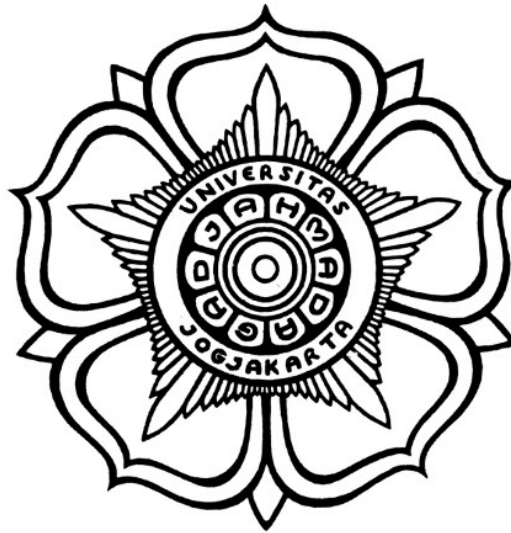


«JUDUL SKRIPSI»

SKRIPSI



THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS
Industry, Innovation and Infrastructure
Affordable and Clean Energy
Climate Action

Disusun oleh:

«AUTHOR»

«NIM»

PROGRAM SARJANA PROGRAM STUDI «NAMA PRODI»
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
«TAHUN PENDADARAN»

HALAMAN PENGESAHAN

«JUDUL SKRIPSI»

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada

Disusun oleh:

«AUTHOR»

«NIM»

Telah disetujui dan disahkan

Pada tanggal

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing 1, S.T., M.Eng., PhD.

«NIP xxxxxx»

Dosen Pembimbing 2, S.T., M.Eng., PhD.

«NIP xxxxxx»

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama :
NIM :
Tahun terdaftar :
Program : Sarjana
Program Studi :
Fakultas : Teknik Universitas Gadjah Mada

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila dokumen ilmiah Skripsi ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Yogyakarta, tanggal-bulan-tahun

Materai Rp10.000

(Tanda tangan)

Nama Mahasiswa
NIM

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tuliskan kepada siapa skripsi ini dipersembahkan!

contoh

KATA PENGANTAR

Contoh: Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, serta petunjuk-Nya sehingga tugas akhir berupa penyusunan skripsi ini telah terselesaikan dengan baik. Dalam hal penyusunan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan arahan, bantuan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang 1 yang telah
2. Orang 2 yang telah
3. <isi dengan nama orang lainnya>

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, aamiin.

Catatan: setiap nama yang dituliskan boleh disertai dengan alasan berterima kasih.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
INTISARI.....	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	5
2.1 Dasar Teori	5
2.1.1 <i>Self Regulated Learning</i> (SRL) dan Peran Umpan Balik	6
2.1.2 <i>Prompt Engineering</i>	7
2.1.3 <i>Context Engineering</i>	7
2.1.4 Perbedaan <i>Prompt Engineering</i> dan <i>Context Engineering</i>	8
2.1.5 <i>Learning Analytics</i> dan Cakupannya.....	9
2.2 Penelitian Terkait	10
2.2.1 Studi Menggabungkan LLM dengan <i>Learning Analytics</i>	10
2.2.2 Pendekatan Rekayasa dalam <i>Learning Analytics</i>	11
2.2.3 Menghubungkan Hasil <i>Learning Analytics</i> dengan <i>Prompt Context-Aware</i> pada LLM.....	12
2.3 Analisis Perbandingan Metode	13
2.4 Pertanyaan Tugas Akhir (Jika Perlu).....	14
BAB III Metode Penelitian.....	15
3.1 Alat dan Bahan Tugas akhir (Opsional).....	15
3.1.1 Alat Tugas akhir.....	15
3.1.2 Bahan Tugas akhir	15

3.2	Metode yang Digunakan.....	16
3.3	Alur Tugas Akhir	16
3.4	Etika, Masalah, dan Keterbatasan Penelitian (Opsional)).....	16
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....		17
4.1	Pembahasan Tujuan 1 dengan Hasil Penelitian 1 (Ubah Judul Sesuai dengan Hal yang Hendak dibahas)	17
4.2	Pembahasan Tujuan 1 dengan Hasil Penelitian 2 (Ubah Judul Sesuai dengan Hal yang Hendak dibahas)	17
4.3	Pembahasan Tujuan 2 dengan Hasil Penelitian 3 (Ubah Judul Sesuai dengan Hal yang Hendak dibahas)	17
4.4	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Hasil Terdahulu	17
BAB V Tambahan (Opsional).....		18
BAB VI Kesimpulan dan Saran.....		19
6.1	Kesimpulan.....	19
6.2	Saran.....	19
DAFTAR PUSTAKA.....		20
LAMPIRAN		L-1
L.1	Isi Lampiran	L-1
L.2	Panduan Latex.....	L-2
L.2.1	Syntax Dasar	L-2
L.2.1.1	Penggunaan Sitasi	L-2
L.2.1.2	Penulisan Gambar	L-2
L.2.1.3	Penulisan Tabel	L-2
L.2.1.4	Penulisan formula.....	L-2
L.2.1.5	Contoh list.....	L-3
L.2.2	Blok Beda Halaman.....	L-3
L.2.2.1	Membuat algoritma terpisah	L-3
L.2.2.2	Membuat tabel terpisah.....	L-3
L.2.2.3	Menulis formula terpisah halaman.....	L-4
L.3	Format Penulisan Referensi	L-6
L.3.1	Book	L-6
L.3.2	Handbook.....	L-8
L.4	Contoh Source Code	L-10
L.4.1	Sample algorithm	L-10
L.4.2	Sample Python code	L-11
L.4.3	Sample Matlab code	L-12

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan <i>Prompt Engineering</i> dan <i>Context Engineering</i>	8
Tabel L.1	Tabel ini	L-2
Tabel L.2	Contoh tabel panjang	L-4

DAFTAR GAMBAR

Gambar L.1	Contoh gambar.	L-2
------------	---------------------	-----

DAFTAR SINGKATAN

[SAMPLE]

b	=	bias
$K(x_i, x_j)$	=	fungsi kernel
y	=	kelas keluaran
C	=	parameter untuk mengendalikan besarnya pertukaran antara penalti variabel slack dengan ukuran margin
L_D	=	persamaan Lagrange dual
L_P	=	persamaan Lagrange primal
\mathbf{w}	=	vektor bobot
\mathbf{x}	=	vektor masukan
ANFIS	=	Adaptive Network Fuzzy Inference System
ANSI	=	American National Standards Institute
DAG	=	Directed Acyclic Graph
DDAG	=	Decision Directed Acyclic Graph
HIS	=	Hue Saturation Intensity
QP	=	Quadratic Programming
RBF	=	Radial Basis Function
RGB	=	Red Green Blue
SV	=	Support Vector
SVM	=	Support Vector Machines

INTISARI

Intisari ditulis menggunakan bahasa Indonesia dengan jarak antar baris 1 spasi dan maksimal 1 halaman. Intisari sekurang-kurangnya berisi tentang latar belakang dan tujuan penelitian, metodologi yang digunakan, hasil penelitian, kesimpulan dan implikasi, dan Kata kunci yang berhubungan dengan penelitian.

Kata Kunci ditulis maksimal 5 kata yang paling berhubungan dengan isi skripsi. Silakan mengacu pada ACM / IEEE *Computing classification* jika Anda adalah mahasiswa Sarjana TI <http://www.acm.org/about/class/> atau mengacu kepada IEEE keywords http://www.ieee.org/documents/taxonomy_v101.pdf jika Anda berasal dari Prodi Sarjana TE.

Kata kunci : Kata kunci 1, Kata kunci 2, Kata kunci 3, Kata kunci 4, Kata kunci 5

Contoh Abstrak Teknik Elektro:

"Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengendalian suhu ruangan dengan menggunakan microcontroller. Metodologi yang digunakan adalah desain sirkuit, implementasi sistem pengendalian, dan pengujian performa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pengendalian suhu ruangan yang dikembangkan mampu mengendalikan suhu ruangan dengan akurasi sebesar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem pengendalian suhu ruangan yang dikembangkan efektif dan efisien.

Kata kunci: microcontroller, sistem pengendalian suhu, akurasi."

Contoh Abstrak Teknik Biomedis:

"Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keefektifan prototipe alat pemantau denyut jantung berbasis elektrokardiogram (ECG) untuk pasien jantung. Metodologi yang digunakan meliputi desain dan pembuatan prototipe, pengujian dengan pasien, dan analisis data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe alat pemantau denyut jantung berbasis ECG memiliki akurasi yang baik dan mampu memantau denyut jantung pasien secara efektif. Kesimpulan dari penelitian ini adalah prototipe alat pemantau denyut jantung berbasis ECG merupakan solusi yang efektif dan efisien untuk memantau pasien jantung.

Kata kunci: elektrokardiogram, alat pemantau denyut jantung, akurasi."

Contoh Abstrak Teknologi Informasi:

"Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keamanan dan privasi pengguna aplikasi media sosial terpopuler. Metodologi yang digunakan meliputi analisis kebijakan privasi dan pengaturan keamanan, pengujian penetrasi, dan survei pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa aplikasi media sosial memiliki kebijakan privasi yang kurang jelas dan rendahnya tingkat keamanan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah pentingnya meningkatkan kebijakan privasi dan tingkat keamanan pada aplikasi media sosial untuk melindungi privasi dan data pengguna.

Kata kunci: media sosial, keamanan, privasi, pengguna."

ABSTRACT

Abstract ditulis italic (miring) menggunakan bahasa Inggris dengan jarak antar baris 1 spasi dan maksimal 1 halaman. Abstract adalah versi Bahasa Inggris dari intisari. Abstract dapat ditulis dalam beberapa paragraf. Baris pertama paragraph harus menjorok ke dalam sekitar 1 cm. Tidak disarankan menggunakan mesin penerjemah melainkan tulis ulang.

Keywords : Keyword 1, Keyword 2, Keyword 3, Keyword 4, Keyword 5

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia pendidikan tinggi saat ini menuntut mahasiswa untuk bisa belajar secara mandiri. Namun banyak dari mereka belum siap menghadapi tuntutan tersebut. Hal ini menimbulkan kesenjangan yang serius dalam keterampilan Self-Regulated Learning (SRL), yang dapat menghambat keberhasilan belajar dan mengganggu pemerataan akses pendidikan [1, 2]. Tantangan ini justru diperburuk oleh teknologi digital yang menjadi ciri khas pembelajaran masa kini. Meskipun menawarkan fleksibilitas, teknologi tersebut juga menghadirkan distraksi yang signifikan dan menuntut disiplin diri yang lebih besar [3]. Kegagalan institusi dalam memberikan dukungan yang memadai untuk pengembangan SRL bukan hanya masalah akademik, melainkan juga masalah sosial yang berdampak pada prospek karier jangka panjang mahasiswa dan efektivitas sistem pendidikan [1].

Untuk mengatasi kesenjangan SRL, Zimmerman mengemukakan kerangka kerja yang mencakup tahap perencanaan (forethought), pelaksanaan (performance), dan refleksi diri (self-reflection). SRL merupakan gabungan strategi kognitif, motivasional, dan perilaku [1, 4]. Individu dengan kemampuan regulasi diri yang efektif terbentuk melalui penetapan tujuan, perancangan strategi, pemantauan diri secara aktif, dan evaluasi diri yang bijaksana. Sejumlah besar penelitian mengonfirmasi hubungan kuat antara keterampilan ini dan pencapaian akademik [1, 2]. Namun, pengembangannya kerap terhambat oleh hambatan personal, kontekstual, dan sosial—mulai dari manajemen waktu yang buruk dan distraksi digital hingga rendahnya kesadaran metakognitif—sehingga intervensi terstruktur diperlukan untuk membimbing mahasiswa menjalani proses yang kompleks ini [3, 5].

Metode tradisional yang paling efektif untuk mengembangkan keterampilan ini adalah umpan balik personal dari ahli manusia. Umpan balik berkualitas tinggi yang berfokus tidak hanya pada jumlah tugas yang diselesaikan, tetapi juga pada proses belajar dan regulasi diri mahasiswa merupakan katalis kuat untuk perbaikan [15, 16] [6, 7]. Namun standar emas ini menghadapi krisis skalabilitas dengan meningkatnya jumlah mahasiswa dan kebutuhan dukungan yang beragam membuat model bimbingan satu-satu sulit diterapkan dalam skala besar. Hal ini diperkuat dengan studi-studi yang dilakukan dan menunjukkan bahwa tekanan anggaran mendorong ukuran kelas yang semakin besar, sehingga interaksi personal antara dosen dan mahasiswa sangat terbatas [8, 9]. Ini menciptakan kebutuhan mendesak akan solusi inovatif berbasis teknologi yang dapat melengkapi keahlian manusia.

Salah satu teknologi tersebut adalah penggunaan Large Language Models (LLM). LLM dapat digunakan sebagai tutor virtual yang mampu memberi umpan balik yang cepat dan konsisten. Temuan terbaru memperlihatkan bahwa ketika LLM digunakan untuk penilaian dan umpan balik, *artificial intelligence* (AI) cenderung murah hati dalam memberikan nilai sehingga nilainya lebih tinggi daripada nilai yang diberikan ahli manusia. Sementara itu penilaian antar rekan dan dosen lebih rendah dan sesuai dengan performa mahasiswa. Umpan balik AI sering terstruktur, tetapi tetap memerlukan pengawasan ahli manusia agar relevan secara pedagogis sehingga pendekatan hibrida (penggabungan AI dan ahli manusia) direkomendasikan [10]. Pendekatan hibrida direkomendasikan karena dapat menggabungkan kecepatan dan skalabilitas AI dengan penguasaan konteks, pemahaman empati dan nuansa pedagogis dari penilaian manusia [10]. Anjuran penulis terhadap pendekatan hibrida menegaskan bahwa respons LLM masih membutuhkan pengawasan pakar agar relevan. Di sisi lain, upaya standarisasi evaluasi tutor-AI menunjukkan bahwa meskipun model terkini seperti GPT-4 kuat dalam menjawab pertanyaan, mereka cenderung terlalu cepat memberikan jawaban kepada mahasiswa dan kurang menuntun proses. Fakta ini menunjukkan bahwa LLM belum ideal sebagai tutor dan belum dapat menggantikan ahli manusia dalam penilaian kualitas pedagogis [11].

Oleh karena itu, skripsi ini berfokus pada peningkatan kualitas performa respons LLM sebagai pemberi umpan balik agar mendekati mutu ahli manusia secara kuantitatif dan kualitatif. Peningkatan dilakukan melalui kerangka evaluasi hibrida yang menggabungkan acuan ahli manusia sebagai *ground truth* dan penilaian kualitas yang menilai dimensi-dimensi pedagogis relevan [10, 11]. Dalam melakukan peningkatan kualitas umpan balik LLM, skripsi ini menggabungkan *context engineering* dengan data *learning analytics* untuk mengekstrak proses pembelajaran mahasiswa. Pendekatan kombinasi ini diharapkan mampu meningkatkan performa LLM dalam memberikan *feedback*, *motivation*, dan *appreciation* kepada mahasiswa.

Untuk mendukung proses pengukuran tersebut, skripsi ini memanfaatkan jejak proses belajar yang terstruktur. Data pembelajaran mahasiswa yang dipresentasikan ke dalam bentuk Papan Kanban digital dipakai sebatas alat operasional untuk menata dan mengekstraksi data proses (perpindahan kartu, checklist, waktu pengerjaan) yang dapat dipetakan ke fase SRL (perencanaan–monitoring–refleksi) [12]. Penggunaan Papan Kanban hanya sebagai salah satu instrumen pengaya data agar evaluasi dan perbaikan kualitas umpan balik LLM bisa berjalan lebih terarah. Fokus kebaruan terletak pada rangkaian evaluasi dan perbaikan *prompt* LLM yang menargetkan tiga fungsi pedagogis utama yakni *feedback* kognitif, dukungan motivasional, dan dukungan apresiatif dengan tujuan praktis yaitu menyamai kualitas ahli manusia pada metrik kuantitatif sekaligus memenuhi standar kualitas kualitatif [6, 7, 10, 11]. Dengan membandingkan keluaran LLM dan pakar ahli, studi ini menilai peningkatan performa LLM agar dapat menjadi pertim-

bangun dalam penggunaan sebagai agen pedagogis pelengkap mahasiswa yang masif dan personal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian tersebut adalah belum ada penelitian yang membahas bagaimana cara meningkatkan performa LLM secara kuantitatif dan kualitatif dalam memberikan umpan balik terhadap proses SRL mahasiswa yang menargetkan tiga fungsi pedagogis yaitu *feedback*, *motivation* dan *appreciation* bila dibandingkan dengan ahli manusia. Beberapa penelitian sudah menerapkan pendekatan untuk meningkatkan performa LLM tetapi dengan fokus yang berbeda seperti pada TutorLLM dan LLM-KT [13, 14] yang memanfaatkan data *learning analytics* dipadukan dengan teknik *Knowledge Tracing* untuk memahami tahapan belajar mahasiswa, tetapi tidak mengukur dampaknya terhadap kualitas umpan balik yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan mengeksplorasi cara-cara untuk meningkatkan performa LLM dalam memberikan umpan balik yang lebih baik dan lebih relevan bagi mahasiswa.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang skema *prompt* serta memberikan metode *learning analytics* yang efektif untuk meningkatkan kualitas umpan balik LLM agar mendekati ahli manusia.
2. Mengevaluasi secara empiris apakah adanya peningkatan kualitas umpan balik LLM atas proses SRL mahasiswa baik secara kuantitatif maupun kualitatif dengan umpan balik ahli manusia.
3. Melihat pengaruh besar ukuran model LLM terhadap kualitas umpan balik yang dihasilkan.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah penerapan *context engineering* yang dikombinasikan dengan metode dari *learning analytics* dengan dukungan *prompt* yang terstruktur akan secara signifikan meningkatkan kualitas kemiripan dan kelayakan respons LLM terhadap umpan balik ahli manusia dalam tiga fungsi pedagogis yaitu *feedback*, *motivation*, dan *appreciation* dibandingkan dengan LLM yang menggunakan metode *baseline*.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini berfokus untuk melihat peningkatan performa dari LLM ketika diberikan perlakuan berupa metode *context engineering* yang memanfaatkan data *learning*

analytics. Upaya untuk menyederhanakan proses ini dilakukan dengan cara memberikan batasan penelitian yang jelas dan ditetapkan oleh peneliti dengan mempertimbangkan aspek-aspek yang relevan. Batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

Batasan penelitian dapat ditulis dengan format *list*. Contohnya adalah sebagai berikut:

1. Data Pembelajaran Mahasiswa berbasis Papan Kanban yang digunakan merupakan data sintetis yang dibuat hanya untuk keperluan pengambilan data dari para ahli manusia dan LLM. Data sintetis digunakan karena waktu yang terbatas untuk mengambil data yang ril. Selain itu, fokus penelitian ini adalah pada respons dari LLM dan ahli manusia sehingga penggunaan data sintetis dianggap valid untuk tujuan penelitian ini.
2. Penelitian ini hanya menggunakan model yang sudah ada dan bersifat *open-source* untuk menghemat waktu dan pengeluaran.
3. Penelitian ini menganalisis kemampuan model LLM dalam bahasa Indonesia. Oleh karena itu, semua data yang digunakan untuk penelitian ini dalam bahasa Indonesia.
4. Sumber data utama yang digunakan berasal respons LLM dan ahli manusia sebagai data yang akan dianalisis dan data pembelajaran berbasis Kanban sebagai data pendukung untuk pembuatan respons.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini menawarkan wawasan bagaimana penerapan LLM sebagai pendamping dalam proses SRL bagi mahasiswa bisa menjadi alternatif yang efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut untuk peningkatan performa respons LLM terutama pada bidang pedagogis sehingga seiring berjalannya waktu dapat memberikan hasil yang lebih optimal.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berisi pembahasan apa yang akan ditulis di setiap bab. Sistematika pada umumnya berupa paragraf yang setiap paragraf mencerminkan bahasan setiap Bab. Contoh:

Bab I membahas tentang pendahuluan yang berisi latar belakang, perumusan masalah dan tujuan penelitian.

Bab II berisi tentang metodologi penelitian yang terdiri dari desain penelitian, sumber data, Teknik pengumpulan data dan Teknik analisis data.

Dan seterusnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini dibahas dasar teori dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penggunaan data *learning analytics* dan teknik *context engineering* (termasuk *prompt engineering*) untuk meningkatkan performa LLM dalam memberikan umpan balik (kognitif), dukungan motivasional, dan dukungan apresiatif. Uraian dimulai dari landasan *Self-Regulated Learning* (SRL) dan peran umpan balik dalam fase perencanaan, pelaksanaan, dan refleksi. Kemudian mendefinisikan *prompt engineering* serta *context engineering* beserta perbedaan keduanya dan implikasinya bagi rancangan sistem tutor-AI. Selanjutnya, bab ini menguraikan konsep *learning analytics*—cakupan, sumber data proses (mis. log LMS, urutan aktivitas, *time-on-task*, perpindahan tugas, beban/WIP), serta cara mengekstraksinya—dan bagaimana sinyal-sinyal tersebut direkayasa menjadi konteks *prompt* agar LLM mampu menghasilkan bimbingan yang lebih terstruktur, *actionable*, koheren, dan berempati. Bagian tinjauan juga membandingkan karya-karya terkait yang mengintegrasikan LA dan LLM (misalnya pendekatan berbasis *knowledge tracing* dan pemetaan kesalahan untuk umpan balik personal) guna menegaskan posisi penelitian ini, sekaligus menyoroti isu skalabilitas umpan balik personal dan kebutuhan evaluasi hibrida kualitas respons. Sebagai penutup, bab ini merangkum kesenjangan penelitian dan menjelaskan kontribusi yang diusulkan—yakni *pipeline* perakitan konteks berbasis *learning analytics* yang instrumen-agnostik (Kanban hanya digunakan sebagai alat pengumpul/penyaji data proses), untuk meningkatkan kualitas respons LLM agar mendekati mutu pakar manusia baik secara kuantitatif maupun kualitatif.

2.1 Dasar Teori

Bagian ini menyajikan landasan konseptual yang menopang rancangan dan metode penelitian. Pertama, diringkas prinsip *Self-Regulated Learning* (SRL)—termasuk peran umpan balik dalam fase perencanaan, pelaksanaan, dan refleksi—serta kaitannya dengan tiga fungsi pedagogis yang dinilai pada penelitian ini: *feedback* kognitif, dukungan motivasional, dan dukungan apresiatif. Kedua, diuraikan konsep *prompt engineering* sebagai praktik perumusan instruksi bagi LLM dan *context engineering* sebagai pengelolaan muatan informasi/konteks yang dipasok ke model; perbedaan keduanya serta implikasinya bagi desain tutor-AI juga dibahas untuk menegaskan peran masing-masing. Ketiga, dipaparkan *learning analytics* (LA) yang mencakup definisi, ruang lingkup, dan jenis data proses (mis. log LMS, urutan aktivitas, *time-on-task*, perpindahan tugas, beban/WIP) beserta cara ekstraksinya. Pada akhirnya, dijelaskan bagaimana sinyal-sinyal LA tersebut direkayasa menjadi konteks *prompt* agar LLM menghasilkan umpan balik yang lebih terstruktur, *actionable*, koheren, dan berempati, sekaligus menekankan kebutuhan

evaluasi hibrida (acuan pakar + metrik kuantitatif–kualitatif) untuk memastikan kualitas respons LLM mendekati mutu pakar manusia.

2.1.1 *Self Regulated Learning* (SRL) dan Peran Umpan Balik

Self-Regulated Learning (SRL) merujuk pada kapasitas mahasiswa untuk secara aktif merencanakan, memantau, dan mengevaluasi proses belajarnya sendiri, melalui siklus perencanaan, pelaksanaan, dan refleksi yang saling terkait [1], [2]. Pada fase perencanaan, mahasiswa menetapkan tujuan serta strategi. Lalu, pada fase pelaksanaan, mereka menerapkan strategi kognitif dan melakukan pemantauan metakognitif (mis. manajemen waktu, monitoring pemahaman). Kemudian, pada fase refleksi, mahasiswa melibatkan penilaian diri terhadap kemajuan dan hasil untuk menyesuaikan strategi berikutnya [1], [2]. Berbekal mekanisme siklikal ini, SRL menggabungkan dimensi kognitif, motivasional, dan perilaku yang bersama-sama menentukan kualitas belajar mandiri di pendidikan tinggi [1], [2].

Di konteks pendidikan tinggi, SRL berperan krusial karena lingkungan belajar menuntut kemandirian, terutama pada pembelajaran digital (daring atau campuran) yang memerlukan disiplin diri lebih tinggi serta kemampuan mengelola distraksi. Kajian terkini menunjukkan bahwa SRL berkorelasi dengan kinerja akademik, keterlibatan, dan ketahanan studi. Sebaliknya, kekurangan SRL di pembelajaran daring atau campuran dapat memperlebar kesenjangan capaian yang diperoleh mahasiswa [3]. Dengan demikian, pengembangan kompetensi SRL termasuk penetapan tujuan, strategi, monitoring, dan refleksi—menjadi prasyarat penting untuk keberhasilan mahasiswa di ekosistem belajar modern [2], [3].

Kemajuan *Large Language Models* (LLM) membuka peluang penyediaan bimbingan pengarahan (*feedback*) yang personal, cepat, dan interaktif untuk menopang SRL. Studi eksperimental di konteks pemrograman (pendidikan tinggi) menunjukkan *feedback* berbasis LLM dapat meningkatkan strategi metakognitif, motivasi, dan performa mahasiswa dibanding kondisi tanpa *feedback* dari AI [6]. Riset pengembangan menunjukkan asisten belajar berbasis LLM yang dirancang dengan prinsip-prinsip pedagogis mampu menyajikan *feedback* yang scaffolded (bertahap), memicu *self-explanation*, dan menunjang refleksi [7]. Dengan dialog natural, LLM dapat membantu ketiga fase SRL yaitu, (i) perencanaan (menyusun tujuan dan rencana aksi), (ii) pelaksanaan (memberi hint/pertanyaan pemandu saat buntu), dan (iii) refleksi (merangkum kekuatan-kelemahan dan langkah tindak lanjut) [6], [7]. Agar efektif dan aman, *feedback* LLM sebaiknya disejajarkan dengan praktik pedagogis berbasis bukti (fokus pada proses, *actionability*, dan nada empatik) dan dievaluasi kualitasnya secara sistematis.

Dalam kerangka SRL, efektivitas umpan balik dipahami melalui fokus bertingkat pada *task*, *process*, dan *self-regulation*, serta dampaknya pada keyakinan diri dan

ketekunan belajar [4]. Menurut artikel jurnal ini [4], disebutkan bahwa *feedback* kognitif efektif bila spesifik, mendiagnosis miskonsepsi, dan menyarankan langkah perbaikan yang terstruktur. Lalu, **dukungan motivasional** menjaga *self-efficacy* (keyakinan diri), menetapkan tujuan yang menantang namun realistis, serta mendorong komitmen rencana aksi. Terakhir, pemberian apresiasi yang spesifik terhadap usaha/progres dapat berkontribusi pada afek positif dan keterlibatan yang disertai arahan perbaikan agar tidak menjadi pujian kosong [4]. Oleh karena itu, penelitian ini menilai kualitas respons LLM pada ketiga fungsi tersebut karena ketiganya (*feedback*, *motivation*, dan *appreciation*) secara langsung mendukung fase perencanaan–pelaksanaan–refleksi dalam SRL [1], [2], [4].

2.1.2 *Prompt Engineering*

Prompt engineering merupakan bidang kajian baru yang berfokus pada perancangan, penyempurnaan, dan implementasi prompt atau instruksi yang diberikan kepada model bahasa besar LLM untuk mengarahkan keluaran model tersebut [1]. Dengan kata lain, *prompt engineering* adalah “mekanisme pengendali” (*steering mechanism*) yang digunakan pengguna kecerdasan buatan generatif untuk menyusun *prompt* sedemikian rupa agar menghasilkan keluaran yang diinginkan [2]. Konsep ini menjadi semakin penting seiring munculnya LLM populer seperti ChatGPT, karena kemampuan merancang *prompt* yang efektif memungkinkan pengguna untuk mendapatkan jawaban yang lebih akurat, relevan, dan sesuai kebutuhan dari model AI [1].

Sebagai suatu keterampilan, *prompt engineering* dapat dipelajari dan dikembangkan. Para peneliti menuliskan bahwa *prompt engineering* sudah mulai diajarkan secara formal, misalnya di perguruan tinggi, karena dianggap sebagai *skillset* baru yang dibutuhkan di era integrasi AI [2]. Intinya, *prompt engineering* menekankan seni merumuskan pertanyaan atau perintah dalam bahasa natural sedemikian rupa sehingga model AI memahami konteks tugas dan memberikan respon optimal sesuai keinginan pengguna.

2.1.3 *Context Engineering*

Context engineering adalah disiplin yang berkembang untuk melengkapi dan melampaui *prompt engineering*. Jika *prompt engineering* berfokus pada apa yang dikatakan kepada model pada satu waktu, maka *context engineering* berfokus pada apa saja yang diketahui model saat *prompt* tersebut diberikan. Menurut survei terbaru, *context engineering* didefinisikan sebagai disiplin formal yang melampaui sekadar perancangan *prompt* dan mencakup optimisasi sistematis dari informasi konteks yang disuplai ke LLM [3]. Kinerja LLM sangat ditentukan oleh informasi kontekstual yang diberikan selama inferensi, sehingga *context engineering* berusaha memastikan model menerima *payload* informasi yang paling relevan dan berguna.

Dalam praktiknya, *context engineering* mencakup teknik-teknik seperti *retrieval-*

augmented generation (RAG) untuk mengambil pengetahuan eksternal, penggunaan *memory systems* agar model mengingat interaksi sebelumnya, integrasi alat tambahan (*tool-integrated reasoning*), hingga koordinasi *multi-agen* AI [3]. Berbeda dengan *prompt engineering* yang hanya memanipulasi teks *prompt*-nya, *context engineering* mengatur lingkungan dan konteks bagi model, misalnya mengumpulkan data pendukung, menyusun instruksi sistem, mendefinisikan aturan, serta memasukkan memori atau informasi historis sebelum *prompt* diberikan. Tujuannya adalah memaksimalkan kualitas jawaban AI dengan menghadirkan konteks informasi yang optimal dalam batas panjang konteks model tersebut [3]. Dengan demikian, *context engineering* menjadikan AI lebih andal dan *context-aware*, tidak semata-mata mengandalkan satu perintah teks statis.

2.1.4 Perbedaan *Prompt Engineering* dan *Context Engineering*

Meskipun terkait, *prompt engineering* dan *context engineering* memiliki fokus dan pendekatan yang berbeda. Berikut adalah perbedaan utama keduanya [3]:

Tabel 2.1. Perbandingan *Prompt Engineering* dan *Context Engineering*

Aspek	<i>Prompt Engineering</i>	<i>Context Engineering</i>
Lingkup Input	Memandang <i>prompt</i> sebagai teks statis tunggal yang menjadi masukan model.	Memandang konteks secara dinamis dan terstruktur, terdiri dari berbagai komponen informasi (instruksi, pengetahuan, memori, status pengguna) yang dirangkai bersama.
Informasi dan Memori	Informasi bersifat tetap dalam teks <i>prompt</i> ; interaksi biasanya tanpa memori jangka panjang (setiap <i>prompt</i> berdiri sendiri).	Mempertimbangkan komponen memori atau <i>state</i> secara eksplisit, memungkinkan model memanfaatkan informasi dari interaksi sebelumnya (<i>stateful</i>).
Pendekatan Optimalisasi	Mengandalkan percobaan manual dan iteratif; sering dianggap sebagai suatu seni (<i>art</i>) coba-coba.	Menerapkan pendekatan yang sistematis dan ilmiah (<i>scientific</i>); melibatkan optimisasi di level sistem secara menyeluruh.
Skalabilitas dan Kompleksitas	Cenderung rapuh untuk <i>prompt</i> yang panjang dan kompleks; kurang terstruktur untuk skenario kompleks.	Dirancang untuk mengelola konteks yang besar dan beragam secara modular (segmentasi, hirarki, kompresi).

Secara ringkas, *prompt engineering* menitikberatkan cara merumuskan pertanyaan kepada AI, sedangkan *context engineering* menitikberatkan apa saja informasi pendukung yang disertakan agar AI dapat menjawab dengan lebih baik. *Context engineering*

mengubah fokus dari sekadar “seni” merangkai prompt menjadi “ilmu” mengelola informasi untuk optimalisasi sistem AI [3]. Kedua pendekatan ini saling melengkapi: prompt yang baik diperlukan, namun penyajian konteks yang tepat akan semakin meningkatkan kemampuan model dalam menyelesaikan tugas secara andal.

2.1.5 *Learning Analytics* dan Cakupannya

Learning analytics adalah bidang kajian yang memanfaatkan data pendidikan untuk memahami dan meningkatkan proses pembelajaran. Salah satu definisi yang umum dikutip menyatakan bahwa learning analytics merupakan pengukuran, pengumpulan, analisis, dan pelaporan data tentang peserta didik serta konteksnya, dengan tujuan memahami dan mengoptimalkan pembelajaran serta lingkungan di mana pembelajaran tersebut berlangsung [4]. Dalam praktiknya, learning analytics mencakup penggunaan berbagai sumber data (misalnya data aktivitas pada Learning Management System, nilai akademik, log interaksi, dan sebagainya) untuk memperoleh wawasan yang dapat ditindaklanjuti oleh pendidik, lembaga, ataupun peserta didik sendiri.

Cakupan learning analytics sangat luas, meliputi beragam skenario dan kepentingan pendidikan. Pada tingkat institusi, learning analytics digunakan untuk memonitor kinerja dan retensi mahasiswa. Studi menunjukkan banyak institusi pendidikan menerapkan learning analytics terutama untuk mengidentifikasi mahasiswa berisiko tinggi (misalnya berpotensi drop-out atau gagal studi) dan mengambil langkah intervensi dini guna meningkatkan retensi [4]. Dengan analisis data yang tepat, institusi dapat bersikap lebih preventif daripada reaktif. Model prediktif dapat menandai siswa yang membutuhkan bantuan, sehingga advisor atau dosen dapat memberikan bimbingan sebelum masalah berkembang lebih jauh [4]. Hasilnya, learning analytics berkontribusi pada peningkatan keberhasilan studi melalui intervensi yang tepat sasaran.

Di sisi lain, cakupan learning analytics juga mencakup tingkat kelas dan individu. Bagi pendidik, analitik pembelajaran dapat dipakai untuk mengevaluasi efektivitas pengajaran dan kualitas interaksi di kelas. Misalnya, data pola akses e-learning dan keterlibatan siswa dapat dianalisis untuk mengetahui bagian materi mana yang sulit dipahami atau siapa siswa yang kurang aktif, sehingga pendidik dapat menyesuaikan strategi pengajaran. Bagi pelajar, dashboard learning analytics bisa memberikan umpan balik personal tentang progres belajar mereka, membantu self-reflection dan pengambilan keputusan belajar yang lebih baik.

Sebagai bidang multidisiplin, learning analytics memadukan teknik dari data science, machine learning, dan pendidikan. Penerapannya mencakup analisis deskriptif (melaporkan apa yang terjadi dalam pembelajaran), diagnostik (mengapa sesuatu terjadi), prediktif (memprediksi hasil atau risiko di masa depan, seperti kemungkinan drop-out), hingga preskriptif (memberikan rekomendasi intervensi untuk perbaikan). Dengan kata

lain, cakupan learning analytics tidak hanya terbatas pada pelaporan statistik, tetapi juga pengambilan keputusan berbasis data dalam pendidikan.

Secara keseluruhan, learning analytics berperan sebagai alat bantu strategis bagi institusi pendidikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Dari meningkatkan outcome belajar siswa, mengoptimalkan penggunaan teknologi pendidikan, menurunkan tingkat putus studi, hingga meningkatkan personalisasi pembelajaran, semuanya termasuk dalam ruang lingkup learning analytics [4]. Dengan dukungan literatur ilmiah yang terus berkembang, learning analytics menawarkan kerangka berbasis data untuk memahami proses belajar mengajar secara lebih mendalam dan mendorong inovasi dalam praktik pendidikan.

2.2 Penelitian Terkait

2.2.1 Studi Menggabungkan LLM dengan Learning Analytics

Beberapa penelitian terbaru telah mengintegrasikan Large Language Models (LLM) dengan teknik learning analytics untuk meningkatkan pemberian umpan balik dan tutoring. Misalnya, TutorLLM (Li dkk., 2024) menggabungkan model knowledge tracing (KT) dengan retrieval-augmented generation (RAG) dalam LLM. TutorLLM memanfaatkan data jejak belajar tiap siswa (dari model KT BERT-based) serta pencarian konteks relevan, sehingga LLM dapat memberikan rekomendasi belajar yang dipersonalisasi sesuai status pengetahuan siswa dan mengurangi halusinasi [1]. Hasil evaluasi TutorLLM menunjukkan peningkatan kepuasan pengguna 10% dan skor kuis 5% dibanding penggunaan LLM umum tanpa personalisasi [1].

Studi LLM-KT (Wang dkk., 2025) juga menunjukkan pendekatan serupa dengan fokus pada knowledge tracing. LLM-KT menggunakan kerangka plug-and-play untuk menyelaraskan LLM dengan tugas KT, memanfaatkan kemampuan penalaran dan pengetahuan dunia luas dari LLM sekaligus memasukkan rekaman interaksi siswa secara sekuensial seperti pada model KT tradisional [2]. Melalui penyisipan konteks pertanyaan dan urutan jawaban historis ke dalam LLM, model hybrid ini mencapai kinerja state-of-the-art dalam memprediksi jawaban siswa di beberapa dataset KT klasik [2]. Ini menunjukkan potensi framework yang memadukan kekuatan LLM (fleksibilitas bahasa dan penalaran) dengan analitik pembelajaran tradisional (pelacakan pengetahuan sekuensial).

Selain itu, Reddig dkk. (2025) mengevaluasi penggunaan GPT-4 untuk memberikan umpan balik personal dalam konteks Intelligent Tutoring System (ITS). Studi ini menganalisis data kesalahan siswa dalam tutor aljabar lalu *mem-*prompt GPT-4 untuk menghasilkan hint/koreksi spesifik terhadap kesalahan tersebut [3]. Hasilnya, model LLM cukup efektif mendiagnosis berbagai kesalahan siswa dan menghasilkan umpan balik relevan; namun sekitar 35% hint yang dihasilkan terlalu umum, kurang tepat, atau justru langsung memberi jawaban [3]. Temuan ini menekankan bahwa meskipun LLM

dapat meningkatkan skala dan personalisasi umpan balik, diperlukan mekanisme kontrol kualitas agar saran yang menyesatkan tidak ditampilkan pada siswa [3]. Menariknya, Reddig dkk. juga menguji kemampuan LLM untuk secara otomatis menilai kualitas umpan balik yang dibuatnya, sebagai upaya menggabungkan praktik tutoring terbukti dengan fleksibilitas LLM demi memperoleh “best of both worlds” [3].

Penelitian lain mengindikasikan efektivitas umpan balik berbasis LLM bergantung pada keterlibatan pelajar. Thomas dkk. (2025) menemukan bahwa dalam skenario pelatihan tutor, peserta yang memilih melihat penjelasan feedback dari LLM (ChatGPT) mendapat skor post-test lebih tinggi daripada yang tidak menggunakannya, dengan effect size moderat (0.3) pada beberapa lesson [4]. Ini menunjukkan potensi LLM untuk memberikan umpan balik seefektif tutor manusia dalam konteks tertentu, asalkan penggunaannya terarah dan sesuai kebutuhan.

2.2.2 Pendekatan Rekayasa dalam *Learning Analytics*

Dari sisi pendekatan rekayasa dalam learning analytics, beberapa karya menyoroti pentingnya merancang sistem yang dapat mengumpulkan dan menganalisis data proses belajar secara efisien, termasuk data “Kanban” atau pelacakan tugas belajar. Sebagai contoh, sebuah studi memanfaatkan papan Kanban untuk orkestrasi kelas sebagai alat self-regulated learning; papan tersebut menampilkan kartu tugas siswa dalam kolom “to do / in progress / done” untuk memvisualisasikan kemajuan mereka [1]. Data status tugas di Kanban ini memberikan informasi real-time tentang progres dan keterlibatan siswa yang dapat dimanfaatkan guru. Bahkan, dikembangkan prototipe alat digital Kanban yang dirancang khusus untuk pendidikan (tidak bergantung pada Trello dkk. karena isu privasi) agar guru dapat menyiapkan template board dan mereplikasi ke banyak kelompok belajar [1].

Ke depan, platform Kanban edukasi semacam itu berpotensi diperluas dengan kapabilitas learning analytics langsung. Misalnya, Winter dkk. (2022) merancang alat Kanban kelas yang rencananya dilengkapi analytics berupa statistik otomatis, identifikasi “tugas yang macet”, rekomendasi khusus, serta dashboard guru untuk memantau semua papan siswa secara bersamaan [1]. Integrasi semacam ini menunjukkan pendekatan rekayasa di mana data pelacakan tugas mikro (misal, berapa lama tugas tertahan di kolom tertentu) dikumpulkan dan dianalisis guna memberi wawasan tindakan: guru dapat segera melihat siapa yang butuh bantuan (tugasnya lama di “in progress”), atau sistem bisa menyarankan intervensi pada tugas spesifik. Perekaman data proses semacam ini juga bermanfaat untuk penelitian edukasi dan evaluasi metode belajar, asalkan sesuai aturan privasi [1].

Lebih umum lagi, data proses (process data) dalam learning analytics, yaitu rekaman langkah-langkah atau interaksi saat siswa mengerjakan tugas yang dipandang ki-

an penting untuk memahami pola belajar. Mazzullo dkk. (2023) menekankan bahwa pemanfaatan data proses (misal urutan klik, waktu respon, transisi antar tugas) dapat menghasilkan insight yang lebih interpretable tentang perilaku belajar dibanding sekadar nilai akhir [2]. Pendekatan rekayasa LA yang baik perlu mampu menangkap data proses ini dan menyajikannya secara informatif. Tantangan yang diidentifikasi meliputi bagaimana mendesain sistem LA dengan landasan pedagogis kuat, memastikan insight mudah dipahami, prediksi akurat, dan umpan balik yang dapat ditindaklanjuti [2]. Dengan kata lain, arsitektur LA harus dirancang tidak hanya untuk mengumpulkan data (termasuk data “kanban” tugas) tetapi juga untuk menganalisis dan menyajikannya dalam bentuk yang mendukung pengambilan keputusan pembelajaran.

2.2.3 Menghubungkan Hasil *Learning Analytics* dengan Prompt *Context-Aware* pada LLM

Bidang ini semakin berkembang menuju penggabungan insight dari learning analytics dengan prompt engineering yang context-aware untuk meningkatkan kualitas output LLM. Idennya adalah menjadikan LLM lebih “sadar konteks” situasi belajar individu, sehingga respon yang dihasilkan lebih tepat sasaran. Beberapa studi telah mengeksplorasi pendekatan ini.

Venugopalan dkk. (LAK 2025) mempelajari skenario hybrid tutoring di mana sistem tutoring tradisional digabung dengan LLM untuk mendukung orang tua yang membimbing anaknya belajar matematika. Mereka menggunakan prompt engineering dengan memasukkan konteks real-time dari ITS (misal: langkah pengerjaan siswa, kesalahan yang dilakukan, hint yang sudah diberikan) ke prompt LLM, ditambah contoh praktik tutoring yang baik (few-shot). Hasilnya, LLM (Llama 3) mampu menghasilkan rekomendasi percakapan bagi orang tua yang dinilai membantu meningkatkan dukungan metakognisi siswa (misal mendorong anak menjelaskan pikirannya) []. Studi ini menunjukkan bahwa memberikan konteks situasional (dari analytics ITS) dalam prompt dapat meng-align output LLM dengan strategi pedagogis yang diinginkan.

Demikian pula, TutorLLM yang disebut sebelumnya memanfaatkan contextual prompt secara otomatis: modul “Scraper” dalam arsitekturnya mengambil konten teks terkait materi belajar selama sesi online, lalu informasi itu bersama prediksi model KT tentang kelemahan siswa disuplai ke LLM (GPT-4) untuk menghasilkan jawaban yang akurat dan sesuai tingkat pemahaman siswa []. Dengan menambah pengetahuan latar kontekstual ke prompt, TutorLLM terbukti mengurangi risiko halusinasi dan meningkatkan relevansi jawaban terhadap kebutuhan spesifik siswa []. Ini adalah contoh konkret bagaimana hasil learning analytics (dalam hal ini profil pengetahuan siswa dari KT dan materi relevan yang di-retrieve) dapat tersambung langsung ke LLM sehingga responnya terpersonalisasi dan kontekstual.

Pendekatan serupa tampak pada studi Reddig dkk. (2025) tadi: alih-alih LLM bekerja “kosong”, mereka mem-prompt GPT-4 dengan input berupa deskripsi kesalahan spesifik yang dilakukan siswa pada tutor algebra, seolah memberikan konteks masalah dan kesalahan untuk diperbaiki []. Strategi prompting yang context-aware ini memungkinkan GPT-4 memberikan feedback yang lebih tepat karena “tahu” kesalahan mana yang terjadi. Reddig dkk. juga membahas pentingnya format prompt dan kriteria penilaian keluaran agar LLM tidak memberi jawaban terlalu langsung atau keliru []. Hal ini menggarisbawahi perlunya prompt engineering berbasis insight LA: misalnya menentukan informasi apa saja yang harus disertakan dalam prompt (error siswa, riwayat upaya, dll.) dan bagaimana meminta LLM memberikan keluaran (misal hint yang membimbing, bukannya solusi instan) []. Penelitian Stamper dkk. (2024) bahkan menyusun kerangka sistematis untuk merancang prompt LLM berbasis prinsip umpan balik ITS yang sudah teruji, seperti menentukan kapan LLM diberi trigger untuk menilai jawaban siswa, informasi apa yang perlu disertakan dalam prompt input ke LLM, dan jenis keluaran umpan balik apa yang diharapkan []. Pendekatan teoritis ini memastikan penggunaan LLM selaras dengan teori pendidikan (mis. umpan balik segera, spesifik, mendorong self-explanation) sehingga kualitas output-nya lebih terjamin.

Secara keseluruhan, tren riset ini menunjukkan upaya menggabungkan kekuatan learning analytics dengan kecerdasan generatif LLM. Learning analytics menyediakan data-driven insights tentang proses dan status belajar (misal: apa yang sudah dikuasai, kesalahan yang sering muncul, progress task di Kanban, dll.), sementara LLM dapat memanfaatkan konteks tersebut untuk menghasilkan umpan balik atau bimbingan yang adaptif. Mazzullo dkk. (2023) menyatakan bahwa implementasi LLM dalam LA dapat membantu memberikan insight yang lebih mudah dipahami, umpan balik yang lebih cepat dan actionable, peningkatan personalisasi, serta mendukung tugas-tugas guru secara lebih luas []. Dengan mengaitkan hasil analitik (misal deteksi kebuntuan tugas atau prediksi kemampuan) ke dalam prompt atau modul pengetahuan LLM, diharapkan output AI menjadi lebih relevan konteks dan berkualitas tinggi dalam mendukung pembelajaran. Ini juga area kebaruan yang bisa peneliti tekankan: membedakan bagaimana pendekatan mereka menyambungkan LA dan LLM secara lebih erat atau efektif dibanding studi-studi terdahulu seperti TutorLLM, LLM-KT, atau Reddig dkk. di atas.

2.3 Analisis Perbandingan Metode

Di dalam tinjauan pustaka hasil akhirnya adalah analisis secara kualitatif atau pun secara kuantitatif kelebihan dan kekurangan metode jika dikaitkan dengan masalah, batasan-batasan masalah dan solusi yang diinginkan. Analisis kuantitatif tidak wajib tetapi mempunyai nilai tambah di dalam tugas akhir saudara. Bagian ini menjelaskan kenapa metode tersebut dipilih dan uraikan dengan lebih jelas metode pelaksanaan tugas akhir yang ingin Anda lakukan.

2.4 Pertanyaan Tugas Akhir (Jika Perlu)

Pertanyaan tugas akhir bersifat opsional dan dapat ditambahkan untuk menekankan hal-hal yang hendak diketahui dari tugas akhir berdasar pada tujuan tugas akhir. Pertanyaan tugas akhir dikenal dengan RQ (*Research Question*) dan harus memiliki keterkaitan dengan RO (*Research Objective*). Satu RO dapat memiliki satu atau lebih dari satu RQ.

BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode atau cara yang digunakan dalam penelitian ini untuk mencapai maksud dan tujuan seperti yang tertulis dalam sub-bab 1.3 [jika diinginkan, kalian dapat menuliskan Kembali tujuan penelitian yang ingin dicapai di sini].

3.1 Alat dan Bahan Tugas akhir (Opsional)

3.1.1 Alat Tugas akhir

Alat-alat yang digunakan pada tugas akhir ini berupa perangkat keras maupun perangkat lunak sebagai sarana pendukung antara lain. Kemukakan secara detail sesuai dengan kebutuhan tugas akhir dan juga tambahkan spesifikasi minimum sehingga peneliti lain yang hendak melakukan hal yang sama bisa melakukannya :

1. *Notebook* dengan spesifikasi minimum sistem operasi Windows 8, *processor* Intel Core i3 2330M CPU @ 2,2 GHz, memori 4GB DDR3, grafis NVIDIA GeForce GT 610 (4GB), hardisk 500GB. Pada tugas akhir ini digunakan Windows 10, Intel Core i7 4570M CPU, Memori 4GB DDR 3, grafis Intel HD4300.
2. *Smartphone* dengan spesifikasi tipe minimum, OS Android OS v4.1.2 (Jelly Bean), CPU Dual-core 800 MHz, GPU Mali-400, Internal 4 GB, 768 MB RAM. Pada tugas akhir ini digunakan
3. *Game creation platform* versi 3.3.2 untuk Stencyl dan Construct2.
4. CORELDRAW X7, Tiled dan GIMP 2

3.1.2 Bahan Tugas akhir

Bahan tugas akhir adalah segala sesuatu yang bersifat fisik atau digital yang digunakan untuk kebutuhan tugas akhir. Bahan tugas akhir dapat berupa:

1. Bahan habis pakai. Bahan yang digunakan untuk tugas akhir. Sebagai contoh mungkin dibutuhkan kertas transparansi, baterai, atau yang lain
2. Bahan yang berupa data atau informasi yang menjadi dataset tugas akhir. Dataset tugas akhir dapat berupa:
 - Dataset pihak lain yang diperoleh dengan izin atau dalam lisensi yang diizinkan untuk digunakan secara langsung
 - Dataset pihak pertama yang disusun sendiri melalui kuisisioner, observasi, atau interview

- Dokumen panduan yang mengacu pada standar, hasil tugas akhir, atau artikel yang disitasi dan digunakan.

3.2 Metode yang Digunakan

Bagian ini membahas metode atau cara yang akan digunakan dalam penelitian, tahapan penerapan metode, dan desain penelitian (misalnya apakah penelitian akan menggunakan eksperimen di Laboratorium atau di lapangan, misalkan saja penelitian biomedis atau penelitian alat ukur hama yang dapat dilakukan di laboratorium ataupun di lapangan, atau menggunakan metode survei (misalnya untuk teknologi Informasi), studi kasus, atau analisis dengan perangkat lunak (ETAP, LTSpice, dst), atau *prototyping* (pembuatan perangkat keras).

Bagian ini juga membahas bagaimana data [akan] dianalisis, apakah dengan membandingkan keluaran beberapa alat ukur, membandingkan dengan standar atau bagaimana.

3.3 Alur Tugas Akhir

Menguraikan prosedur yang akan digunakan dan jadwal atau alur penyelesaian setiap tahap. Alur penelitian ini dapat disajikan dalam bentuk diagram. Diagram dapat disusun dengan aturan yang baik semisal menggunakan *flowchart*. Aturan dan tutorial pembuatan *flowchart* dapat dilihat di <http://ugm.id/flowcharttutorial>. Setelah menggambarkannya, penulis wajib menjelaskan langkah-langkah setiap alur tugas akhir dalam sub bab tersendiri sesuai dengan kebutuhan.

3.4 Etika, Masalah, dan Keterbatasan Penelitian (Opsional)

Bagian ini membahas pertimbangan etis penelitian dan [potensi] masalah serta keterbatasannya. Jika menyangkut penelitian dengan makhluk hidup, maka dibutuhkan adanya *ethical clearance*, di bagian ini hal itu akan dibahas. Demikian juga tentang keterbatasan ataupun masalah yang akan timbul.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah yang perlu diperhatikan untuk mengisi bab hasil dan pembahasan:

1. Setiap rumusan masalah boleh memiliki lebih dari 1 tujuan.
2. Setiap subbab harus spesifik menjawab setiap tujuan yang dituliskan.
3. Setiap rumusan masalah boleh dijawab dengan 1 subbab atau lebih.

Berikut ini adalah contoh sub bab untuk menjelaskan tujuan penelitian.

4.1 Pembahasan Tujuan 1 dengan Hasil Penelitian 1 (Ubah Judul Sesuai dengan Hal yang Hendak dibahas)

Sub bab pertama adalah membahas tujuan penelitian pertama dengan hasil penelitian ke-1. Dapat ditambahkan beberapa sub bab jika diperlukan.

4.2 Pembahasan Tujuan 1 dengan Hasil Penelitian 2 (Ubah Judul Sesuai dengan Hal yang Hendak dibahas)

Sub bab kedua adalah membahas tujuan penelitian pertama dengan hasil penelitian ke-2. Sub bab ini merupakan contoh tambahan sub bab pertama.

4.3 Pembahasan Tujuan 2 dengan Hasil Penelitian 3 (Ubah Judul Sesuai dengan Hal yang Hendak dibahas)

Sub bab ketiga adalah membahas tujuan penelitian kedua. Dapat ditambahkan beberapa sub bab jika diperlukan.

4.4 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Hasil Terdahulu

Pembahasan penutup dapat menjelaskan mengenai kelebihan hasil pengembangan / penelitian dan kekurangan dibandingkan dengan skripsi atau penelitian terdahulu atau perbandingan terhadap produk lain yang ada di pasaran. Penulis dapat menggunakan tabel untuk membandingkan secara gamblang dan menjelaskannya.

BAB V

TAMBAHAN (OPSIONAL)

Anda boleh menambahkan Bab jika diperlukan. Jumlah Bab tidak harus sesuai dengan *template*.

Bab tambahan ini diperlukan jika hasil penelitian untuk menjawab tujuan cukup panjang atau terdiri dari banyak sub bab. Mahasiswa boleh menjawab 1 tujuan penelitian dengan 1 bab.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dapat diawali dengan apa yang dilakukan dengan tugas akhir ini lalu dilanjutkan dengan poin-poin yang menjawab tujuan penelitian, apakah tujuan sudah tercapai atau belum, tentunya berdasarkan data ataupun hasil dari Bab pembahasan sebelumnya. Dalam beberapa hal, kesimpulan dapat juga berisi tentang temuan/*findings* yang Anda dapatkan setelah melakukan pengamatan dan atau analisis terhadap hasil penelitian.

Kesimpulan menjawab seberapa jauh rumusan masalah tercapai berdasarkan hasil penelitian. Semua rumusan masalah harus disimpulkan berdasarkan data penelitian.

6.2 Saran

Saran berisi hal-hal yang bisa dilanjutkan dari penelitian atau skripsi ini, yang belum dilakukan karena batasan permasalahan. Saran bukan berisi saran kepada sistem atau pengguna, tetapi saran diberikan kepada aspek penelitian yang dapat dikembangkan dan ditambahkan di penelitian atau skripsi selanjutnya.

Catatan: Mahasiswa perlu melihat sinkronisasi antara rumusan masalah, tujuan, metode, hasil penelitian, dan kesimpulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Liu, Z. A. Bakar, and Q. Xu, “Self-regulated learning and academic achievement in higher education: A decade systematic review,” *International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS)*, vol. 9, no. 03, pp. 4488–4504, 2025. [Online]. Available: <https://dx.doi.org/10.47772/IJRISS.2025.90300358>
- [2] S. Xiao, K. Yao, and T. Wang, “The relationships of self-regulated learning and academic achievement in university students,” *SHS Web of Conferences*, vol. 60, p. 01003, 2019, pHECSS2018. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196001003>
- [3] E. Chitra, N. Hidayah, M. Chandratilake, and V. D. Nadarajah, “Self-regulated learning practice of undergraduate students in health professions programs,” *Frontiers in Medicine*, vol. 9, p. 803069, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.803069>
- [4] A. Akdeniz, “Exploring the impact of self-regulated learning intervention on students’ strategy use and performance in a design studio course,” *International Journal of Technology and Design Education*, pp. 1–35, 2022, advance online publication. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09798-3>
- [5] F. Nyman, ““you’re not learning skills—you’re just realizing what you can do”: a preliminary study of self-regulation in higher education,” *Frontiers in Education*, vol. Volume 9 - 2024, 2024. [Online]. Available: <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2024.1418297>
- [6] L. F. Yang, Y. Liu, and Z. Xu, “Examining the effects of self-regulated learning-based teacher feedback on english-as-a-foreign-language learners’ self-regulated writing strategies and writing performance,” *Frontiers in Psychology*, vol. Volume 13 - 2022, 2022. [Online]. Available: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2022.1027266>
- [7] T. Bock, E. Thomm, J. Bauer, and B. Gold, “Fostering student teachers’ research-based knowledge of effective feedback,” *European Journal of Teacher Education*, vol. 47, no. 2, pp. 389–407, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/02619768.2024.2338841>
- [8] H. E. Schaffer, K. R. Young, E. W. Ligon, and D. D. Chapman, “Automating individualized formative feedback in large classes based on a directed concept graph,” *Frontiers in Psychology*, vol. 8, p. 260, 2017, article 260. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00260>
- [9] A. Pardo, J. Jovanović, S. Dawson, D. Gašević, and N. Mirriahi, “Using learning analytics to scale the provision of personalised feedback,” *British Journal of Educational Technology*, vol. 50, no. 1, pp. 128–138, Jan. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/bjet.12592>
- [10] M. Usher, “Generative ai vs. instructor vs. peer assessments: a comparison of grading and feedback in higher education,” *Assessment & Evaluation in*

Higher Education, 2025, published online: Apr. 9, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/02602938.2025.2487495>

- [11] K. K. Maurya, K. V. A. Srivatsa, K. Petukhova, and E. Kochmar, “Unifying ai tutor evaluation: An evaluation taxonomy for pedagogical ability assessment of llm-powered ai tutors,” *arXiv preprint arXiv:2412.09416*, 2025, version 2. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2412.09416>
- [12] S. Strickroth, M. Kreidenweis, and Z. Wurm, “Learning from agile methods: Using a kanban board for classroom orchestration,” in *Proceedings of the 25th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL 2022)*, ser. Lecture Notes in Networks and Systems, M. E. Auer, W. Pachatz, and T. Rüttmann, Eds., vol. 633. Springer, 2022, pp. 68–79. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-031-26876-2_7
- [13] Z. Li, V. Yazdanpanah, J. Wang, W. Gu, L. Shi, A. I. Cristea, S. Kiden, and S. Stein, “Tutorllm: Customizing learning recommendations with knowledge tracing and retrieval-augmented generation,” in *Proceedings of the 18th ACM Conference on Recommender Systems (RecSys ’24)*. Bari, Italy: ACM, 2024, doi and ISBN not provided in source; add when available.
- [14] Z. Wang, J. Zhou, Q. Chen, M. Zhang, B. Jiang, A. Zhou, Q. Bai, and L. He, “Llm-kt: Aligning large language models with knowledge tracing using a plug-and-play instruction,” 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2502.02945>

Catatan: Daftar pustaka adalah apa yang dirujuk atau disitasi, bukan apa yang telah dibaca, jika tidak ada dalam sitasi maka tidak perlu dituliskan dalam daftar pustaka.

LAMPIRAN

L.1 Isi Lampiran

Lampiran bersifat opsional bergantung hasil kesepakatan dengan pembimbing dapat berupa:

1. Bukti pelaksanaan Kuesioner seperti pertanyaan kuesioner, resume jawaban responden, dan dokumentasi kuesioner.
2. Spesifikasi Aplikasi atau Sistem yang dikembangkan meliputi spesifikasi teknis aplikasi, tautan unduh aplikasi, manual penggunaan aplikasi, hingga screenshot aplikasi.
3. Cuplikan kode yang sekiranya penting dan ditambahkan.
4. Tabel yang terlalu panjang yang masih diperlukan tetapi tidak memungkinkan untuk ditayangkan di bagian utama skripsi.
5. Gambar-gambar pendukung yang tidak terlalu penting untuk ditampilkan di bagian utama. Akan tetapi, mendukung argumentasi/pengamatan/analisis.
6. Penurunan rumus-rumus atau pembuktian suatu teorema yang terlalu panjang dan terlalu teknis sehingga Anda berasumsi bahwa pembaca biasa tidak akan menelaah lebih lanjut. Hal ini digunakan untuk memberikan kesempatan bagi pembaca tingkat lanjut untuk melihat proses penurunan rumus-rumus ini.

LAMPIRAN

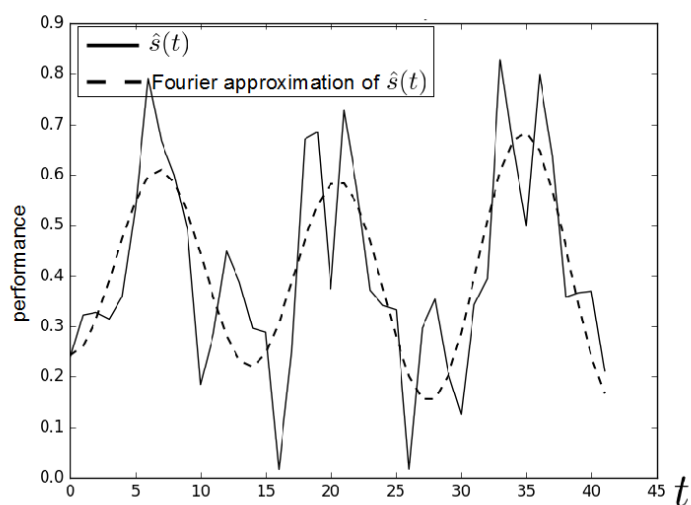
L.2 Panduan Latex

L.2.1 Syntax Dasar

L.2.1.1 Penggunaan Sitasi

Contoh penggunaan sitasi [?, ?] [?] [?] [?] [?, ?]

L.2.1.2 Penulisan Gambar



Gambar L.1. Contoh gambar.

Contoh gambar terlihat pada Gambar L.1. Gambar diambil dari [?].

L.2.1.3 Penulisan Tabel

Tabel L.1. Tabel ini

ID	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)
A23	173	62
A25	185	78
A10	162	70

Contoh penulisan tabel bisa dilihat pada Tabel L.1.

L.2.1.4 Penulisan formula

Contoh penulisan formula

$$L_{\psi_z} = \{t_i \mid v_z(t_i) \leq \psi_z\} \quad (1)$$

Contoh penulisan secara *inline*: $PV = nRT$. Untuk kasus-kasus tertentu, kita membutuhkan perintah "mathit" dalam penulisan formula untuk menghindari adanya jeda saat penulisan formula.

Contoh formula **tanpa** menggunakan "mathit": $PVA = RTD$

Contoh formula **dengan** menggunakan "mathit": $PVA = RTD$

L.2.1.5 Contoh list

Berikut contoh penggunaan list

1. First item
2. Second item
3. Third item

L.2.2 Blok Beda Halaman

L.2.2.1 Membuat algoritma terpisah

Untuk membuat algoritma terpisah seperti pada contoh berikut, kita dapat memanfaatkan perintah *algstore* dan *algrestore* yang terdapat pada paket *algcompatible*. Pada dasarnya, kita membuat dua blok algoritma dimana blok pertama kita simpan menggunakan *algstore* dan kemudian di-restore menggunakan *algrestore* pada algoritma kedua. Perintah tersebut dimaksudkan agar terdapat kesinamungan antara kedua blok yang sejatinya adalah satu blok.

Algorithm 1 Contoh algorima

```
1: procedure CREATESET( $v$ )  
2:   Create new set containing  $v$   
3: end procedure
```

Pada blok algoritma kedua, tidak perlu ditambahkan caption dan label, karena sudah menjadi satu bagian dalam blok pertama. Pembagian algoritma menjadi dua bagian ini berguna jika kita ingin menjelaskan bagian-bagian dari sebuah algoritma, maupun untuk memisah algoritma panjang dalam beberapa halaman.

```
4: procedure CONCATSET( $v$ )  
5:   Create new set containing  $v$   
6: end procedure
```

L.2.2.2 Membuat tabel terpisah

Untuk membuat tabel panjang yang melebihi satu halaman, kita dapat mengganti kombinasi *table* + *tabular* menjadi *longtable* dengan contoh sebagai berikut.

Tabel L.2. Contoh tabel panjang

header 1	header 2
foo	bar
foo	bar
foo	bar
foo	bar
foo	bar
foo	bar
foo	bar
foo	bar
foo	bar
foo	bar
foo	bar
foo	bar

L.2.2.3 Menulis formula terpisah halaman

Terkadang kita butuh untuk menuliskan rangkaian formula dalam jumlah besar sehingga melewati batas satu halaman. Solusi yang digunakan bisa saja dengan memindahkan satu blok formula tersebut pada halaman yang baru atau memisah rangkaian formula menjadi dua bagian untuk masing-masing halaman. Cara yang pertama mungkin akan menghasilkan alur yang berbeda karena ruang kosong pada halaman pertama akan diisi oleh teks selanjutnya. Sehingga di sini kita dapat memanfaatkan *align* yang sudah diatur dengan mode *allowdisplaybreaks*. Penggunaan *align* ini memungkinkan satu rangkaian formula terpisah berbeda halaman.

Contoh sederhana dapat digambarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 x &= y^2 \\
 x &= y^3 \\
 a + b &= c \\
 x &= y - 2 \\
 a + b &= d + e \\
 x^2 + 3 &= y \\
 a(x) &= 2x
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$b_i = 5x$$

$$10x^2 = 9x$$

$$2x^2 + 3x + 2 = 0$$

$$5x - 2 = 0$$

$$d = \log x$$

$$y = \sin x$$

LAMPIRAN

L.3 Format Penulisan Referensi

Penulisan referensi mengikuti aturan standar yang sudah ditentukan. Untuk internasionalisasi DTETI, maka penulisan referensi akan mengikuti standar yang ditetapkan oleh IEEE (*International Electronics and Electrical Engineers*). Aturan penulisan ini bisa diunduh di <http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf>. Gunakan Mendeley sebagai *reference manager* dan *export* data ke format Bibtex untuk digunakan di Latex.

Berikut ini adalah sampel penulisan dalam format IEEE:

L.3.1 Book

Basic Format:

- [1] J. K. Author, "Title of chapter in the book," in Title of His Published Book, xth ed. City of Publisher, Country: Abbrev. of Publisher, year, ch. x, sec. x, pp. xxx-xxx.

Examples:

- [1] B. Klaus and P. Horn, Robot Vision. Cambridge, MA: MIT Press, 1986.
- [2] L. Stein, "Random patterns," in Computers and You, J. S. Brake, Ed. New York: Wiley, 1994, pp. 55-70.
- [3] R. L. Myer, "Parametric oscillators and nonlinear materials," in Nonlinear Optics, vol. 4, P. G. Harper and B. S. Wherret, Eds. San Francisco, CA: Academic, 1977, pp. 47-160.
- [4] M. Abramowitz and I. A. Stegun, Eds., Handbook of Mathematical Functions (Applied Mathematics Series 55). Washington, DC: NBS, 1964, pp. 32-33.
- [5] E. F. Moore, "Gedanken-experiments on sequential machines," in Automata Studies (Ann. of Mathematical Studies, no. 1), C. E. Shannon and J. McCarthy, Eds. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 1965, pp. 129-153.
- [6] Westinghouse Electric Corporation (Staff of Technology and Science, Aerospace Div.), Integrated Electronic Systems. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1970.
- [7] M. Gorkii, "Optimal design," Dokl. Akad. Nauk SSSR, vol. 12, pp. 111-122, 1961 (Transl.: in L. Pontryagin, Ed., The Mathematical Theory of Optimal Processes. New York: Interscience, 1962, ch. 2, sec. 3, pp. 127-135).
- [8] G. O. Young, "Synthetic structure of industrial plastics," in Plastics, vol. 3,

Polymers of Hexadromicon, J. Peters, Ed., 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15-64.

L.3.2 Handbook

Basic Format:

- [1] Name of Manual/Handbook, x ed., Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, year, pp. xx-xx.

Examples:

- [1] Transmission Systems for Communications, 3rd ed., Western Electric Co., Winston Salem, NC, 1985, pp. 44-60.
- [2] Motorola Semiconductor Data Manual, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, 1989.
- [3] RCA Receiving Tube Manual, Radio Corp. of America, Electronic Components and Devices, Harrison, NJ, Tech. Ser. RC-23, 1992.

Conference/Prosiding

Basic Format:

- [1] J. K. Author, "Title of paper," in Unabbreviated Name of Conf., City of Conf., Abbrev. State (if given), year, pp.xxx-xxx.

Examples:

- [1] J. K. Author [two authors: J. K. Author and A. N. Writer] [three or more authors: J. K. Author et al.], "Title of Article," in [Title of Conf. Record as], [copyright year] © [IEEE or applicable copyright holder of the Conference Record]. doi: [DOI number]

Sumber Online/Internet

Basic Format:

- [1] J. K. Author. (year, month day). Title (edition) [Type of medium]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL))

Examples:

- [1] J. Jones. (1991, May 10). Networks (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>

Skripsi, Tesis dan Disertasi

Basic Format:

- [1] J. K. Author, "Title of thesis," M.S. thesis, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

[2] J. K. Author, "Title of dissertation," Ph.D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.

Examples:

[1] J. O. Williams, "Narrow-band analyzer," Ph.D. dissertation, Dept. Elect. Eng., Harvard Univ., Cambridge, MA, 1993. [2] N. Kawasaki, "Parametric study of thermal and chemical nonequilibrium nozzle flow," M.S. thesis, Dept. Electron. Eng., Osaka Univ., Osaka, Japan, 1993

LAMPIRAN

L.4 Contoh Source Code

L.4.1 Sample algorithm

Algorithm 2 Kruskal's Algorithm

```
1: procedure MAKESET( $v$ )
2:   Create new set containing  $v$ 
3: end procedure
4:
5: function FINDSET( $v$ )
6:   return a set containing  $v$ 
7: end function
8:
9: procedure UNION( $u, v$ )
10:  Unites the set that contain  $u$  and  $v$  into a new set
11: end procedure
12:
13: function KRUSKAL( $V, E, w$ )
14:   $A \leftarrow \{\}$ 
15:  for each vertex  $v$  in  $V$  do
16:    MakeSet( $v$ )
17:  end for
18:  Arrange  $E$  in increasing costs, ordered by  $w$ 
19:  for each  $(u, v)$  taken from the sorted list do
20:    if FindSet( $u$ )  $\neq$  FindSet( $v$ ) then
21:       $A \leftarrow A \cup \{(u, v)\}$ 
22:      Union( $u, v$ )
23:    end if
24:  end for
25:  return  $A$ 
26: end function
```

L.4.2 Sample Python code

```
1 import numpy as np
2
3 def incmatrix (genl1 , genl2):
4     m = len (genl1)
5     n = len (genl2)
6     M = None #to become the incidence matrix
7     VT = np.zeros ((n*m,1) , int) #dummy variable
8
9     #compute the bitwise xor matrix
10    M1 = bitxormatrix (genl1)
11    M2 = np.triu (bitxormatrix (genl2) ,1)
12
13    for i in range (m-1):
14        for j in range (i+1, m):
15            [r,c] = np.where (M2 == M1[i,j])
16            for k in range (len (r)):
17                VT[(i)*n + r[k]] = 1;
18                VT[(i)*n + c[k]] = 1;
19                VT[(j)*n + r[k]] = 1;
20                VT[(j)*n + c[k]] = 1;
21
22    if M is None:
23        M = np.copy (VT)
24    else:
25        M = np.concatenate ((M, VT) , 1)
26
27    VT = np.zeros ((n*m,1) , int)
28
29    return M
```

L.4.3 Sample Matlab code

```
1 function X = BitXorMatrix(A,B)
2 %function to compute the sum without charge of two vectors
3
4 %convert elements into unsigned integers
5 A = uint8(A);
6 B = uint8(B);
7
8 m1 = length(A);
9 m2 = length(B);
10 X = uint8(zeros(m1, m2));
11 for n1=1:m1
12     for n2=1:m2
13         X(n1, n2) = bitxor(A(n1), B(n2));
14     end
15 end
```