisis Peningkatan Hasil Belajar	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		64
4.1.	Implementasi Sistem	64
4.1.1.	Lingkungan Implementasi.....	64
4.1.2.	Implementasi MySQL, Data, dan Basis Data Vektor.....	65
4.1.3.	Implementasi Application Programming Interface Python	75
4.1.4.	Implementasi <i>Learning Management System</i>	81
4.2.	Hasil Pengujian Fungsional Sistem.....	115
4.3.	Hasil Pengujian <i>Usability</i>	128
4.3.1.	Instrumen dan Aturan Perhitungan Skor SUS	129
4.3.2.	Data Mentah Hasil Kuesioner	130
4.3.3.	Hasil Konversi dan Skor Akhir SUS	132
4.3.4.	Interpretasi Skor <i>Usability</i>	134
4.4.	Hasil Evaluasi Peningkatan Pembelajaran.....	135
4.4.1.	Hasil Evaluasi Mode Reguler.....	137
4.4.2.	Hasil Evaluasi Mode Adaptif.....	140
4.4.3.	Perbandingan Efektivitas Pembelajaran	145
4.5.	Analisis dan Pembahasan.....	146
4.6.	Implementasi <i>Deployment</i> dan Optimasi Infrastruktur	148
4.6.1.	Spesifikasi Server dan Arsitektur <i>Deployment</i>	148
4.6.2.	Persiapan Akses dan Transfer Kode Sumber	149
4.6.3.	Instalasi Paket (<i>Software Stack</i>)	150
4.6.4.	Konfigurasi Jaringan dan Keamanan Server.....	151
4.6.5.	Optimasi Web Server (Nginx dan PHP-FPM)	152

4.6.6. Optimasi Aplikasi Laravel	153
4.6.7. Optimasi <i>Kernel</i> Linux	154
4.6.8. Konfigurasi Cloudflare (CDN, DNS, WAF)	154
4.6.9. Koneksi Database <i>Cross-Region</i> (Aiven MySQL).....	156
4.6.10. <i>Object Storage</i> (Cloudflare R2).....	156
4.6.11. Replikasi dan Sinkronisasi Multi-VPS	157
4.6.12. Ringkasan Dampak Optimasi	158
BAB V PENUTUP	159
5.1. Kesimpulan	159
5.2. Saran	160
DAFTAR PUSTAKA	164
LAMPIRAN	166

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Flowchart Proses Rule-Based System	15
Gambar 2.2 Algoritma proses Sistem Pakar Berbasis Aturan.....	15
Gambar 2.3 Flowchart Proses CBF dengan SBERT	19
Gambar 2.4 Algoritma Proses CBF dengan SBERT	20
Gambar 3.1 Arsitektur metode Sistem Hibrida	40
Gambar 3.2 Flowchart Algoritma metode Sistem Hibrida	40
Gambar 3.3 Arsitektur Layer Sistem	41
Gambar 3.4 Arsitektur Sistem Rekomendasi	41
Gambar 3.5 Flowchart Alur Pembelajaran Adaptif.....	48
Gambar 3.6 Tahapan Penelitian.....	56
Gambar 3.7 Contoh Rencana Pengujian	61
Gambar 4.1 ERD	67
Gambar 4.2 <i>Dashboard Overview MySQL Service</i> pada Aiven.io.....	68
Gambar 4.3 <i>Dashboard Koneksi</i>	69
Gambar 4.4 <i>Log Struktur Data dan Vector Embedding</i> yang Tersimpan pada ChromaDB	73
Gambar 4.5 <i>Log Struktur Data dan Vector Embedding</i> yang Tersimpan pada ChromaDB	74
Gambar 4.6 Hasil Pengujian <i>Endpoint /assess-essay</i>	80
Gambar 4.7 Hasil Pengujian <i>Endpoint /assess-essay</i>	81
Gambar 4.8 Halaman <i>Login</i>	84
Gambar 4. 9 Halaman <i>Register</i>	84
Gambar 4.10 Halaman <i>Dashboard Siswa</i>	85
Gambar 4.11 Halaman <i>Mata Pelajaran Siswa</i>	86
Gambar 4.12 Halaman <i>Progress Siswa</i>	86
Gambar 4.13 Halaman <i>Riwayat Siswa</i>	86
Gambar 4.14 Halaman <i>bab Siswa</i>	87
Gambar 4.15 Halaman <i>konten subBab Siswa</i>	88
Gambar 4.16 Halaman <i>subBab Siswa</i>	88
Gambar 4.17 Antarmuka pengerjaan <i>Pretest</i>	90

Gambar 4.18 Antarmuka Pengerjaan Soal <i>Quiz</i>	90
Gambar 4.19 Antarmuka pengerjaan Latihan	90
Gambar 4.20 Antarmuka Pengerjaan Soal <i>Posttest</i>	91
Gambar 4.21 Antarmuka Halaman Hasil <i>Pretest</i>	94
Gambar 4.22 Daftar Rekomendasi Remedial Awal Berdasarkan Jawaban <i>Pretest</i> yang Salah	95
Gambar 4. 23 Hasil Nilai	96
Gambar 4.24 Antarmuka Form Pencarian Semantik Materi.....	97
Gambar 4.25 Hasil Pencarian Semantik Menampilkan Sub-Bab Relevan dengan Skor Kemiripan.....	97
Gambar 4.26 Variasi Hasil Pencarian Semantik dengan <i>Query</i> Berbeda	98
Gambar 4.27 Antarmuka Hasil <i>Posttest</i> dengan Skor dan Perhitungan <i>N-Gain</i> ...	99
Gambar 4. 28 Widget Statistik Siswa	100
Gambar 4.29 Breakdown Performa per Tipe Ujian pada Profil Siswa.....	100
Gambar 4.30 <i>Progress</i> per Mata Pelajaran dan Tren Skor Ujian Terakhir.....	100
Gambar 4.31 Antarmuka Halaman <i>Leaderboard</i> Siswa per Kelas dan Mata Pelajaran.....	101
Gambar 4.32 Antarmuka Daftar Survei dengan Pemisahan Status Pengisian	101
Gambar 4.33 Antarmuka Pengisian Survei dengan Skala Likert dan Teks Terbuka	102
Gambar 4.34 Konfirmasi Pengisian Survei Berhasil	102
Gambar 4.35 Rekap Jawaban Survei pada Panel Guru.....	102
Gambar 4.36 Antarmuka Daftar Mata Pelajaran pada Panel Guru	103
Gambar 4.37 Antarmuka Manajemen Bab dengan Fitur <i>Reorder</i>	104
Gambar 4.38 <i>Editor</i> Konten Materi Sub-Bab Menggunakan TinyMCE	104
Gambar 4.39 <i>Form</i> Penambahan Soal Esai dengan Kunci Jawaban dan Kata Kunci	104
Gambar 4.40 Antarmuka Daftar Soal dengan Fitur <i>Import</i> dan <i>Export</i>	105
Gambar 4.41 Antarmuka <i>Dashboard</i> Utama Guru.....	105
Gambar 4.42 Halaman Detail Siswa Laporan <i>N-Gain</i> per Kelas pada Panel Guru	106
Gambar 4.43 Laporan Analisis Butir Soal pada Panel Guru.....	106

Gambar 4.44 Overview Performa Kelas pada Panel Guru	106
Gambar 4.45 Antarmuka <i>Dashboard</i> Admin dengan Statistik Sistem.....	108
Gambar 4.46 Antarmuka Manajemen Pengguna pada Panel Admin	108
Gambar 4.47 <i>Form Import</i> Pengguna dari CSV pada Panel Admin	108
Gambar 4.48 Halaman Detail Kelas dengan Manajemen <i>Enrollment</i>	109
Gambar 4.49 Laporan Akademik Perbandingan Mode Adaptif dan Reguler pada Panel Admin	109
Gambar 4. 50 Tampilan Timer Countdown saat Pengerjaan Ujian.....	115
Gambar 4.51 Posisi Skor Rata-Rata Sistem pada Grafik Standar SUS	135
Gambar 4.52 Perbandingan Rata-Rata Pretest, Posttest, dan N-Gain antara Mode Reguler dan Mode Adaptif.....	145
Gambar 4.53 Arsitektur Deploy	149
Gambar 4.54 Oracle Cloud <i>Network Security Group</i> (NSG).....	151
Gambar 4.55 Setingan DNS	155
Gambar 4.56 Cloudflare R2	157

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkuman penelitian terkait	26
Tabel 3.1 Rincian Prosedur Pengujian Lapangan.....	48
Tabel 3.2 Rincian Prosedur Pengujian Lapangan.....	59
Tabel 4.1 Spesifikasi Perangkat Keras.....	64
Tabel 4.2 Spesifikasi Perangkat Lunak.....	65
Tabel 4. 3 Koleksi ChromaDB	70
Tabel 4. 4 Koleksi ChromaDB	72
Tabel 4. 5 Daftar <i>Endpoint</i> API Python.....	76
Tabel 4.6 Tipe Evaluasi pada LMS Adaptif.....	89
Tabel 4. 7 Kategori metode pada AiService	110
Tabel 4.8 Autentikasi dan <i>Role-Based Access Control</i> (RBAC)	116
Tabel 4.9 <i>Pretest</i> dan Klasifikasi Jalur Pembelajaran Adaptif.....	118
Tabel 4.10 <i>Sequential Unlock</i> dan Materi Pembelajaran.....	119
Tabel 4.11 Evaluasi (Empat Tipe Ujian).....	120
Tabel 4.12 Integrasi API dan Penilaian Otomatis	122
Tabel 4.13 Rule-Based System dan Rekomendasi Remedial	123
Tabel 4.14 Posttest, N-Gain, dan Fitur Pencarian	124
Tabel 4.15 Panel Guru dan Panel Admin.....	126
Tabel 4.16 Butir Pernyataan Kuesioner <i>System Usability Scale</i>	129
Tabel 4.17 Rekapitulasi Data Mentah Jawaban SUS	130
Tabel 4.18 Skor Akhir SUS per Responden.....	132
Tabel 4.19 Kerangka Interpretasi Skor SUS	134
Tabel 4.20 Kategorisasi N-Gain	136

Tabel 4.21 Rancangan Cross-Validation Pembagian Mode.....	137
Tabel 4.22 N-Gain Mode Reguler Kelas XI-F1, Materi Sudah Diajarkan (Struktur & Fungsi Sel, Sistem Ekskresi)	137
Tabel 4.23 N-Gain Mode Reguler Kelas XI-F4, Materi Belum Diajarkan (Sistem Reproduksi, Sistem Imun).....	138
Tabel 4.24 Agregat N-Gain Seluruh Mode Reguler	139
Tabel 4.25 N-Gain Mode Adaptif Kelas XI-F1, Materi Belum Diajarkan (Sistem Reproduksi, Sistem Imun).....	141
Tabel 4.26 N-Gain Mode Adaptif Kelas XI-F4, Materi Sudah Diajarkan (Struktur & Fungsi Sel, Sistem Ekskresi)	143
Tabel 4.27 Agregat N-Gain Seluruh Mode Adaptif	144
Tabel 4.28 Hasil Perbandingan.....	145
Tabel 4.29 Spesifikasi Lingkungan Deployment	148
Tabel 4.30 Ingress Rules pada Oracle NSG	151
Tabel 4.31 Konfigurasi PHP-FPM	152
Tabel 4.32 Konfigurasi .env (Mode Produksi Multi-Server)	153
Tabel 4.33 Perubahan Nameserver	154
Tabel 4.34 domain yang diarahkan ke VPS	155
Tabel 4.35 Fitur Cloudflare.....	155
Tabel 4.36 Dampak Optimasi terhadap Performa	158

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Turnitin Skripsi	166
-------------------------------------	-----