

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMBANGKIT SOAL ADAPTIF
DENGAN MODEL TEXT-TO-TEXT TRANSFER TRANSFORMER
(T5) DAN ITEM RESPON THEORY (IRT)**

SKRIPSI

Oleh:

**SEDIKA SIPAYUNG
NIM. 221110918
JOHAN AGUSTIAN POHAN
NIM. 221113632
YOHANNES CLAUDIUS BARUS
NIM. 221113556**



**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS INFORMATIKA
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2026**

**DEVELOPMENT OF AN ADAPTIVE QUESTION GENERATION
SYSTEM USING THE TEXT-TO-TEXT TRANSFER TRANSFORMER
(T5) MODEL AND ITEM RESPONSE THEORY (IRT)**

UNDERGRADUATE THESIS

By:

**SEDIKA SIPAYUNG
ID NUMBER. 221110918
JOHAN AGUSTIAN POHAN
ID NUMBER. 221113632
YOHANNES CLAUDIUS BARUS
ID NUMBER. 221113556**



**UNDERGRADUATE PROGRAM OF COMPUTER SCIENCE
FACULTY OF INFORMATICS
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2026**

LEMBARAN PENGESAHAN

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMBANGKIT SOAL ADAPTIF DENGAN
MODEL TEXT-TO-TEXT TRANSFER TRANSFORMER (T5) DAN
ITEM RESPON THEORY (IRT)**

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Persyaratan Guna
Mendapatkan Gelar Sarjana
Program Studi S-1 Teknik Informatika

Oleh:

SEDIKA SIPAYUNG
NIM. 221110918
JOHAN AGUSTIAN POHAN
NIM. 221113632
YOHANNES CLAUDIUS BARUS
NIM. 221113556

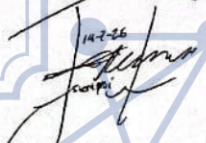
Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,



Irpan Adiputra Pardosi, S.Kom., M.TI.

Dosen Pembimbing II



R. A. Fattah Adriansyah, S.Kom., M.Kom.

Medan, 14 Juli 2026

Diketahui dan Disahkan Oleh:
Ketua Program Studi
S-1 Teknik Informatika,



Carles Juliandy, S.Kom., M.Kom

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Sedika Sipayung

NIM : 221110918

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Pengembangan Sistem Pembangkit Soal Adaptif Dengan Model Text-to-Text Transfer Transformer (T5) Dan Item Respon Theory (IRT)

Tempat Penelitian : Universitas Mikroskil

Alamat Tempat Penelitian : Jl. M.H Thamrin No.140, Pusat Ps., Kec Medan Kota, Kota Medan, Sumatera Utara 20212

No. Telp. Tempat Penelitian : (061) 4573767

Schubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi / saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 06 Juli 2026

Saya yang membuat pernyataan,



METERAI
TEMPEL
1000
5BAOX005450771

Sedika Sipayung

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Johan Agustian Pohan

NIM : 221113632

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Pengembangan Sistem Pembangkit Soal Adaptif dengan Model *Text-to-Text Transfer Transformer (T5)* dan *Item Response Theory (IRT)*

Tempat Penelitian : Universitas Mikroskil

Alamat Tempat Penelitian : Jl. M.H. Thamrin No.140, Pusat Ps., Kec. Medan Kota, Kota Medan, Sumatera Utara 20212

No. Telp. Tempat Penelitian : (061) 4573767

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi / saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 06 Juli 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Johan Agustian Pohan

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Informatika Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut.

Nama : Yohannes Claudius Barus

NIM : 221113556

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut.

Judul Skripsi : Pengembangan Sistem Pembangkit Soal Adaptif Dengan Model Text to Text Transfer Transformer (T5) Dan Item Respon Theory (IRT)

Tempat Penelitian : Universitas Mikroskil

Alamat Tempat Penelitian : Jl. M.H. Thamrin No. 140, Pusat Ps., Kec. Medan Kota, Kota Medan, Sumatera Utara 20212

No. Telp. Tempat Penelitian : (061) 4573767

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi / saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 06 Juli 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Yohannes Claudius Barus

PENGEMBANGAN SISTEM PEMBANGKIT SOAL ADAPTIF DENGAN MODEL TEXT-TO-TEXT TRANSFER TRANSFORMER (T5) DAN ITEM RESPON THEORY (IRT)

Abstrak

Automatic Question Generation (AQG) merupakan salah satu penerapan kecerdasan buatan di bidang pendidikan yang memungkinkan sistem membangkitkan soal secara otomatis. Namun, sistem AQG umumnya masih menghasilkan soal tanpa mempertimbangkan kemampuan individu sehingga tingkat kesulitan soal dapat menimbulkan rasa frustrasi atau tidak tertantang. Selain itu, penelitian AQG adaptif umumnya masih menggunakan format jawaban esai sehingga memerlukan proses evaluasi yang lebih kompleks. Penelitian ini mengembangkan sistem AQG adaptif berbasis web yang mampu membangkitkan soal pilihan ganda menggunakan model Text-to-Text Transfer Transformer (T5-small) dengan penyesuaian tingkat kesulitan berdasarkan estimasi kemampuan pengguna melalui kombinasi Item Response Theory (IRT) dan Elo Rating System (ERS). Model T5-small di-fine-tuning menggunakan dataset RACE dan dievaluasi menggunakan metrik ROUGE, kemudian diintegrasikan ke dalam sistem sehingga pengguna dapat mengunggah dokumen PDF materi bahasa Inggris sebagai sumber pembangkitan soal. Selama proses latihan, estimasi kemampuan pengguna diperbarui setelah setiap respons untuk menentukan tingkat kesulitan soal berikutnya secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan model memperoleh nilai ROUGE-L sebesar 0,2137 pada data uji. Simulasi terhadap 10 pengguna menunjukkan bahwa perubahan estimasi kemampuan memengaruhi tingkat kesulitan soal yang dibangkitkan. Dengan demikian, penelitian ini menghasilkan prototipe sistem AQG adaptif yang mampu membangkitkan soal pilihan ganda sesuai estimasi kemampuan pengguna.

Kata kunci: *Automatic Question Generation, Text-to-Text Transfer Transformer, Item Response Theory, Elo Rating System, soal pilihan ganda*

Abstract

Automatic Question Generation (AQG) is an application of artificial intelligence in education that enables systems to generate questions automatically. However, existing AQG systems generally generate questions without considering individual learner ability, resulting in difficulty levels that may cause frustration or a lack of challenge. In addition, most adaptive AQG studies still employ essay-based questions, requiring a more complex

answer evaluation process. This study develops a web-based adaptive AQG system that automatically generates multiple-choice questions using the Text-to-Text Transfer Transformer (T5-small) model while adjusting question difficulty based on learner ability estimated through the combination of Item Response Theory (IRT) and the Elo Rating System (ERS). The T5-small model was fine-tuned using the RACE dataset and evaluated with the ROUGE metric before being integrated into the system, allowing users to upload English learning materials in PDF format as the source for question generation. During practice sessions, learner ability is updated after each response to determine the difficulty level of subsequent questions in real time. Experimental results show that the model achieved a ROUGE-L score of 0.2137 on the test set. Furthermore, simulations involving 10 users demonstrate that changes in estimated ability influence the difficulty level of the generated questions. Therefore, this study successfully develops a prototype of an adaptive AQG system capable of generating multiple-choice questions tailored to learners' estimated abilities.

Keywords : Automatic Question Generation, Text-to-Text Transfer Transformer, Item Response Theory, Elo Rating System, Multiple-Choice Questions

KATA PENGANTAR

Ucapan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat melalui perjalanan dan proses yang panjang untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengembangan Sistem Pembangkit Soal Adaptif Dengan Model Text-To-Text Transfer Transformer (T5) Dan Item Respon Theory (IRT)**”.

Penyusunan skripsi ini merupakan bagian integral dari tahapan akhir dalam menyelesaikan pendidikan penulis di Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Informatika Universitas Mikroskil.

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan serta motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.

1. Bapak Irpan Adiputra Pardosi, S.Kom., M.TI., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memastikan pengerjaan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak R. A. Fattah Adriansyah, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing II yang juga memberikan kritik dan saran selama proses pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Hardy, S.Kom., M.Sc., Ph.D, selaku Rektor Universitas Mikroskil Medan.
4. Bapak Sunaryo Winardi, S.Kom., M.T., selaku Dekan Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
5. Bapak Carles Juliandy, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Informatika, Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
6. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada Bapak Aripin Sipayung, Ibu Rosniaman Sitopu dan Saudari Helmi Nirwana Sipayung selaku orang tua dan kakak penulis yang tidak pernah lelah memberikan ucapan penguatan dikala penulis merasa jatuh dan merasa tidak ada harapan. Mereka selalu memberikan ucapan yang menenangkan bagi penulis, memberikan motivasi yang memaksa penulis untuk tetap berjalan meskipun perjalanan terasa buntu, yang selalu mengingatkan penulis untuk tetap berserah dan memberikan kendali kepada Tuhan untuk setiap apa yang sedang penulis jalani. Keberadaan mereka sangat membantu penulis untuk tetap berjalan hingga sampai ketitik ini.
7. Penulis mengucapkan rasa syukur dan terima kasih yang tulus kepada Bapak Abadi Barus, Ibu Rehngenan Br Tarigan, dan Saudari Yohana Claudia Br Barus selaku orang tua dan adik penulis yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, perhatian, serta dukungan moral dan material selama proses penyusunan skripsi ini. Nasihat,

motivasi, dan kepercayaan yang mereka berikan menjadi sumber kekuatan bagi penulis untuk tetap semangat, bangkit dari berbagai tantangan, dan menyelesaikan skripsi ini hingga akhir. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada teman-teman yang selalu memberikan semangat, bantuan, masukan, serta menjadi rekan berdiskusi dan berbagi pengalaman selama proses penelitian dan penyusunan skripsi. Dukungan yang diberikan sangat berarti dan menjadi bagian penting dalam terselesaikannya skripsi ini.

8. Penulis juga menyampaikan rasa terimakasih kepada Bapak Gustap Pohan dan Ibu Mawar Hutasoit beserta kakak dan adik selaku keluarga penulis yang telah memberikan dukungan, terutama dalam kesempatan dan fasilitas untuk menempuh pendidikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa pengerjaan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dan membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Demikian ucapan terimakasih ini penulis sampaikan, semoga berkat dari Tuhan senantiasa menyertai kita semua

Medan, 06 Juli 2026

Penulis,

Sedika Sipayung,

Johan Agustian Pohan,

Yohannes Claudius Barus

DAFTAR ISI

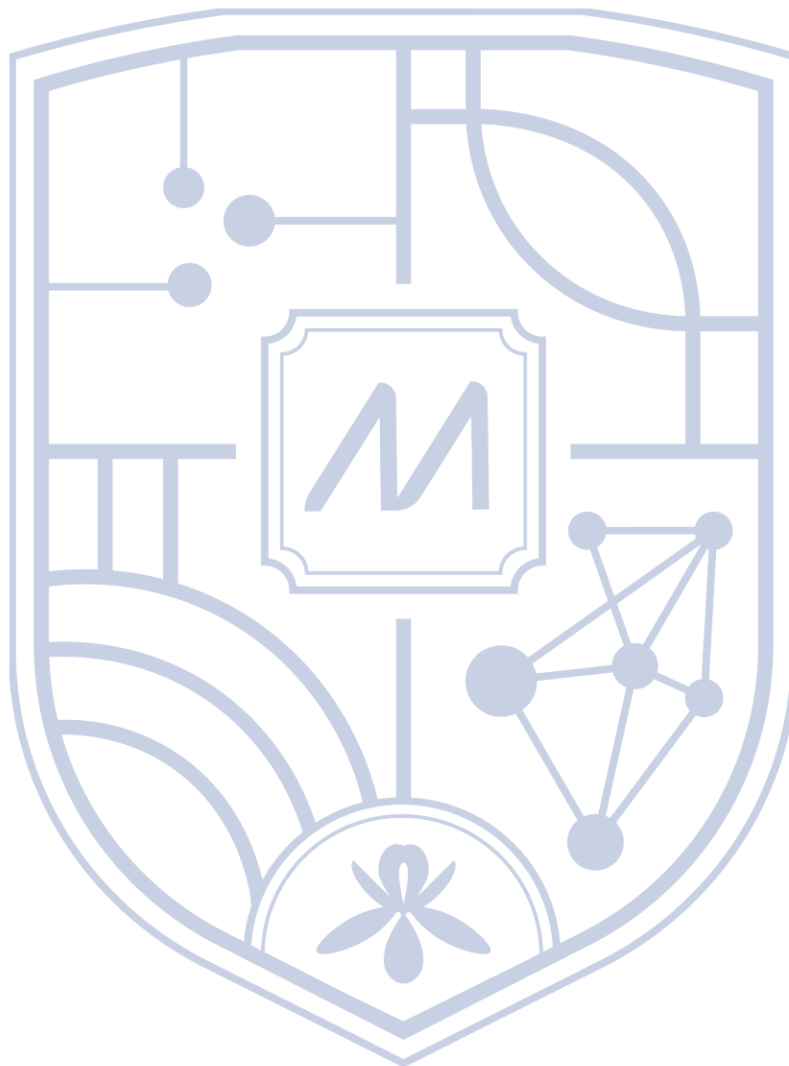
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II KAJIAN LITERATUR	5
2.1 <i>Natural Language Processing</i>	5
2.2 Automatic Question Generation (AQG)	6
2.2.1 <i>Manfaat Automatic Question Generation</i>	7
2.2.2 <i>Metode Automatic Question Generation (AQG)</i>	7
2.3 Preprocessing	8
2.4 <i>Transformer</i>	9
2.4.1 <i>Encoder</i>	10
2.4.2 <i>Decoder</i>	15
2.5 Text-to-Text-Transfer Transformer (T5)	15
2.5.1 <i>T5-Small</i>	18
2.5.2 <i>Fungsi Loss</i>	18
2.5.3 <i>Forward Pass</i>	19
2.5.4 <i>Backpropagation</i>	19
2.5.5 <i>Fine-tuning</i>	20
2.6 Pembelajaran Adaptif.....	21
2.6.1 Konsep Personalisasi Pembelajaran	21
2.6.2 <i>Initial Ability Test</i>	21
2.6.3 <i>Item Response Theory (IRT)</i>	23
2.6.4 <i>Elo Rating System (ERS)</i>	24
2.7 Evaluasi ROUGE	25

2.8	Metodologi <i>Waterfall</i>	26
2.9	Pengujian <i>Black-Box</i>	27
BAB III TAHAPAN PELAKSANAAN		28
3.1	Kerangka Pelaksanaan	28
3.2	Pengumpulan Data	28
3.3	Analisis	29
3.3.1	Analisis Proses	29
3.3.2	Analisis Kebutuhan	107
3.4	Perancangan Tampilan Antarmuka Menggunakan Figma	116
3.5	Database.....	125
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		129
4.1	Hasil	129
4.1.1	Hasil Pengembangan.....	129
4.1.2	Lingkungan Implementasi.....	139
4.1.3	Eksperimen dan Pelatihan Model	140
4.1.4	Hasil Pengujian Model.....	144
4.1.5	Pengujian Fungsionalitas <i>Black Box</i>	144
4.2	Pembahasan.....	147
4.2.1	Analisis Kemampuan Sistem dalam Pembangkitan Soal.....	147
4.2.2	Analisis Penyesuaian Tingkat Kesulitan Soal	150
BAB V PENUTUP.....		154
5.1	Kesimpulan	154
5.2	Saran	154
DAFTAR PUSTAKA		156
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		161

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Transformer Architecture</i> [32]	10
Gambar 2.2 <i>Scaled Dot-Product Attention</i> [36].....	12
Gambar 2.3 <i>Multi Head Attention</i> [36]	13
Gambar 2.4 <i>Text-to-Text Transfer Transformer Architecture</i> [42]	16
Gambar 2.5 Transformasi Logit dari Proporsi Jawaban Benar [54].	23
Gambar 2.6 Metodologi <i>Waterfall</i> [64].....	26
Gambar 3.1 Alur Analisis Proses	30
Gambar 3.2 Alur Tahapan <i>Preprocessing</i>	34
Gambar 3.3 Alur Tahapan <i>Training</i>	39
Gambar 3.4 Alur Tahapan Evaluasi	99
Gambar 3.5 Alur Sistem <i>Deployment</i>	103
Gambar 3.6 Alur Latihan Soal	104
Gambar 3.7 Diagram <i>Usecase</i>	108
Gambar 3.8 <i>Design Tampilan Landing Page</i>	116
Gambar 3.9 <i>Design Tampilan Register</i>	117
Gambar 3.10 <i>Design Tampilan Login</i>	118
Gambar 3.11 <i>Design Tampilan Initial Ability Test</i>	119
Gambar 3.12 <i>Design Tampilan Home (Pra-Unggah)</i>	120
Gambar 3.13 <i>Design Tampilan Home (Pasca-Unggah)</i>	121
Gambar 3.14 <i>Design Tampilan Adaptive Practice</i>	122
Gambar 3.15 <i>Design Tampilan Evaluation</i>	123
Gambar 3.16 <i>Design Tampilan Review</i>	124
Gambar 3.17 <i>Design Halaman Practice History</i>	125
Gambar 3.18 <i>Entity Relationship</i>	126
Gambar 4.1 <i>Tampilan Landing Page</i>	130
Gambar 4.2 <i>Tampilan Register</i>	131
Gambar 4.3 <i>Tampilan Login</i>	132
Gambar 4.4 <i>Tampilan Initial Ability Test</i>	133
Gambar 4.5 <i>Tampilan Home (Pra-Unggah)</i>	134
Gambar 4.6 <i>Tampilan Home (Pasca-Unggah)</i>	135
Gambar 4.7 <i>Tampilan Adaptive Practice</i>	136
Gambar 4.8 <i>Tampilan Evaluation</i>	137

Gambar 4.9 Tampilan <i>Review</i>	138
Gambar 4.10 Tampilan <i>Practice History</i>	139
Gambar 4.11 Hasil Simulasi Pengguna.....	152



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Dataset Yang Sudah Diberi Label <i>difficulty</i>	30
Tabel 3.2 Proses Pembersihan Dataset.....	35
Tabel 3.3 Contoh Transformasi Dataset.....	38
Tabel 3.4 Contoh probabilitas token	40
Tabel 3.5 <i>Word embedding</i> Input	44
Tabel 3.6 <i>Word embedding</i> Target	44
Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Bobot W_q	47
Tabel 3.8 Hasil Perhitungan Bobot W_k	47
Tabel 3.9 Hasil Perhitungan Bobot W_v	48
Tabel 3.10 Hasil Perhitungan Bobot W_1	48
Tabel 3.11 Hasil Perhitungan Bobot W_2	48
Tabel 3.12 Relative Position Bias (B)	49
Tabel 3.13 Matriks <i>Mask Self Attention</i>	49
Tabel 3.14 Hasil <i>Layer Normalization</i> Sebelum <i>SubLayer Self Attention</i>	51
Tabel 3.15 Hasil Proyeksi Linear Q Pada <i>SubLayer Self Attention</i>	53
Tabel 3.16 Hasil Proyeksi Linear K Pada <i>SubLayer Self Attention</i>	54
Tabel 3.17 Hasil Transpose Proyeksi Linear K Pada <i>SubLayer Self Attention</i>	54
Tabel 3.18 Hasil Proyeksi Linear V Pada <i>SubLayer Self Attention</i>	55
Tabel 3.19 Hasil Perhitungan Dari <i>SubLayer Self Attention</i>	59
Tabel 3.20 Hasil <i>Residual Connection</i> Setelah <i>SubLayer Self Attention</i>	61
Tabel 3.21 Hasil Perhitungan <i>Layer Normalization</i> Sebelum <i>SubLayer Feed Forward Network</i>	62
Tabel 3.22 Hasil Perhitungan Dari <i>Feed Forward Network</i>	65
Tabel 3.23 Hasil <i>Residual Connection</i> Setelah <i>SubLayer Feed Forward Network</i>	66
Tabel 3.24 Hasil <i>Final Layer Normalization</i>	67
Tabel 3.25 Hasil <i>Layer Normalization</i> Sebelum <i>Mask Self Attention</i>	68
Tabel 3.26 Hasil Perhitungan Proyeksi Linear Q Pada <i>SubLayer Mask Self Attention</i>	70
Tabel 3.27 Hasil Perhitungan Proyeksi Linear K Pada <i>SubLayer Mask Self Attention</i>	72
Tabel 3.28 Hasil Transpose Proyeksi Linear K Pada <i>SubLayer Mask Self Attention</i>	72
Tabel 3.29 Hasil Proyeksi Linear V Pada <i>SubLayer Mask Self Attention</i>	73
Tabel 3.30 Hasil Perhitungan <i>Mask Self Attention</i>	79
Tabel 3.31 Hasil <i>Residual Connection</i> Setelah <i>Mask Self Attention</i>	80

Tabel 3.32 Hasil Perhitungan <i>Layer Normalizatin</i> Sebelum <i>Cross Attention</i>	82
Tabel 3.33 Hasil Perhitungan <i>Proyeksi Linear Q</i> Pada <i>Cross Attention</i>	83
Tabel 3.34 Hasil <i>Proyeksi Linear K</i> Pada <i>SubLayer Cross Attention</i>	84
Tabel 3.35 Hasil <i>Transpose Proyeksi Linear K</i> Pada <i>SubLayer Cross Attention</i>	85
Tabel 3.36 Hasil Perhitungan <i>Proyeksi Linear V</i> Pada <i>SubLayer Cross Attention</i>	86
Tabel 3.37 Hasil Perhitungan <i>SubLayer Cross Attention</i>	90
Tabel 3.38 Hasil Perhitungan <i>Residual Connection</i> Setelah <i>Cross Attention</i>	91
Tabel 3.39 Hasil <i>Layer Normalization</i> Sebelum <i>SubLayer Feed Forward Network</i>	93
Tabel 3.40 Hasil Perhitungan <i>SubLayer Feed Forward Network</i>	95
Tabel 3.41 Hasil Perhitungan <i>Residual Connection</i> Setelah <i>Feed Forward Network</i>	96
Tabel 3.42 Contoh Hasil <i>Generasi Soal</i> Oleh Model	100
Tabel 3.43 <i>Perbandingan Hasil Soal Generated Dan Reference</i>	100
Tabel 3.44 <i>Deskripsi Aktor</i>	108
Tabel 3.45 <i>Skenario Use Case: Login</i>	108
Tabel 3.46 <i>Skenario Use Case: Initial Ability Test</i>	109
Tabel 3.47 <i>Skenario Use Case: Unggah Dokumen</i>	110
Tabel 3.48 <i>Skenario Use Case: Adaptive Practice</i>	111
Tabel 3.49 <i>Skenario Use Case: Practice History</i>	112
Tabel 3.50 <i>Skenario Use Case: Melihat Evaluasi Latihan Soal</i>	112
Tabel 3.51 <i>Skenario Use Case: Melihat Review Latihan Soal</i>	113
Tabel 3.52 <i>Skenario Use Case: Logout</i>	114
Tabel 3.53 <i>Analisis Kebutuhan Non Fungsional</i>	115
Tabel 3.54 <i>User</i>	126
Tabel 3.55 <i>User Abilities</i>	127
Tabel 3.56 <i>Ability_test_sessions</i>	127
Tabel 3.57 <i>Ability_test_test_items</i>	127
Tabel 3.58 <i>documents</i>	127
Tabel 3.59 <i>Sessions</i>	128
Tabel 3.60 <i>generate_questions</i>	128
Tabel 3.61 <i>learning_history</i>	128
Tabel 4.1 Hasil Eksperimen <i>Hyperparameter</i>	140
Tabel 4.2 Hasil Eksperimen <i>Struktur Target</i>	141
Tabel 4.3 Contoh Hasil <i>Generasi Model</i>	141
Tabel 4.4 <i>Konfigurasi Training Model</i>	142

Tabel 4.5 Hasil Pelatihan Model	142
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Model	144
Tabel 4.7 Pengujian <i>black box</i>	145
Tabel 4.8 Hasil eksperimen dataset berbeda	149
Tabel 4.9 Hasil Simulasi Pengguna.....	150

