

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI RETRIEVAL AUGMENTED GENERATION
BERBASIS FRAMEWORK LANGCHAIN PADA CHATBOT
WHATSAPP UNTUK AKSES TANYA JAWAB DOKUMEN
INTERNAL PERUSAHAAN
DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA I (PERSERO)**



Intelligentia - Dignitas

AHMAD FADLI HUTASUHUT

NIM. 1519622067

**PROGRAM STUDI SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

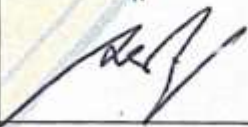
2026

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Ahmad Fadli Hutasuhut
NIM : 1519622067
Program Studi/Fakultas : Sistem dan Teknologi Informasi / Teknik
Judul Penelitian : Implementasi Retrieval Augmented Generation Berbasis
Framework LangChain Pada Chatbot WhatsApp Untuk
Akses Tanya Jawab Dokumen Internal Perusahaan di
PT. Perkebunan Nusantara I (Persero)

ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan **Lulus** / ~~Tidak Lulus~~)* Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 06 Agustus 2026

Tim Penguji,

Ketua Penguji	Fuad Mumtas, S. Kom., M.T.I. NIDN. 0331108801	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Muhammad Ridho Kurniawan Pratama, S.Kom, M.T.I. NUPTK. 2950774675130322	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Panser Karo Karo, S.Si., M.Kom NIDN. 0301016904	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Prasetyo Wibowo Yunanto, S.T., M.Eng. NIDN. 0021067904	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Shindy Arti, S.Pd., M.Eng. NIDN. 0327129301	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si., Apt., M.Si.
NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi
Sistem dan Teknologi Informasi



Lipur Sugiyanta, Ph.D.
NIDN. 0029127601

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi yang berjudul “Implementasi Retrieval Augmented Generation Berbasis *Framework* LangChain Pada Chatbot WhatsApp Untuk Akses Tanya Jawab Dokumen Internal Perusahaan di PT. Perkebunan Nusantara I (Persero)” ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 03 Februari 2026

Yang membuat pernyataan,



Ahmad Fadli Hutasuhut
NIM. 1519622067

Intelligentia - Dignitas



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN
TEKNOLOGI

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ahmad Fadli Hutasuhut
NIM : 1519622067
Fakultas/Prodi : Teknik/Sistem dan Teknologi Informasi
Alamat email : fadlyhutasuhut1305@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☐ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain
(.....)

yang berjudul : Implementasi Retrieval Augmented Generation Berbasis Framework LangChain Pada Chatbot WhatsApp Untuk Akses Tanya Jawab Dokumen Internal Perusahaan di PT. Perkebunan Nusantara I (Persero)

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 13 Agustus 2026

Penulis



Ahmad Fadli Hutasuhut



Intelligentia - Dignitas

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Retrieval Augmented Generation Berbasis *Framework* LangChain Pada Chatbot WhatsApp Untuk Akses Tanya Jawab Dokumen Internal Perusahaan di PT. Perkebunan Nusantara I (Persero)”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk melakukan penelitian dalam rangka menyelesaikan studi pada Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, yang selalu memberikan doa tulus, kasih sayang, dukungan moral, maupun materi yang tak terhingga.
2. Bapak Lipur Sugiyanta, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Koordinator Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi.
3. Bapak Prasetyo Wibowo Yunanto, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan bagi penulis selama penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Shindy Arti, S.Pd., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II, atas saran, masukan, dan kesabarannya dalam membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh Dosen Penguji, atas waktu, kritik, saran, dan masukan yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, yang telah memberikan ilmu serta bimbingan kepada penulis selama menempuh masa perkuliahan.
7. Abang dan Kakak saya tersayang, terima kasih atas semangat dan dukungan yang selalu kalian berikan kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan serta sahabat terdekat yang menjadi tempat bertukar pikiran dan saling menyemangati dalam proses perkuliahan ini.

Jakarta, 04 Februari 2026



Ahmad Fadli Hutasuhut

IMPLEMENTASI RETRIEVAL AUGMENTED GENERATION BERBASIS FRAMEWORK LANGCHAIN PADA CHATBOT WHATSAPP UNTUK AKSES TANYA JAWAB DOKUMEN INTERNAL PERUSAHAAN DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA I (PERSERO)

Ahmad Fadli Hutasuhut

Dosen Pembimbing: Prasetyo Wibowo Yunanto, S.T. M.Eng. &
Shindy Arti, S.Pd., M.Eng.

ABSTRAK

Mengelola dokumen internal perusahaan menjadi tantangan bagi banyak bisnis, termasuk Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di Indonesia. Karyawan seringkali kesulitan untuk dengan cepat dan akurat mendapatkan informasi dari dokumen internal seperti kebijakan, peraturan, dan Standar Operasional Prosedur (SOP). Pencarian manual memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan. Di sisi lain, teknologi *chatbot* yang mengandalkan *Large Language Model* (LLM) cenderung memberikan respon yang salah saat dihadapkan pada pertanyaan di luar basis pengetahuannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *chatbot* berbasis *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) yang terintegrasi dengan WhatsApp, memungkinkan akses ke dokumen internal di PT Perkebunan Nusantara 1. Langkah-langkah dalam penelitian ini meliputi pengumpulan dokumen internal, pemrosesan dokumen, pengembangan sistem RAG, integrasi dengan WhatsApp, dan pembuatan panel admin berbasis web. Sistem dievaluasi menggunakan metrik otomatis (BERTScore, BLEU-4, ROUGE-L, dan RAGAS), penilaian pakar internal PTPN 1 dengan skala Likert, pengukuran kebergunaan melalui *System Usability Scale* (SUS), serta Uji Penerimaan Pengguna (*User Acceptance Testing*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *chatbot* yang dibangun menggunakan model Gemini 2.5 Flash dan basis data vektor Qdrant memperoleh BERTScore 0,915, BLEU-4 0,641, ROUGE-L 0,844, *Faithfulness* 0,890, dan *Answer Relevancy* 0,899, yang menandakan jawaban tepat secara makna sekaligus berpegang pada isi dokumen sumber. Penilaian tiga pakar internal memberikan skor rata-rata 4,44 dari 5,00 (kategori Sangat Baik), skor SUS mencapai 84,88 (kategori Excellent, Grade A), dan Uji Penerimaan Pengguna oleh 20 karyawan memperoleh nilai 100% (kategori Sangat Layak). Penambahan komponen *reranker* pada tahap pengujian masih dapat meningkatkan mutu jawaban lebih jauh, dengan *Faithfulness* mencapai nilai 1,000 dan *Context Precision* naik menjadi 0,866. Hasil ini membuktikan bahwa *chatbot* RAG berbasis WhatsApp mampu menyediakan akses dokumen internal yang akurat dan mudah digunakan bagi karyawan di sektor perkebunan milik negara di Indonesia.

Kata Kunci: *Retrieval-Augmented Generation*, *Large Language Model*, *Chatbot*, WhatsApp, Dokumen Internal, PTPN 1

IMPLEMENTATION OF RETRIEVAL AUGMENTED GENERATION BASED ON THE LANGCHAIN FRAMEWORK ON A WHATSAPP CHATBOT FOR QUESTION AND ANSWER ACCESS TO INTERNAL COMPANY DOCUMENTS AT PT. PERKEBUNAN NUSANTARA I (PERSERO)

Ahmad Fadli Hutasuhut

Dosen Pembimbing: Prasetyo Wibowo Yunanto, S.T. M.Eng. & Shindy Arti, S.Pd., M.Eng.

ABSTRACT

Internal document management is a challenge faced by many organizations, including Badan Usaha Milik Negara (BUMN) in Indonesia. Employees often experience difficulties in quickly and accurately accessing information from internal documents such as Standard Operating Procedures (SOP), policies, and company regulations. Manual searches require significant time and can be prone to errors. On the other hand, Large Language Model (LLM) based chatbot technology has limitations in the form of a tendency to produce inaccurate information when answering questions outside its knowledge. This research aims to implement a Retrieval-Augmented Generation (RAG) based chatbot integrated with WhatsApp for accessing internal documents at PT Perkebunan Nusantara 1. The stages in this research include: internal document collection, document processing, RAG system development, WhatsApp integration, and web-based admin panel development. The system was evaluated using automatic metrics (BERTScore, BLEU-4, ROUGE-L, and RAGAS), expert assessment by internal PTPN 1 evaluators using a Likert scale, usability measurement through the System Usability Scale (SUS), and User Acceptance Testing. The results show that the chatbot, built using the Gemini 2.5 Flash model and the Qdrant vector database, achieved a BERTScore of 0.915, BLEU-4 of 0.641, ROUGE-L of 0.844, Faithfulness of 0.890, and Answer Relevancy of 0.899, indicating answers that are both semantically accurate and grounded in the source documents. Expert assessment by three internal evaluators yielded an average score of 4.44 out of 5.00 (Very Good category), the SUS score reached 84.88 (Excellent category, Grade A), and User Acceptance Testing by 20 employees obtained a score of 100% (Highly Feasible category). Adding a reranker component during testing further improved answer quality, raising Faithfulness to 1.000 and Context Precision to 0.866. These results demonstrate that the WhatsApp-based RAG chatbot is able to provide accurate and easy-to-use internal document access for employees in the state-owned plantation sector in Indonesia.

Keywords: Retrieval-Augmented Generation, Large Language Model, Chatbot, WhatsApp, Internal Documents, PTPN 1

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK: SRKIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	10
1.3 Pembatasan Penelitian.....	10
1.4. Rumusan Masalah	11
1.5. Tujuan Penelitian	11
1.6. Manfaat Penelitian	12
1.6.1 Manfaat Teoritis	12
1.6.2 Manfaat Praktis	12
BAB II KAJIAN PUSTAKA	13
2.1 Konsep dan Teori	13
2.1.1 <i>Chatbot</i>	13
2.1.2 <i>Large Language Models (LLM)</i>	16
2.1.3 <i>Retrieval-Augmented Generation (RAG)</i>	18
2.1.3.1 <i>LangChain</i>	20
2.1.4 <i>Vector Database</i>	22
2.1.4.1 <i>Qdrant</i>	24

2.1.5 <i>Semantic Search</i>	26
2.1.6 <i>Document Chunking</i>	29
2.1.7 <i>Prompt Engineering</i>	31
2.1.8 WhatsApp Business API	36
2.1.8.1 WAHA (WhatsApp HTTP API)	38
2.1.9 <i>Framework dan Tools Pendukung</i>	39
2.1.9.1 FastAPI	40
2.1.9.2 Vue.js	40
2.1.9.3 Document Processing Libraries	41
2.1.9.4 SQLAlchemy	41
2.1.9.5 Redis	42
2.1.9.6 Docker	42
2.1.10 Metrik Evaluasi RAG	43
2.1.10.1 BERTScore	43
2.1.10.2 BLEU (<i>Bilingual Evaluation Understudy</i>)	45
2.1.10.3. ROUGE-L (<i>Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation</i>)	46
2.1.10.4 RAGAS (<i>Retrieval Augmented Generation Assessment</i>)	48
2.1.10.5 Penilaian Pakar	49
2.1.11 <i>System Usability Scale</i> (SUS)	50
2.1.12 <i>Cross-Industry Standard Process for Data Mining</i> (CRISP-DM)	55
2.1.13 Profil PT Perkebunan Nusantara I (Persero)	57
2.1.13.1 Profil dan Sejarah	57
2.1.13.2 Bidang Usaha dan Wilayah Operasional	58
2.1.13.3 Visi dan Misi	58
2.1.13.4 Struktur Organisasi	58
2.2. Penelitian Relevan	59
2.3. Kontribusi Penelitian	68
2.4. Kerangka Berpikir	74

BAB III METODE PENELITIAN	78
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	78
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	79
3.2.1 Perangkat Keras	79
3.2.2 Perangkat Lunak	79
3.2.3 Bahan Penelitian	81
3.3 Langkah-langkah Penelitian	81
3.3.1 <i>Business Understanding</i>	82
3.3.2 <i>Data Understanding</i>	84
3.3.3 <i>Data Preparation</i>	85
3.3.4 <i>Modeling</i>	90
3.3.5 <i>Evaluation</i>	93
3.3.6 <i>Deployment</i>	94
3.4. Teknik Pengumpulan Data	96
3.4.1 Data Primer	96
3.4.2.1 Studi Dokumentasi Instansional	96
3.4.2.2 Kuesioner dan Penilaian Responden	97
3.4.2 Data Sekunder	99
3.5. Metode Evaluasi Data	100
3.5.1 Penyusunan <i>Dataset</i> Uji	100
3.5.2 Pengujian Sistem (Metrik Otomatis)	100
3.5.2.1 Desain Skenario Pengujian	101
3.5.2.2 Eksperimen <i>Reranker</i>	103
3.5.3 Penilaian Pakar	104
3.5.4 Validasi Kebergunaan Sistem (<i>System Usability Scale</i>)	106
3.5.4.1 Pemilihan Responden	106
3.5.4.2 Prosedur Pengumpulan Data SUS	106
3.5.4.3 Adaptasi Kuesioner SUS	107
3.5.4.4 Analisis Data SUS	109

3.5.5 <i>User Acceptance Testing</i>	109
3.5.5.1 Pemilihan Responden	110
3.5.5.2 Prosedur Pengumpulan Data UAT	110
3.5.5.3 Instrumen Kasus Uji	110
BAB IV HASIL PENELITIAN	113
4.1. Hasil Penelitian	113
4.1.1 Hasil Pengembangan Sistem	113
4.1.1.1 Hasil <i>Business Understanding</i>	115
4.1.1.2 Hasil <i>Data Understanding</i>	117
4.1.1.3 Hasil <i>Data Preparation</i>	117
4.1.1.4 Hasil <i>Modeling</i>	128
4.1.1.5 Hasil <i>Evaluation</i>	136
4.1.1.6 Hasil <i>Deployment</i>	137
4.1.2 Hasil Evaluasi Sistem	139
4.1.3 Hasil Evaluasi Kebergunaan	148
4.1.4 Hasil Uji <i>User Acceptance Testing</i>	150
4.2. Analisis Hasil Penelitian	153
4.2.1 Analisis Pengembangan Sistem	153
4.2.2.1 Metrik Otomatis	154
4.2.2.2 <i>Expert Judgment</i>	158
4.2.3 Analisis Kebergunaan Sistem (SUS)	160
4.2.4 Analisis <i>User Acceptance Testing</i>	161
4.3. Analisis Hasil Metode <i>Baseline</i>	163
4.3.1 <i>Baseline</i> vs <i>Reranker</i>	164
4.3.2 <i>Baseline Retrieval: Hybrid</i> vs <i>Dense-only</i>	165
4.4. Pembahasan	166
4.4.1 Ketercapaian Tujuan Penelitian	166
4.4.2 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	167
4.4.3 Pemilihan Metrik Evaluasi	170

4.4.4 Implikasi Hasil Penelitian	173
4.4.5 Sifat Iteratif CRISP-DM	175
4.4.6 Keterbatasan Penelitian.....	175
4.4.7 Kontribusi Penelitian.....	176
BAB V PENUTUP	177
5.1. Kesimpulan	177
5.2 Saran.....	179
DAFTAR PUSTAKA	181
DAFTAR LAMPIRAN	188



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Perbandingan Generasi Chatbot.....	15
2.2 Perbandingan Karakteristik Large Language Models.....	17
2.3 Perbandingan Pendekatan LLM.....	22
2.4 Perbandingan <i>Vector Database</i> Populer	23
2.5 Perbandingan Keyword Search dan <i>Semantic search</i>	26
2.6 Komponen <i>Prompt</i> Template untuk RAG	35
2.7 Ringkasan <i>Framework</i> dan Tools Pendukung	43
2.8 Pernyataan Kuesioner System Usability Scale (Brooke, 1996).....	51
2.9 Interpretasi Skor SUS (Bangor dkk., 2009a)	52
2.10 Pembobotan Skala Guttman pada UAT (Sugiyono, 2019)	54
2.11 Interpretasi Nilai Persentase Kelayakan (Arikunto, 2013)	55
2.12 Kontribusi Penelitian.....	68
3.1 Jadwal Waktu Penelitian.....	78
3.2 Perangkat Keras	79
3.3 Perangkat Lunak.....	80
3.4 Bahan Penelitian.....	81
3.5 Kategori Dokumen Internal PTPN 1.....	84
3.6 Konfigurasi Docling Document Processor.....	87
3.7 Konfigurasi Parameter <i>Chunking</i>	88
3.8 Konfigurasi Parameter <i>Retriever</i>	91
3.9 Konfigurasi LLM untuk RAG <i>Query Pipeline</i>	92
3.10 Layanan Docker yang Diorkestrasi	95
3.11 Kriteria Penilaian Pakar	105
3.12 Pernyataan Kuesioner SUS Versi Bahasa Indonesia (Sharfina Santoso, 2016)	108
3.13 Kasus Uji UAT untuk Pengguna Akhir	111
3.14 Kasus Uji UAT untuk Fungsi Administrator	112
4.1 Pemenuhan Kebutuhan Fungsional Sistem.....	116

4.2 Hasil Metrik Otomatis: Skenario 1 (Tanpa Normalisasi, Tanpa Reranker), Temperature 0.....	141
4.3 Hasil Metrik Otomatis: Skenario 2 (Normalisasi Strong, Tanpa Reranker), Temperature 0.....	142
4.4 Hasil Metrik Otomatis: Skenario 1 (Tanpa Normalisasi, Tanpa Reranker), Temperature 0,7.....	143
4.5 Hasil Metrik Otomatis: Skenario 2 (Normalisasi Strong, Tanpa Reranker), Temperature 0,7.....	143
4.6 Hasil Metrik Otomatis: Skenario 3 (Tanpa Normalisasi, Dengan Reranker), Temperature 0.....	144
4.7 Hasil Metrik Otomatis: Skenario 4 (Normalisasi Strong, Dengan Reranker), Temperature 0.....	145
4.8 Hasil Metrik Otomatis: Skenario 3 (Tanpa Normalisasi, Dengan Reranker), Temperature 0,7.....	145
4.9 Hasil Metrik Otomatis: Skenario 4 (Normalisasi Strong, Dengan Reranker), Temperature 0,7.....	146
4.10 Rangkuman Nilai Tertinggi Tiap Metrik	146
4.11 Rata-rata Skor Penilaian Pakar.....	147
4.12 Ringkasan Hasil System Usability Scale (SUS)	148
4.13 Hasil Uji Penerimaan Pengguna per Kasus Uji (n = 20).....	151
4.14 Hasil Uji Fungsi Administrator	152
4.15 Perbandingan Tanpa vs Dengan Reranker	164
4.16 Ringkasan Ketercapaian Tujuan Penelitian	166
4.17 Perbandingan dengan Studi Terdahulu	167
4.18 Perbandingan Penilaian Pakar dengan Studi Terdahulu	169
4.19 Perbandingan Kebergunaan (SUS)	170
4.20 Titik Buta Antarmetrik Evaluasi	171

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Arsitektur RAG (Gao dkk., 2024).....	19
2.2 Contoh <i>Zero-shot Prompting</i>	32
2.3 Contoh <i>Few-shot Prompting</i>	33
2.4 Contoh <i>Chain-of-Thought Prompting</i>	33
2.5 Contoh <i>Retrieval-Augmented Prompting</i>	34
2.6 Alur Kerangka Berpikir.....	77
3.1 Langkah-langkah Penelitian.....	82
3.2 Sintesis Chunk.....	89
4.1 Diagram Blok Sistem RAG.....	114
4.2 Halaman Documents	118
4.3 Mekanisme Ekstraksi Teks dengan <i>Fallback OCR</i>	119
4.4 Pemrosesan Dokumen Secara <i>Asynchronous</i>	120
4.5 Implementasi Pemilihan Jalur Pemrosesan Dokumen	121
4.6 Pemrosesan Dokumen Menggunakan Docling Processor.....	122
4.7 Mekanisme <i>Heading-Aware Semantic Chunking</i>	123
4.8 Implementasi <i>Fallback Sentence-Based Chunking</i>	124
4.9 Proses <i>Embedding Batch</i> dengan Mekanisme <i>Caching</i>	125
4.10 Penyimpanan Vektor dan <i>Metadata</i> ke Qdrant.....	126
4.11 Alur Lengkap <i>Document Ingestion Pipeline</i>	127
4.12 Percakapan WhatsApp: pertanyaan faktual dijawab benar + sitasi	128
4.13 Respons sapaan ramah	129
4.14 Pertanyaan di luar dokumen.....	130
4.15 Panel Admin.....	131
4.16 Implementasi Komponen LCELRetriever	131
4.17 Desain System Prompt Bahasa Indonesia dengan Sitasi	132
4.18 Orkestrasi RAG <i>Query Pipeline</i> Berbasis LCEL.....	134
4.19 Eksekusi <i>Pipeline</i> RAG dalam Wrapper Class	135
4.20 Pengiriman Pesan melalui WAHA Client.....	136
4.21 Sistem berjalan di Docker	137

4.22 Dockerfile untuk Kontainerisasi <i>Backend</i>	138
4.23 Konfigurasi CORS untuk <i>Deployment Production</i>	139
4.24 Grafik distribusi skor SUS per responden.....	149



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Tugas Dosen Pembimbing Skripsi	188
2. Surat Permohonan Izin Mengadakan Penelitian	189
3. Lembar Kehadiran Seminar Proposal Skripsi	190
4. Surat Balasan Penelitian dari PTPN 1	191
5. Project Charter Chatbot AI Berbasis WhatsApp.....	193
6. Spesifikasi Kebutuhan Perangkat Lunak	201
7. Dokumentasi Hasil Wawancara dan Analisis Kebutuhan.....	210
8. Panduan Pengujian SUS.....	216
9. Panduan Pengujian UAT.....	217
10. Penilaian Pakar.....	219
11. Perhitungan Skor SUS	231
12. Perhitungan Reliabilitas SUS.....	234
13. Pengujian UAT	245
14. Jumlah Dokumen di PTPN 1	252
15. Dokumentasi Foto Ketika Pengujian	253

Intelligentia - Dignitas