

**PENGEMBANGAN MODEL *DEEP LEARNING*
UNTUK KLASIFIKASI KATEGORI KEBUTUHAN
PERANGKAT LUNAK DARI KALIMAT
TERSTRUKTUR**

Tugas Akhir

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Mencapai Derajat
Sarjana Komputer**



Disusun Oleh:

VRIYAS DEWI PRATIWI

210711094

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

PENGEMBANGAN MODEL DEEP LEARNING UNTUK KLASIFIKASI KATEGORI KEBUTUHAN PERANGKAT LUNAK DARI KALIMAT TERSTRUKTUR

yang disusun oleh

Vriyas Dewi Pratiwi

210711094

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 23 Juni 2025

		Keterangan
Dosen Pembimbing 1	: Y. Sigit Purnomo WP., S.T.,M.Kom., Ph.D.	Telah Menyetujui
Dosen Pembimbing 2	: Findra Kartika Sari Dewi, S.T., M.M., M.T.	Telah Menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	: Y. Sigit Purnomo WP., S.T.,M.Kom., Ph.D.	Telah Menyetujui
Penguji 2	: Eddy Julianto, S.T.,M.T.	Telah Menyetujui
Penguji 3	: Th. Adi Purnomo Sidhi, S.T., M.T.	Telah Menyetujui

Yogyakarta, 23 Juni 2025

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Teknologi Industri

Dekan

ttd.

Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T.

Dokumen ini merupakan dokumen resmi UAJY yang tidak memerlukan tanda tangan karena dihasilkan secara elektronik oleh Sistem Bimbingan UAJY. UAJY bertanggung jawab penuh atas informasi yang tertera di dalam dokumen ini

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Vriyas Dewi Pratiwi
Nomor Pokok Mahasiswa : 210711094
Program Studi : Informatika
Fakultas : Teknologi Industri
Judul Penelitian : Pengembangan Model *Deep Learning*
untuk Klasifikasi Kategori Kebutuhan
Perangkat Lunak dari Kalimat
Terstruktur

Menyatakan dengan ini:

1. Tugas Akhir ini adalah benar tidak merupakan Salinan sebagian atau keseluruhan dari karya penelitian lain.
2. Memberikan kepada Universitas Atma Jaya Yogyakarta atas penelitian ini, berupa Hak untuk menyimpan, mengelola, mendistribusikan, dan menampilkan hasil penelitian selama tetap mencantumkan nama penulis.
3. Bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum atas pelanggaran Hak Cipta dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 20 Juni 2025

Yang menyatakan,



Vriyas Dewi Pratiwi

210711094

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, Tugas Akhir ini dipersembahkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta keluarga dan kerabat yang telah menjadi sumber kekuatan dan dorongan selama proses penyusunan berlangsung.

1 Petrus 5 : 7

"Serahkanlah segala kekuatiranmu kepada-Nya,
sebab Ia yang memelihara kamu."

***“Chase your dreams, not just for yourself, but to bring
meaning to others.”***

KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir yang berjudul “Pengembangan Model *Deep Learning* untuk Klasifikasi Kategori Kebutuhan Perangkat Lunak dari Kalimat Terstruktur” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun sebagai penggapaian harapan semasa studi dan tentunya merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis memiliki kesadaran penuh dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada:

1. Seluruh keluarga maupun saudara yang telah memberikan dukungan moril dan materiil selama proses penyusunan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. G. Sri Nurhartanto, S.H., LL.M., selaku Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta, beserta seluruh jajaran pimpinan universitas atas kepemimpinan dan dukungan akademik yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Ir. Parama Kartika Dewa SP., S.T., M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, atas bimbingan dan dukungan selama masa perkuliahan.
4. Bapak Yohanes Sigit Purnomo Wuryo Putro, S.T., M.Kom., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan arahan, saran, serta bimbingan yang berharga dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Findra Kartika Sari Dewi, S.T., M.M., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan dukungan, masukan, serta motivasi dalam menyelesaikan penelitian ini.
6. Bapak Martinus Maslim, S.T., M.T., selaku dosen, yang telah memberikan wawasan dan dukungan selama proses penyusunan Tugas Akhir.

7. Teman-teman yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta kebersamaan yang berarti selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Demikian laporan tugas akhir ini dibuat, dan penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 20 Juni 2025

Yang menyatakan,



Vriyas Dewi Pratiwi

210711094

DAFTAR ISI

PENGEMBANGAN MODEL <i>DEEP LEARNING</i> UNTUK KLASIFIKASI KATEGORI KEBUTUHAN PERANGKAT LUNAK DARI KALIMAT TERSTRUKTUR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI ILMIAH.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
INTISARI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	7
D. Tujuan Penelitian.....	8
E. Metode Penelitian.....	9
1. Studi Pendahuluan.....	10
2. Pembuatan Dataset	11
3. Pembangunan Model Klasifikasi	13
4. Penentuan Model Terbaik.....	15
F. Sistematika Penulisan	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	19

BAB III LANDASAN TEORI.....	30
A. Kebutuhan Perangkat Lunak.....	30
B. Kategori Kebutuhan Perangkat Lunak.....	30
C. Pengolahan Bahasa Alami (NLP).....	32
D. Klasifikasi Teks dalam NLP berbasis <i>Deep Learning</i>	32
E. Model Bahasa Pra-Latih (<i>Pre-trained Language Models</i>).....	32
F. Arsitektur Model BERT dan Variannya	34
1. Model Distil BERT	34
2. Model BERT <i>Base</i>	35
3. Model BERT <i>Large</i>	36
G. <i>Large Language Model</i> (LLM) GPT-4o dari Azure OpenAI.....	37
H. Konsep <i>Few-Shot</i> dan Kaitannya dengan Pendekatan <i>Prompting</i>	38
1. Pengertian <i>Prompting</i>	38
2. <i>Few-Shot Classification</i>	38
3. Pendekatan <i>Few-Shot Prompting</i>	38
4. Penerapan <i>Few-Shot</i> dalam <i>Prompting</i>	39
I. Pengukuran Evaluasi Kinerja Model Klasifikasi	40
1. Akurasi (<i>Accuracy</i>)	41
2. Presisi (<i>Precision</i>)	41
3. <i>Recall</i>	41
4. <i>F1-score</i>	41
J. <i>Overfitting</i> dan <i>Underfitting</i> pada Model.....	42
K. Teknik Augmentasi <i>Back-Translation</i>	43
BAB IV PEMBUATAN DATASET.....	44
A. Pendahuluan	44

B.	Tinjauan Umum Pendekatan	44
C.	Pembuatan Dataset	45
1.	Tugas Pengumpulan Dataset (<i>Dataset Collection</i>)	45
2.	Tugas Pembersihan Dataset (<i>Dataset Cleaning</i>).....	51
3.	Tugas Normalisasi Dataset (<i>Dataset Normalization</i>).....	59
4.	Tugas Penyeimbangan Dataset (<i>Dataset Balancing</i>).....	61
D.	Hasil dan Pembahasan.....	68
E.	Kesimpulan	69
BAB V PEMBANGUNAN MODEL		70
A.	Pendahuluan	70
B.	Tinjauan Umum Pendekatan	71
C.	Pembangunan <i>Baseline</i> LLM GPT-4o dengan Metode <i>Prompting</i>	71
1.	Penyetelan API Key Azure OpenAi.....	71
2.	Penyusunan <i>System Prompt</i> untuk Klasifikasi	72
3.	Pemberian Dataset ke GPT-4o dan Perintah Prediksi	87
4.	Evaluasi Metrik Prediksi GPT-4o	90
5.	Hasil Prediksi GPT-4o pada Dataset Tidak Seimbang dan Seimbang ..	91
D.	Tinjauan Arsitektur Pembangunan Model Klasifikasi (Distil BERT, BERT <i>Base</i> , dan BERT <i>Large</i>).....	102
E.	Pengaturan Eksperimen Pembangunan Model Klasifikasi	104
F.	Pengaturan <i>Reproducibility Environment</i> Pembangunan Model Klasifikasi	104
G.	Persiapan Dataset Pembangunan Model Klasifikasi.....	106
H.	<i>Feature Engineering</i> Pembangunan Model Klasifikasi	110
I.	Strategi Optimasi Pembangunan Model Klasifikasi	112

J.	Penyetelan <i>Hyperparameter</i> Pembangunan Model Klasifikasi	113
K.	Pelatihan dan Validasi Pembangunan Model Klasifikasi.....	116
L.	Hasil Eksperimen Pembangunan Model Klasifikasi.....	158
1.	BB_BLN (LR 3e-5): Model Terbaik Secara Keseluruhan	161
2.	DB_BLN (LR 5e-5): Optimalisasi Efisiensi dan Keseimbangan	161
3.	BL_BLN (LR 1e-5): Stabilitas untuk Data Kompleks.....	161
M.	Penentuan Model Terbaik.....	162
1.	<i>Baseline</i> LLM GPT-4o dengan Pendekatan <i>Few-Shot Prompting</i> (<i>n-way k-shot</i>)	163
2.	Pengujian <i>Hyperparameter Learning Rate</i> (LR) pada Model Distil BERT, BERT <i>Base</i> , dan BERT <i>Large</i>	164
3.	Pembangunan Model Distil BERT, BERT <i>Base</i> , dan BERT <i>Large</i>	165
N.	Antarmuka Model Terbaik Klasifikasi	166
1.	Menyimpan Model Ke Repositori Hugging Face	166
2.	Mengakses Model Menggunakan Token Otentikasi HF_TOKEN	167
3.	Implementasi Model Dalam Antarmuka Berbasis Web	167
4.	Pengujian Sistem <i>Website</i> TypeMyReq.....	173
5.	Ubah IP Lokal ke <i>Public</i> menggunakan Ngrok	176
BAB VI PENUTUP		177
A.	Kesimpulan	177
B.	Saran.....	177
DAFTAR PUSTAKA		178

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Siklus Analisis Kebutuhan Secara Keseluruhan (<i>link</i>).....	4
Gambar 1.2 Kategori Kebutuhan Perangkat Lunak (<i>link</i>)	6
Gambar 1.3 Kerangka Operasional Penelitian (<i>link</i>)	9
Gambar 1.4 Gambaran Umum Penelitian (<i>link</i>)	10
Gambar 1.5 Kerangka Pembuatan Dataset (<i>link</i>).....	11
Gambar 1.6 Kerangka Pembangunan <i>Baseline</i> LLM GPT-4o (<i>link</i>)	14
Gambar 1.7 Kerangka Pembangunan Model Klasifikasi (<i>link</i>)	14
Gambar 1.8 <i>Confusion Matrix</i> (<i>link</i>).....	16
Gambar 3.1 Konsep Sederhana dari Pemahaman Hubungan Searah dan Multiarah [34].....	33
Gambar 3.2 Konsep <i>Pre-training</i> dan <i>Fine-Tuning</i> BERT [33].....	34
Gambar 3.3 Arsitektur Model Distil BERT dan BERT <i>Base</i> [36]	35
Gambar 3.4 Arsitektur BERT <i>Base</i> [38]	36
Gambar 3.5 Arsitektur BERT <i>Large Encoders</i> [39].....	37
Gambar 3.6 Representasi <i>Input</i> BERT [39]	37
Gambar 3.7 Struktur <i>Prompting</i> GPT-4o [46].....	40
Gambar 3.8 Struktur <i>Prompt</i> Menurut Mauck & Mueller [45].....	40
Gambar 3.9 Model <i>Underfitted</i> , <i>Good</i> , dan <i>Overfitted</i> [49]	43
Gambar 4. 1 Tahapan dalam Tugas Pengumpulan Dataset (<i>link</i>)	46
Gambar 4.2 Tahapan dalam Tugas Pembersihan Dataset (<i>link</i>).....	51
Gambar 4.3 Tahapan dalam Tugas Normalisasi Dataset (<i>link</i>)	59
Gambar 4.4 Tahapan dalam Tugas Penyeimbangan Dataset (<i>link</i>).....	62
Gambar 5.1 Perbandingan Hasil Evaluasi GPT-4o pada Dataset Tidak Seimbang (<i>link</i>). 92	
Gambar 5.2 Perbandingan Hasil Evaluasi GPT-4o pada Dataset Seimbang (<i>link</i>)	93
Gambar 5.3 Perbandingan <i>Precision</i> per Kelas Dataset Tidak Seimbang dalam <i>12-way one, three, five-shot prompting</i> (<i>link</i>)	98
Gambar 5.4 Perbandingan <i>Recall</i> per Kelas Dataset Tidak Seimbang dalam <i>12-way one, three, five-shot prompting</i> (<i>link</i>)	98

Gambar 5.5 Perbandingan <i>F1-score</i> per Kelas Dataset Tidak Seimbang dalam <i>12-way one, three, five-shot prompting (link)</i>	99
Gambar 5.6 Perbandingan <i>Precision</i> per Kelas Dataset Seimbang dalam <i>12-way one, three, five-shot prompting (link)</i>	99
Gambar 5.7 Perbandingan <i>Recall</i> per Kelas Dataset Seimbang dalam <i>12-way one, three, five-shot prompting (link)</i>	100
Gambar 5.8 Perbandingan <i>F1-score</i> per Kelas Dataset Seimbang dalam <i>12-way one, three, five-shot prompting (link)</i>	100
Gambar 5.9 Arsitektur Pembangunan Model Klasifikasi (<i>link</i>)	103
Gambar 5.10 Kurva Pelatihan dan Validasi DB_IMB LR 1e-5	121
Gambar 5.11 Kurva Pelatihan dan Validasi DB_IMB LR 3e-5	123
Gambar 5.12 Kurva Pelatihan dan Validasi DB_IMB LR 5e-5	125
Gambar 5.13 Kurva Pelatihan dan Validasi DB_BLN LR 1e-5	128
Gambar 5.14 Kurva Pelatihan dan Validasi DB_BLN LR 3e-5	130
Gambar 5.15 Kurva Pelatihan dan Validasi DB_BLN LR 5e-5	132
Gambar 5.16 Kurva Pelatihan dan Validasi BB_IMB LR 1e-5	135
Gambar 5.17 Kurva Pelatihan dan Validasi BB_IMB LR 3e-5	137
Gambar 5.18 Kurva Pelatihan dan Validasi BB_IMB LR 5e-5	139
Gambar 5.19 Kurva Pelatihan dan Validasi BB_BLN LR 1e-5	141
Gambar 5.20 Kurva Pelatihan dan Validasi BB_BLN LR 3e-5	143
Gambar 5.21 Kurva Pelatihan dan Validasi BB_BLN LR 5e-5	145
Gambar 5.22 Kurva Pelatihan dan Validasi BL_IMB LR 1e-5	147
Gambar 5.23 Kurva Pelatihan dan Validasi BL_IMB LR 3e-5	149
Gambar 5.24 Kurva Pelatihan dan Validasi BL_IMB LR 5e-5	151
Gambar 5.25 Kurva Pelatihan dan Validasi BL_BLN LR 1e-5	153
Gambar 5.26 Kurva Pelatihan dan Validasi BL_BLN LR 3e-5	155
Gambar 5.27 Kurva Pelatihan dan Validasi BL_BLN LR 5e-5	157
Gambar 5.28 Model Terbaik pada Hugging Face Repositori	167
Gambar 5.29 Tampilan Antarmuka <i>Website</i> TypeMyReq	172
Gambar 5.30 Tampilan Antarmuka <i>Website</i> TypeMyReq Bagian <i>About</i>	172
Gambar 5.31 Tampilan Antarmuka <i>Website</i> TypeMyReq Mengembalikan Hasil Prediksi Berdasarkan <i>Input</i>	173

Gambar 5.32 Tampilan <i>Detail</i> Prediksi Pada Kelas Lain.....	173
Gambar 5.33 <i>Alert Box Input</i> Kosong	174
Gambar 5.34 <i>Alert Box Input</i> Kurang dari Tiga Kata	174
Gambar 5.35 <i>Alert Box Input</i> Tidak menggunakan bahasa Inggris	175
Gambar 5.36 <i>Alert Box Input</i> Sesuai Kalimat Terstruktur Kebutuhan Perangkat Lunak	176

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kalimat Terstruktur Mengenai Kebutuhan Perangkat Lunak.....	5
Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu.....	22
Tabel 4.1 Persebaran Dataset Keenam Repositori Ilmiah.....	47
Tabel 4.2 Persebaran Dataset_Tahap_1A.xlsx	50
Tabel 4.3 Perbandingan Data Tugas Pengumpulan Dataset dan Tugas Pembersihan Dataset.....	58
Tabel 4.4 Perbandingan Tugas Normalisasi Dataset dan Tugas Penyeimbangan Dataset.....	67
Tabel 5.1 Detail <i>Few-Shot-Prompting</i>	76
Tabel 5.2 Detail Contoh <i>12-Way One-Shot-Prompting</i>	77
Tabel 5.3 Detail Contoh <i>12-Way Three-Shot-Prompting</i>	78
Tabel 5.4 Detail Contoh <i>12-Way Five-Shot-Prompting</i>	81
Tabel 5.5 <i>File</i> Hasil Prediksi LLM GPT-4o	89
Tabel 5.6 Perbandingan Hasil Per Kelas dari <i>12-Way One-Shot-Prompting</i> Data Tidak Seimbang dan Seimbang.....	94
Tabel 5.7 Perbandingan Hasil Per Kelas dari <i>12-Way Three-Shot-Prompting</i> Data Tidak Seimbang dan Seimbang.....	95
Tabel 5.8 Perbandingan Hasil Per Kelas dari <i>12-Way Five-Shot-Prompting</i> Data Tidak Seimbang dan Seimbang.....	96
Tabel 5.9 Hasil <i>Classification Report</i> Metode <i>Prompting</i> LLM GPT-4o Dataset Tidak Seimbang.....	101
Tabel 5.10 Hasil <i>Classification Report</i> Metode <i>Prompting</i> LLM GPT-4o Dataset Seimbang.....	101
Tabel 5.11 Hasil <i>Learning Rate</i> Terbaik pada Model Klasifikasi	113
Tabel 5.12 Konfigurasi Model dan <i>Tokenizer</i> yang Digunakan.....	116
Tabel 5.13 Hasil Pelatihan dan Validasi Model DB_IMB dengan LR 1e-5.....	120
Tabel 5.14 Hasil Pelatihan dan Validasi Model DB_IMB dengan LR 3e-5.....	122
Tabel 5.15 Hasil Pelatihan dan Validasi Model DB_IMB dengan LR 5e-5.....	124
Tabel 5.16 Hasil Pelatihan dan Validasi Model DB_BLN dengan LR 1e-5	126

Tabel 5.17 Hasil Pelatihan dan Validasi Model DB_BLN dengan LR 3e-5	129
Tabel 5.18 Hasil Pelatihan dan Validasi Model DB_BLN dengan LR 5e-5	131
Tabel 5.19 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BB_IMB dengan LR 1e-5	133
Tabel 5.20 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BB_IMB dengan LR 3e-5	136
Tabel 5.21 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BB_IMB dengan LR 5e-5	138
Tabel 5.22 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BB_BLN dengan LR 1e-5	140
Tabel 5.23 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BB_BLN dengan LR 3e-5	142
Tabel 5.24 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BB_BLN dengan LR 5e-5	144
Tabel 5.25 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BL_IMB dengan LR 1e-5	146
Tabel 5.26 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BL_IMB dengan LR 3e-5	148
Tabel 5.27 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BL_IMB dengan LR 5e-5	150
Tabel 5.28 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BL_BLN dengan LR 1e-5	152
Tabel 5.29 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BL_BLN dengan LR 3e-5	154
Tabel 5.30 Hasil Pelatihan dan Validasi Model BL_BLN dengan LR 5e-5	156
Tabel 5.31 Hasil <i>Classification Report</i> Model dengan Data Tidak Seimbang....	159
Tabel 5.32 Hasil <i>Classification Report</i> Model dengan Data Tidak Seimbang....	160
Tabel 5.33 Perbandingan Performa Terbaik dari <i>Prompting</i> LLM GPT-4o dengan Model Distil BERT, BERT <i>Base</i> , dan BERT <i>Large</i>	163

INTISARI

PENGEMBANGAN MODEL *DEEP LEARNING* UNTUK KLASIFIKASI KATEGORI KEBUTUHAN PERANGKAT LUNAK DARI KALIMAT TERSTRUKTUR

Intisari

Vriyas Dewi Pratiwi

210711094

Tingginya tingkat kegagalan proyek perangkat lunak menegaskan pentingnya inovasi dalam analisis kebutuhan, karena metode tradisional yang manual memakan cukup banyak waktu dan rentan kesalahan akibat ambiguitas bahasa alami serta perbedaan interpretasi manusia. Pembangunan model klasifikasi kebutuhan perangkat lunak berbasis *deep learning* dan membandingkan kinerjanya dengan *baseline* Large Language Model (LLM) GPT-4o, dengan fokus pada pembuatan dataset dan akurasi klasifikasi kalimat terstruktur perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Proses pembangunan meliputi *preprocessing* minimalis agar konteks linguistik tetap terjaga, serta augmentasi data menggunakan *back translation* untuk menyeimbangkan distribusi kelas. Evaluasi dilakukan pada LLM GPT-4o dengan *few-shot prompting n-way k-shot* dan pelatihan model Distil BERT, BERT Base, dan BERT Large dengan berbagai *learning rate* untuk menemukan konfigurasi terbaik dalam klasifikasi 12 kelas (FR dan 11 sub kategori NFR).

Hasil menunjukkan bahwa penambahan contoh (*k-shot*) dan teknik *balancing* meningkatkan akurasi dan *f1-score*, terutama pada kelas minoritas. Namun performa pendekatan *prompting* tidak memiliki kekuatan dibandingkan *fine-tuning* model. *Learning rate* optimal berbeda per model: 5e-5 untuk Distil BERT dan BERT Base, serta 1e-5 untuk BERT Large. Model BERT Base dengan *balancing* (BB_BLN) memberikan performa terbaik secara keseluruhan, Distil BERT lebih efisien dan stabil, sementara BERT Large unggul pada data kompleks. Teknik *balancing* terbukti signifikan meningkatkan performa klasifikasi.

Kata Kunci: Klasifikasi Teks, *Fine-tuning* BERT, *Few-shot Prompting* GPT-4o, Optimalisasi *Learning Rate*, Data *Balancing*

Dosen Pembimbing I : Yohanes Sigit Purnomo Wuryo Putro, ST.,
M.Kom., Ph.D.

Dosen Pembimbing II : Findra Kartika Sari Dewi, S.T., M.M., M.T.

Jadwal Sidang Tugas Akhir : Jumat, 20 Juni 2025