

**TUGAS AKHIR  
SKEMA SKRIPSI**

**PAICODE: AGENTIC AI BERBASIS CLI UNTUK  
OTOMASI AKTIVITAS PEMROGRAMAN DAN  
PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK DI LINUX  
YANG DITENAGAI LLM MELALUI API**



**I PUTU GEDE GILANG TEJA KRISHNA  
NIM : 225410001**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
PROGRAM SARJANA  
FAKULTAS FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS TEKNOLOGI DIGITAL INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2025**

**TUGAS AKHIR  
SKEMA SKRIPSI**

**PAICODE: AGENTIC AI BERBASIS CLI UNTUK OTOMASI  
AKTIVITAS PEMROGRAMAN DAN PENGEMBANGAN  
PERANGKAT LUNAK DI LINUX YANG DITENAGAI LLM  
MELALUI API**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada  
Program Sarjana  
Program Studi INFORMATIKA  
Fakultas FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
Universitas Teknologi Digital Indonesia

Disusun Oleh

**I PUTU GEDE GILANG TEJA KRISHNA  
NIM : 225410001**

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA  
PROGRAM SARJANA  
FAKULTAS FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS TEKNOLOGI DIGITAL INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2025**

## **HALAMAN PERSETUJUAN UJIAN TUGAS AKHIR**

Judul : PAICODE: AGENTIC AI BERBASIS CLI UNTUK OTOMASI AKTIVITAS PEMROGRAMAN DAN PENGEOMBANGAN PERANGKAT LUNAK DI LINUX YANG DITENAGAI LLM MELALUI API  
Nama : I PUTU GEDE GILANG TEJA KRISHNA  
NIM : 225410001  
Program Studi : INFORMATIKA  
Program : Sarjana  
Semester : Ganjil  
Tahun Akademik : 2024/2025

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan  
di hadapan Dewan Pengudi Tugas Akhir

Yogyakarta, 24 November 2025

Dosen Pembimbing,

Dr. Bambang Purnomasidi Dwi Putranto, S.E., Akt., S.Kom., MMSI

NIDN: 0505058801

## **HALAMAN PENGESAHAN**

### **PAICODE: AGENTIC AI BERBASIS CLI UNTUK OTOMASI AKTIVITAS PEMROGRAMAN DAN PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK DI LINUX YANG DITENAGAI LLM MELALUI API**

Telah dipertahankan di depan Dewan Pengaji dan dinyatakan diterima untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh  
Gelar Sarjana Komputer  
Program Studi INFORMATIKA  
Fakultas FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI  
Universitas Teknologi Digital Indonesia

Yogyakarta, 24 November 2025

Dewan Pengaji	NIDN	Tandatangan
1. Wagito, S.T., M.T. (Ketua)	.....	.....
2. Dr. Bambang Purnomasidi Dwi Putranto, S.E., Akt., S.Kom., MMSI (Sekretaris)	.....	.....
3. Ariesta Damayanti, S.Kom., M.Cs. (Ang- gota)	.....	.....

Mengetahui  
Ketua Program Studi INFORMATIKA

Dini Fakta Sari, S.T., M.T.  
NIDN: .....

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa naskah Tugas Akhir ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sah diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 24 November 2025

**I PUTU GEDE GILANG TEJA KRISHNA**

NIM: 225410001

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta yang telah memberikan doa, dukungan, dan kasih sayang yang tiada henti; seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat; para guru dan dosen yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat; serta seluruh teman-teman di kampus dan rekan seperjuangan UTDI THE ARCADE.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjedul **PAICODE: AGENTIC AI BERBASIS CLI UNTUK OTOMASI AKTIVITAS PEMROGRAMAN DAN PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK DI LINUX YANG DITENAGAI LLM MELALUI API**. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi INFORMATIKA, FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI, UNIVERSITAS TEKNOLOGI DIGITAL INDONESIA.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kesehatan, dan kemudahan yang diberikan selama proses penelitian. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan motivasi yang tiada henti.

Penulis secara khusus menyampaikan terima kasih kepada Bapak Dr. Bambang Purnomasidi Dwi Putranto, S.E., Akt., S.Kom., MMSI selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga selama penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih juga kepada seluruh dosen dan staf FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI yang telah memberikan ilmu, fasilitas, dan dukungan selama masa perkuliahan, serta rekan-rekan mahasiswa dan teman-teman di kampus yang telah memberikan bantuan, diskusi, dan semangat selama proses penelitian yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan perkembangan ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, 24 November 2025

**Penulis**

---

## **Ucapan Terima Kasih**

Dengan penuh rasa syukur, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moral maupun material sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Secara khusus, ucapan terima kasih ditujukan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya.
2. Orang tua dan keluarga atas doa, dukungan, dan pengorbanan yang diberikan.
3. Dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi.
4. Para dosen penguji atas masukan dan koreksi yang konstruktif.
5. Seluruh dosen dan staf di FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI serta rekan-rekan mahasiswa.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan menjadi amal kebaikan dan mendapatkan balasan yang setimpal.

Yogyakarta, .....

**I PUTU GEDE GILANG TEJA KRISHNA**  
NIM: 225410001

---

## INTISARI

Penelitian ini mengusulkan **Paicode**, sebuah agen AI berbasis Command Line Interface (CLI) untuk membantu proses pengembangan perangkat lunak secara interaktif dengan arsitektur *Single-Shot Intelligence*. Sistem berjalan pada lingkungan terminal lokal dan melakukan **operasi berkas tingkat-aplikasi di ruang kerja proyek (project workspace)**; namun **mengirimkan cuplikan kode/konteks ke layanan LLM (Gemini) melalui API** untuk keperluan inferensi. Oleh karena itu, aspek privasi dan kerahasiaan kode **bergantung pada kebijakan penyedia API**, sedangkan pengamanan lokal difokuskan pada kebijakan *path security*. Himpunan perintah yang disediakan (mis. READ, WRITE, MODIFY, TREE, LIST\_PATH) memungkinkan agen mengobservasi proyek, memanipulasi berkas, dan memodifikasi kode secara terarah dengan sistem perubahan berbasis *diff*.

Arsitektur *Single-Shot Intelligence* mengoptimalkan efisiensi dengan sistem panggilan API yang terdiri dari: (1) klasifikasi intensi, (2) acknowledgment dinamis, (3) fase perencanaan untuk analisis mendalam dan perencanaan komprehensif dalam format JSON, (4) fase eksekusi adaptif yang dapat berjalan dalam 1-3 subfase berdasarkan kompleksitas tugas, dan (5) saran langkah berikutnya. Sistem mencakup manajemen API key tunggal dengan migrasi otomatis dari sistem multi-key, *interrupt handling* (Ctrl+C), dan pencatatan sesi ke `.pai_history`.

Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan *prototyping* iteratif. Evaluasi dilakukan melalui skenario tugas representatif, dengan metrik efisiensi (jumlah panggilan API), ketepatan hasil (kompilasi/eksekusi), dan kepatuhan keamanan *path*. Hasil menunjukkan bahwa agen *stateful* dengan arsitektur *Single-Shot Intelligence* dan pembatasan perubahan berbasis *diff* dengan threshold ganda (500 baris absolut dan 50% ratio maksimal) memudahkan pengembangan bertahap sambil menekan risiko penimpaan berkas. Sistem eksekusi adaptif dengan 1-3 subfase terbukti lebih efisien dibandingkan pendekatan tradisional yang memerlukan banyak

panggilan API berulang, dengan tetap mempertahankan kualitas hasil yang optimal.

**Kata kunci:** agentic AI, CLI, LLM, API, Single-Shot Intelligence, keamanan *path*, pengembangan perangkat lunak.

---

## ABSTRACT

This thesis presents **Paicode**, an agentic AI for the Command Line Interface (CLI) that assists software development through interactive, stateful workflows with a *Single-Shot Intelligence* architecture. The system runs on a local terminal and performs **application-level file operations within the project workspace**, while **sending code/context snippets to an external LLM (Gemini) via API** for inference. Consequently, privacy and confidentiality **depend on the provider's policy**, whereas local safeguards focus on path-security policies. A compact set of commands (e.g., `READ`, `WRITE`, `MODIFY`, `TREE`, `LIST_PATH`) enables the agent to observe the project, manipulate files, and apply targeted code modifications with *diff*-based change system.

The *Single-Shot Intelligence* architecture optimizes efficiency through an API call system consisting of: (1) intent classification, (2) dynamic acknowledgement, (3) planning phase for deep analysis and comprehensive JSON-based planning, (4) adaptive execution phase that can run in 1-3 sub-phases based on task complexity, and (5) next-step suggestions. The system includes single API key management with automatic migration from multi-key systems, *interrupt handling* (`Ctrl+C`), and session logging to `.pai_history`.

We adopt a Research and Development approach with iterative prototyping. The evaluation uses representative programming scenarios and measures efficiency (API call count), correctness (build/run), and security compliance. Results indicate that a stateful agent with *Single-Shot Intelligence* and *diff*-based change constraints with dual thresholds (500-line absolute and 50% maximum ratio) facilitates incremental development while reducing the risk of unintended overwrites. The adaptive execution system with 1-3 sub-phases proves more efficient than traditional approaches requiring multiple repetitive API calls, while maintaining optimal result quality.

**Keywords:** agentic AI, CLI, LLM, API, Single-Shot Intelligence, path security, software engineering.

---

## **Daftar Singkatan**

<b>AI</b>	Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence)
<b>LLM</b>	Large Language Model
<b>CLI</b>	Command Line Interface
<b>TUI</b>	Text-based User Interface
<b>R&amp;D</b>	Research and Development
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>JSON</b>	JavaScript Object Notation
<b>gRPC</b>	Google Remote Procedure Call
<b>MIT</b>	Massachusetts Institute of Technology (License)
<b>OS</b>	Operating System
<b>UI</b>	User Interface

---

## **Daftar Simbol**

$t$	Waktu (detik)
$n$	Jumlah langkah/perintah
$\Delta$	Perubahan/delta (baris yang diubah)
$S$	Skor keberhasilan eksekusi

---

## Daftar Istilah

<b>CLI</b>	Command Line Interface; antarmuka baris perintah pada terminal.
<b>LLM</b>	Large Language Model; model bahasa berskala besar untuk inferensi teks/kode.
<b>API</b>	Application Programming Interface; antarmuka pemrograman untuk mengakses layanan (mis. LLM).
<b>control/data flow</b>	Pola arus kontrol dan data antar komponen dalam arsitektur sistem yang menggambarkan urutan eksekusi dan pertukaran informasi.
<b>workspace controller</b>	Modul pengatur workspace yang memusatkan fungsi-fungsi operasi tingkat-aplikasi pada workspace proyek, termasuk validasi <i>path</i> , pelarangan <i>path</i> sensitif, dan modifikasi berbasis <i>diff</i> .
<b>path</b>	Jalur berkas/direktori pada workspace proyek (contoh: <code>/home/user/project/main.py</code> ).
<b>path security</b>	Kebijakan keamanan terkait path: normalisasi, validasi root, dan blokir direktori sensitif untuk mencegah akses yang tidak sah.
<b>path traversal</b>	Teknik atau upaya mengakses direktori/berkas di luar cakupan yang diizinkan dengan memanipulasi path (mis. menggunakan segmen <code>..</code> ).
<b>deny-list</b>	Daftar path/pola yang dilarang untuk diakses atau dimodifikasi (mis. <code>.env</code> , <code>.git</code> , <code>venv/</code> , <code>__pycache__/</code> , <code>.vscode/</code> ).
<b>project files (berkas proyek)</b>	Berkas-berkas aplikasi dalam workspace proyek yang dapat dibaca/ditulis/dimodifikasi oleh Paicode (mis. kode sumber, konfigurasi proyek, README).

<b>diff</b>	Representasi perubahan antar versi berkas (baris ditambah/diubah/dihapus).
<b>stateful</b>	Menjaga konteks/riwayat interaksi agar mempengaruhi langkah berikutnya.
<b>guardrail</b>	Pembatas/safeguard untuk mengurangi tindakan berisiko (mis. pembatasan ruang perubahan).
<b>workspace</b>	Direktori/lingkungan kerja proyek aktif tempat berkas proyek dikelola dan dimanipulasi.
<b>repository root</b>	Direktori akar dari repository proyek; menjadi patokan validasi dan normalisasi <i>path</i> .
<b>rate limit</b>	Batas kuota/kecepatan permintaan API dalam jangka waktu tertentu yang ditetapkan penyedia layanan.
<b>tokenization</b>	Proses memecah teks menjadi unit-unit token yang diproses LLM; mempengaruhi biaya dan <i>context window</i> .
<b>prompt</b>	Instruksi atau masukan yang diberikan ke LLM untuk menghasilkan keluaran.
<b>context window</b>	Batas panjang konteks (jumlah token) yang dapat dipertimbangkan LLM pada satu permintaan.
<b>API key</b>	Kredensial rahasia untuk mengakses layanan API; harus disimpan aman (jangan ditulis di repository publik).
<b>Single-Shot Intelligence</b>	Arsitektur agen AI yang mengoptimalkan efisiensi dengan sistem panggilan API terbatas: klasifikasi intensi, acknowledgment dinamis, perencanaan JSON, eksekusi adaptif 1-3 subfase, dan saran langkah berikutnya.
<b>agentic AI</b>	Sistem kecerdasan buatan yang mampu bertindak secara otonom dengan kemampuan observasi, perencanaan, dan eksekusi dalam lingkungan tertentu.
<b>acknowledgment dinamis</b>	Respons konfirmasi yang diberikan agen untuk mengakui dan memahami permintaan pengguna sebelum mulai perencanaan.
<b>interrupt handling</b>	Mekanisme penanganan interupsi (Ctrl+C) yang memungkinkan pengguna menghentikan respons AI tanpa keluar dari sesi.

<b>atomic write</b>	Teknik penulisan berkas yang menggunakan file sementara ( <code>tempfile</code> ) untuk memastikan operasi tulis berhasil sepenuhnya atau gagal total, mencegah korupsi data.
<b>threshold ganda</b>	Sistem pembatasan modifikasi berkas dengan dua kriteria: batas absolut (500 baris) dan batas relatif (50% dari total baris berkas).
<b>SENSITIVE _PATTERNS</b>	Daftar 7 pola direktori/berkas sensitif yang diblokir akses: <code>.env, .git, venv, __pycache__, .pai_history, .idea, .vscode.</code>
<b>noise suppression</b>	Teknik menekan log yang berisik dari library <code>gRPC/absl</code> menggunakan environment variables khusus.
<b>entry point</b>	Titik masuk aplikasi yang didefinisikan dalam <code>setup.cfg</code> sebagai console script ( <code>pai = paicode.cli:main</code> ).
<b>prototyping iteratif</b>	Metode pengembangan dengan siklus berulang: perancangan, implementasi, uji coba, dan perbaikan untuk validasi asumsi dan penyempurnaan rancangan.
<b>markdown artifacts</b>	Sisa-sisa format markdown (seperti <code>~~</code> , <code>**bold**</code> ) dalam output LLM yang perlu dibersihkan sebelum ditampilkan.
<b>spinner status</b>	Indikator visual berputar yang menunjukkan bahwa sistem sedang memproses (misalnya saat LLM berpikir).
<b>multiline input</b>	Kemampuan input teks multi-baris dengan dukungan key bindings khusus (Alt+Enter untuk baris baru, Enter untuk submit).

---

## Daftar Isi

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	iv
<b>PRAKATA</b>	v
<b>Ucapan Terima Kasih</b>	vii
<b>INTISARI</b>	viii
<b>ABSTRACT</b>	x
<b>Daftar Singkatan</b>	xi
<b>Daftar Simbol</b>	xii
<b>Daftar Istilah</b>	xiii
<b>1 Pendahuluan</b>	1
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	2
1.3 Ruang Lingkup . . . . .	2
1.4 Tujuan Penelitian . . . . .	3
1.5 Manfaat Penelitian . . . . .	3
1.6 Sistematika Penulisan . . . . .	4
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b>	5
2.1 Tinjauan Pustaka . . . . .	5
2.1.1 AI Coding Assistant Terintegrasi (IDE-based) . . . . .	5
2.1.2 CLI-based AI Chat Tools . . . . .	5

2.1.3	Autonomous Software Engineers . . . . .	6
2.1.4	Posisi Paicode . . . . .	6
2.1.5	Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya . . . . .	6
2.1.6	Posisi Penelitian . . . . .	8
2.2	Dasar Teori . . . . .	9
2.2.1	Command Line Interface (CLI) . . . . .	9
2.2.2	AI Agent . . . . .	9
2.2.3	Large Language Model (LLM) . . . . .	10
2.2.4	Perbedaan LLM dan Agen AI . . . . .	10
2.2.5	Arsitektur dan Kebijakan Data . . . . .	10
2.2.6	Manajemen Dependensi dengan pip dan Virtual Environment . . . . .	11
2.2.7	Antarmuka Terminal dengan rich dan prompt_toolkit . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Metode Penelitian</b>	<b>13</b>
3.1	Metode Pengembangan . . . . .	13
3.1.1	Trade-off Metodologis . . . . .	13
3.2	Arsitektur Sistem . . . . .	14
3.3	Visualisasi Metodologi . . . . .	15
3.4	Alat dan Lingkungan . . . . .	18
3.5	Prosedur Penelitian . . . . .	19
<b>4</b>	<b>Implementasi dan Pembahasan</b>	<b>21</b>
4.1	Implementasi Paicode . . . . .	21
4.1.1	Instalasi . . . . .	21
4.1.2	Konfigurasi API Key . . . . .	21
4.1.3	Menjalankan Agen . . . . .	22
4.2	Alur Interaksi dengan Single-Shot Intelligence . . . . .	22
4.2.1	Cuplikan Kode Kunci . . . . .	23
4.3	Cuplikan Log Implementasi . . . . .	27
4.4	Tabel Skenario Pengujian . . . . .	39
4.5	Tabel Metrik Evaluasi . . . . .	40
4.6	Tabel Konfigurasi Lingkungan . . . . .	40
4.7	Contoh Sesi . . . . .	41
4.8	Evaluasi dan Analisis Mendalam . . . . .	41
4.8.1	Metrik Kuantitatif . . . . .	41

4.8.2	Analisis Kualitatif: Mengapa Single-Shot Intelligence Efektif? . . . . .	42
4.8.3	Analisis Kegagalan dan Limitasi . . . . .	43
4.8.4	Perbandingan dengan Baseline Manual . . . . .	43
4.8.5	Refleksi Kritis: Apakah Ini "Asisten" atau "Autopilot"? . . . . .	44
<b>5</b>	<b>Kesimpulan dan Saran</b>	<b>45</b>
5.1	SIMPULAN . . . . .	45
5.2	SARAN . . . . .	46
<b>A</b>	<b>Lampiran A</b>	<b>48</b>
A.1	Konfigurasi Lingkungan . . . . .	48
A.2	Instruksi Instalasi (venv + pip) . . . . .	48
A.3	Cuplikan Log Sesi Agen . . . . .	49
A.4	Listing Lengkap Modul Kunci . . . . .	49

---

## **Daftar Gambar**

2.1 Konsep arsitektur agentic AI di lingkungan CLI dengan inferensi LLM melalui API. . . . .	11
2.2 Model interaksi <i>stateful</i> dan <i>feedback loop</i> pada sesi agen. . . . .	12

---

## Daftar Tabel

2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan . . . . .	7
2.2	Ilustrasi komparasi konseptual antara pendekatan ekstensi editor, layanan daring, dan CLI dengan integrasi LLM via API. . .	12
3.1	Modul dan Dependensi Komponen Paicode . . . . .	15
3.2	Urutan Interaksi Sesi Agen dengan Single-Shot Intelligence . . .	17
3.3	Rangkuman Validasi Keamanan <i>Path</i> . . . . .	18
4.1	Skenario Pengujian Paicode . . . . .	39
4.2	Metrik Evaluasi dan Definisi Operasional . . . . .	40
4.3	Konfigurasi Lingkungan Uji . . . . .	40

# BAB 1

---

## Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan *Large Language Model* (LLM) telah mendorong lahirnya beragam asisten pemrograman yang mampu membantu pengembang perangkat lunak dalam menulis, meninjau, dan memodifikasi kode. Meskipun demikian, sebagian besar asisten tersebut beroperasi sebagai ekstensi editor atau layanan berbasis *cloud* yang menyimpan, memproses, atau melatih dari data pengguna. Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran terkait privasi, kendali atas data, serta ketergantungan pada antarmuka tertentu.

Di sisi lain, *Command Line Interface* (CLI) tetap menjadi lingkungan kerja yang penting bagi banyak pengembang karena sifatnya yang ringan, dapat diotomasi, dan mudah diintegrasikan dengan beragam alat. Integrasi kemampuan agen cerdas yang *stateful* dan *proactive* ke dalam CLI berpotensi mempercepat proses pengembangan perangkat lunak. Dalam konteks Paicode, sistem berjalan pada terminal lokal dan mengeksekusi tindakan langsung pada **berkas proyek di workspace**; namun, cuplikan kode/konteks **dikirim ke layanan LLM melalui API** untuk keperluan inferensi [2, 7, 1]. Dengan demikian, aspek privasi/kerahasiaan kode **bergantung pada kebijakan penyedia API**, sementara pengamanan di sisi lokal difokuskan pada kebijakan *path security* (keamanan *path*) dan pembatasan perubahan berbasis *diff*.

Penelitian ini menghadirkan **Paicode**, sebuah agen AI berbasis CLI yang dirancang untuk membantu proses pengembangan perangkat lunak secara interaktif dengan arsitektur *Single-Shot Intelligence*. Paicode mampu: (i) mengobligasi struktur proyek (TREE, LIST\_PATH); (ii) membaca dan menulis berkas proyek (READ, WRITE); (iii) memodifikasi kode secara terarah dengan sistem perubahan berbasis *diff* dengan threshold ganda: 500 baris absolut dan 50%

ratio maksimal (**MODIFY**); (iv) menegakkan kebijakan keamanan *path* pada berkas proyek (memblokir akses ke direktori sensitif seperti `.git`, `venv`, dan `.env`); (v) melakukan klasifikasi intensi pengguna (*chat* vs *task*); (vi) mengoptimalkan efisiensi dengan sistem *Single-Shot Intelligence* yang mencakup *acknowledgment* dinamis, perencanaan JSON, dan eksekusi adaptif 1-3 subfase; serta (vii) menyediakan penanganan interupsi (*interrupt handling*) untuk kontrol sesi yang lebih baik. Sistem diimplementasikan pada lingkungan Ubuntu dengan bahasa pemrograman Python, pengelolaan dependensi melalui pip dan virtual environment, manajemen API key tunggal dengan migrasi otomatis dari sistem multi-key, dan menggunakan API Gemini sebagai LLM.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang diajukan adalah:

*Bagaimana merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi agen AI berbasis CLI dengan arsitektur Single-Shot Intelligence yang mampu mengotomatisi aktivitas pemrograman secara aman melalui kebijakan path security dan pembatasan perubahan berbasis diff, serta terintegrasi dengan LLM melalui API?*

## 1.3 Ruang Lingkup

Agar fokus penelitian terjaga dan implementasi dapat dilakukan secara terukur, batasan-batasan berikut ditetapkan:

- Lingkungan target adalah sistem operasi Ubuntu (Linux) dengan antarmuka CLI.
- Bahasa pemrograman utama adalah Python; contoh dan skenario uji berfokus pada ekosistem Python/Unix.
- Layanan LLM eksternal menggunakan API Gemini; kualitas respons bergantung pada model dan tidak menjadi ruang lingkup untuk dioptimasi ulang.
- Dukungan multi-pengguna, kolaborasi real-time, dan integrasi langsung dengan editor tidak dibahas pada versi ini.

- Aspek visual seperti diagram dan ilustrasi antarmuka ditunda pada tahap akhir; fokus laporan adalah narasi dan hasil teknis.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membangun dan mengevaluasi sebuah agen AI berbasis CLI yang dapat membantu pengembang dalam proses pemrograman secara interaktif dengan arsitektur *Single-Shot Intelligence*. Secara khusus, penelitian menargetkan:

1. Merancang arsitektur Paicode yang mencakup modul agen dengan *Single-Shot Intelligence* (klasifikasi intensi, fase perencanaan, dan fase eksekusi dalam 2 panggilan API), jembatan LLM dengan manajemen API key tunggal, antarmuka CLI dengan *interrupt handling*, lapisan keamanan *path* pada berkas proyek, serta komponen tampilan terminal berbasis *rich*.
2. Mengimplementasikan kemampuan observasi proyek, manipulasi berkas, dan modifikasi kode terarah dengan mekanisme *diff-aware* yang mencegah penimpaan berkas tidak diinginkan dan memblokir akses ke direktori sensitif.
3. Mengintegrasikan fitur-fitur interaktif seperti pencatatan sesi ke `.pai_history`, penanganan interupsi (Ctrl+C), dan antarmuka terminal yang responsif dengan dukungan input multiline.
4. Menyusun prosedur evaluasi dengan skenario tugas pemrograman yang representatif dan mengukur efisiensi panggilan API, ketepatan hasil, serta kepatuhan keamanan *path*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi:

- **Akademis:** menyediakan studi kasus dan arsitektur rujukan untuk pengembangan agen AI berbasis CLI dengan integrasi LLM melalui API, serta memperkaya literatur mengenai integrasi LLM dalam alur kerja rekayasa perangkat lunak.

- **Praktis:** menghadirkan alat bantu pengembangan perangkat lunak dengan kelebihan spesifik sebagai berikut:
  1. **Efisiensi Biaya dan Token:** Menggunakan arsitektur *Single-Shot Intelligence* yang memadatkan proses perencanaan dan eksekusi menjadi dua panggilan utama, mengurangi biaya API dibandingkan agen berbasis *chat-loop* konvensional.
  2. **Keamanan Terkendali:** Menerapkan kebijakan keamanan *path* (path security) yang memblokir akses ke direktori sensitif (seperti `.git`, `.env`) dan mekanisme modifikasi berbasis *diff* untuk mencegah perubahan destruktif masif.
  3. **Fleksibilitas Lingkungan:** Beroperasi sebagai utilitas CLI yang ringan dan agnostik terhadap editor kode (IDE-agnostic), sehingga dapat digunakan di server tanpa antarmuka grafis (headless) maupun sebagai pendamping editor apa pun di OS berbasis Linux.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Memuat tinjauan pustaka dari penelitian terdahulu yang relevan serta dasar teori yang mendukung penelitian ini.

### BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan bahan, peralatan, prosedur penelitian, serta analisis dan perancangan sistem.

### BAB IV IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

Menguraikan proses implementasi sistem, hasil uji coba, dan pembahasan mengenai hasil yang diperoleh.

### BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari penelitian dan saran untuk pengembangan selanjutnya.

## BAB 2

---

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Perkembangan alat bantu pemrograman berbasis AI berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Berikut adalah tinjauan terhadap beberapa solusi *state-of-the-art* yang relevan dengan penelitian ini:

##### 2.1.1 AI Coding Assistant Terintegrasi (IDE-based)

GitHub Copilot [4] merupakan contoh paling prominen dari asisten pemrograman yang terintegrasi langsung ke dalam lingkungan pengembangan (IDE) seperti VS Code. Copilot unggul dalam memberikan saran *autocomplete* real-time dan fungsi obrolan kontekstual. Namun, pendekatannya sangat bergantung pada antarmuka editor visual dan beroperasi sebagai "pilot pendamping" (copilot) alih-alih agen otonom yang dapat melakukan tugas kompleks lintas berkas secara mandiri tanpa intervensi pengguna untuk setiap langkahnya.

##### 2.1.2 CLI-based AI Chat Tools

Alat seperti Aider [3] membawa kemampuan LLM ke dalam terminal (CLI). Aider memungkinkan pengguna untuk melakukan *pair programming* dengan LLM langsung di terminal dan menerapkan perubahan pada git repository. Pendekatan ini mirip dengan Paicode dalam hal antarmuka berbasis teks. Perbedaannya, Paicode menekankan pada arsitektur *Single-Shot Intelligence* dengan fase perencanaan JSON eksplisit sebelum eksekusi, serta penerapan kebijakan keamanan *path* yang ketat untuk lingkungan korporasi atau sensitif, sedangkan banyak alat CLI lain berfokus pada kecepatan interaksi *chat-apply* langsung.

### 2.1.3 Autonomous Software Engineers

Proyek seperti OpenDevin [8] dan SWE-agent [5] bertujuan menciptakan agen yang sepenuhnya otonom, mampu menyelesaikan isu GitHub dari awal hingga akhir tanpa interaksi manusia. Meskipun sangat canggih, pendekatan ini seringkali memerlukan akses sumber daya yang besar (Docker container penuh) dan kompleksitas tinggi untuk penyiapan. Paicode mengambil posisi tengah (middle-ground) dengan menyediakan agen *semi-autonomous* yang ringan (*lightweight*), berjalan native di OS tanpa kontainer berat, namun tetap memiliki kemampuan perencanaan (*planning*) untuk tugas multi-langkah.

### 2.1.4 Posisi Paicode

Dibandingkan dengan solusi di atas, Paicode menawarkan kebaruan pada kombinasi arsitektur *local-first* yang ringan namun terstruktur:

1. **Keamanan Terkendali:** Tidak seperti agen otonom penuh yang sering berjalan di sandboxed container karena risiko tinggi, Paicode dirancang aman untuk berjalan di *host* utama berkat *path security policy* dan *diff-based guardrails*.
2. **Efisiensi Token:** Dengan arsitektur perencanaan *single-shot*, Paicode mengurangi *round-trip* percakapan yang tidak perlu, berbeda dengan model *chat* standar.
3. **Transparansi Rencana:** Pengguna dapat melihat rencana aksi (dalam format JSON) sebelum eksekusi masif dilakukan, memberikan kontrol lebih baik daripada model *black-box*.

### 2.1.5 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Tabel 2.1 merangkum perbedaan antara penelitian-penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan.

Dari Tabel 2.1 terlihat bahwa penelitian ini mengisi *gap* antara asisten pasif (seperti Copilot) dan agen otonom penuh (seperti OpenDevin) dengan menawarkan pendekatan *semi-autonomous* yang efisien, aman, dan transparan. Kebaruan utama terletak pada kombinasi **Single-Shot Intelligence** untuk efisiensi token, **path security** untuk keamanan tanpa sandboxing, dan

Tabel 2.1: Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Aspek	Penelitian Terdahulu	Penelitian Ini (Paicode)
<b>Platform</b>	IDE-based (Copilot), Web-based (ChatGPT Code Interpreter), Container-based (OpenDevin)	CLI native, berjalan langsung di terminal Linux tanpa container
<b>Arsitektur Agen</b>	Chat-loop iteratif (10-20 API calls) atau fully autonomous	Single-Shot Intelligence (2 API calls: planning + execution)
<b>Keamanan Lokal</b>	Sandboxed container (OpenDevin) atau tidak ada kontrol eksplisit (Copilot)	Path security policy + diff-based guardrails (threshold 500 baris, 50% ratio)
<b>Transparansi</b>	Black-box suggestions (Copilot) atau verbose logs (SWE-agent)	Explicit JSON planning phase dengan user approval
<b>Efisiensi</b>	High token consumption (chat-loop) atau resource-intensive (full containers)	Token-optimized (60-70% reduction) dan lightweight (native OS)
<b>Interaktivitas</b>	Passive suggestions (Copilot) atau fully autonomous (OpenDevin)	Semi-autonomous dengan interrupt handling (Ctrl+C)
<b>Fokus Penelitian</b>	General-purpose coding atau issue-solving automation	Secure, efficient, transparent automation untuk developer workflows

**explicit planning** untuk transparansi—aspek-aspek yang belum dieksplorasi secara bersamaan dalam penelitian sebelumnya.

### 2.1.6 Posisi Penelitian

Kontribusi penelitian ini ditempatkan pada ranah agentic AI untuk pengembangan perangkat lunak dengan karakteristik sebagai berikut:

- **CLI lokal dengan integrasi LLM via API:** agen berjalan di terminal, tindakan langsung tercermin pada **berkas proyek di workspace**; sementara inferensi dilakukan oleh LLM eksternal sehingga kebijakan data mengikuti penyedia API.
- **Arsitektur Single-Shot Intelligence:** alur kerja efisien yang mengoptimalkan penggunaan API dengan tepat 2 panggilan (perencanaan dan eksekusi), menggantikan pendekatan tradisional yang memerlukan 10-20 panggilan API.
- **Manajemen API key tunggal:** sistem manajemen API key yang disederhanakan dengan migrasi otomatis dari sistem multi-key untuk kemudahan penggunaan.
- **Keamanan berkas:** kebijakan pelarangan akses *path* sensitif dan validasi *path* mencegah *path traversal* dan operasi berisiko pada direktori seperti `.git`, `venv`, dan `.env`.
- **Modifikasi terarah berbasis diff:** perintah `MODIFY` memanfaatkan sistem *diff*-aware untuk membatasi ruang perubahan dan mencegah penimpaan berkas tidak diinginkan.
- **Fitur interaktif:** *interrupt handling* (`Ctrl+C`) untuk menghentikan respons AI tanpa keluar dari sesi, pencatatan sesi lengkap ke `.pai_history`, dan antarmuka terminal responsif dengan dukungan input multiline.
- **Keterulangan eksperimen:** penggunaan pip, virtual environment, dan Makefile memudahkan replikasi lingkungan dan dokumentasi langkah instalasi.

## 2.2 Dasar Teori

Bagian ini membahas konsep yang menjadi landasan penelitian: *Command Line Interface* (CLI), agen kecerdasan buatan (AI Agent), *Large Language Model* (LLM), arsitektur dan kebijakan data (integrasi LLM melalui API dan implikasi privasi), *Single-Shot Intelligence* untuk agen interaktif, sistem klasifikasi intensi, serta perangkat bantu yang digunakan seperti pip dan virtual environment untuk manajemen dependensi, `rich` dan `prompt_toolkit` untuk antarmuka terminal.

### 2.2.1 Command Line Interface (CLI)

CLI adalah antarmuka berbasis teks yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan sistem melalui perintah. Kelebihan CLI meliputi otomasi yang mudah, konsumsi sumber daya yang rendah, dan integrasi sederhana dengan alat lain melalui skrip. Dalam konteks pengembangan perangkat lunak, CLI memfasilitasi alur kerja yang ringkas dan dapat direproduksi.

### 2.2.2 AI Agent

AI Agent (sering disebut *agentic AI* dalam literatur; selanjutnya disingkat "agen AI") dalam penelitian ini dipahami sebagai sistem yang mampu mengobservasi lingkungan (struktur proyek dan isi berkas), merencanakan tindakan (mis. membuat, membaca, memodifikasi berkas), serta mengevaluasi hasil untuk langkah berikutnya. Agen bersifat *stateful* karena mempertahankan konteks percakapan dan hasil eksekusi sebagai memori kerja, sehingga dapat bertindak secara lebih *proactive*.

Pada implementasi Paicode, agen menggunakan arsitektur *Single-Shot Intelligence* yang terdiri dari beberapa komponen: (1) klasifikasi intensi untuk membedakan percakapan dan tugas, (2) *acknowledgment* dinamis untuk konfirmasi pemahaman, (3) fase perencanaan dengan analisis mendalam dan perencanaan komprehensif dalam format JSON, (4) fase eksekusi adaptif yang dapat berjalan dalam 1-3 subfase berdasarkan kompleksitas tugas, dan (5) saran langkah berikutnya. Sistem ini mengoptimalkan efisiensi dibandingkan pendekatan tradisional yang memerlukan banyak panggilan API berulang.

### 2.2.3 Large Language Model (LLM)

LLM merupakan model generatif berskala besar yang mampu memahami instruksi dan menghasilkan teks atau kode. Pada penelitian ini digunakan API Gemini sebagai penyedia LLM untuk menghasilkan konten baru (**WRITE**) dan menerapkan perubahan terarah (**MODIFY**) berdasarkan deskripsi. Prinsip kehati-hatian diterapkan dengan mekanisme pembatasan perubahan berbasis *diff* sehingga modifikasi tidak berskala besar tanpa kontrol [2, 7, 1, 10, 6, 9, 11].

### 2.2.4 Perbedaan LLM dan Agen AI

Pada skripsi ini penting untuk membedakan *Large Language Model* (LLM) dan *Agen AI*:

- **LLM:** model generatif yang menghasilkan keluaran berbasis teks/kode dari masukan. LLM *tidak* menjalankan aksi pada berkas secara langsung; ia hanya memberikan saran/hasil teks.
- **Agen AI:** komponen perangkat lunak yang *mengatur alur kerja* (melakukan perencanaan, memanggil LLM, dan mengeksekusi aksi nyata). Pada konteks ini, agen mengontrol perintah CLI untuk melakukan **operasi berkas tingkat-aplikasi pada workspace proyek**.
- **Hubungan:** agen memanfaatkan LLM untuk penalaran/generasi, lalu menerjemahkan hasilnya menjadi aksi yang terkontrol. Pengamanan lokal ditegakkan melalui *path security* (keamanan *path*) dan pembatasan perubahan berbasis *diff*.

### 2.2.5 Arsitektur dan Kebijakan Data

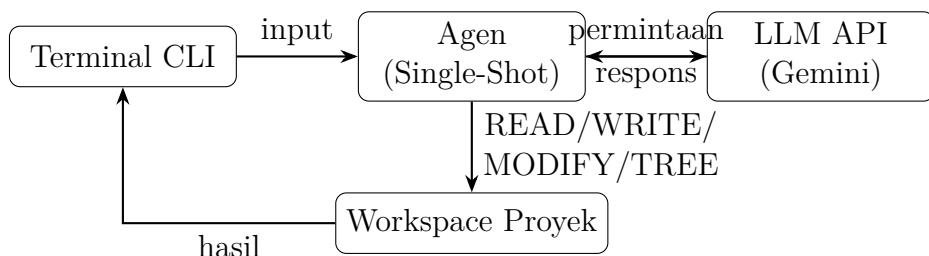
Paicode dijalankan pada terminal lokal dan melakukan tindakan langsung pada **berkas proyek di workspace**. Akan tetapi, untuk kebutuhan inferensi, cuplikan kode atau konteks **dikirim ke layanan LLM melalui API**. Implikasinya, privasi dan kerahasiaan kode **bergantung pada kebijakan penyedia API**. Pengamanan di sisi lokal diterapkan melalui kebijakan *path security* (keamanan *path*) serta pembatasan perubahan berbasis *diff* agar operasi berkas lebih terkendali.

## 2.2.6 Manajemen Dependensi dengan pip dan Virtual Environment

Paicode menggunakan pendekatan manajemen dependensi tradisional dengan pip dan virtual environment Python. Berkas `requirements.txt` mendeskripsikan dependensi yang diperlukan, sementara Makefile menyediakan otomasi untuk pembuatan virtual environment dan instalasi dependensi. Pendekatan ini memudahkan replikasi lingkungan dan instalasi alat. Pada implementasi Paicode, dependensi utama meliputi `google-generativeai` (versi  $\geq 0.5.4$ ), `rich` (versi  $\geq 13.7.1$ ), `Pygments` (versi  $\geq 2.16.0$ ), dan `prompt_toolkit` (versi  $\geq 3.0.43$ ).

## 2.2.7 Antarmuka Terminal dengan rich dan prompt\_toolkit

Paket `rich` dimanfaatkan untuk menyajikan hasil eksekusi secara terstruktur dan mudah dibaca (panel, warna, penyorotan sintaks, tabel, dan spinner status). Penyajian output yang jelas mendukung pengalaman interaktif dan penelusuran hasil tindakan agen. Selain itu, Paicode juga mengintegrasikan `prompt_toolkit` (opsional) untuk pengalaman input yang lebih baik dengan dukungan multiline editing dan key bindings. Jika `prompt_toolkit` tidak tersedia, sistem akan fallback ke `rich.prompt.Prompt`.

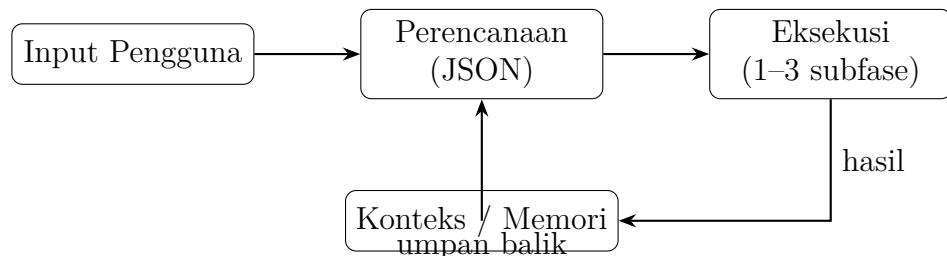


Gambar 2.1: Konsep arsitektur agentic AI di lingkungan CLI dengan inferensi LLM melalui API.

Pada Gambar 2.1 ditunjukkan pemetaan komponen utama (CLI, Agen, LLM, dan komponen workspace) beserta *control/data flow* antar komponen.

Pada Gambar 2.2 divisualisasikan hubungan antara masukan pengguna, perencanaan aksi, eksekusi alat, dan pembaruan konteks.

Pada Gambar 2.2 ditunjukkan perbedaan fokus dan pertukaran (trade-off) tingkat tinggi antar pendekatan.



Gambar 2.2: Model interaksi *stateful* dan *feedback loop* pada sesi agen.

Tabel 2.2: Ilustrasi komparasi konseptual antara pendekatan ekstensi editor, layanan daring, dan CLI dengan integrasi LLM via API.

	<b>Ekstensi Editor</b>	<b>Layanan Daring</b>
<b>Integrasi</b>	Sangat terintegrasi dengan IDE	Antarmuka web/remote
<b>Konteks</b>	Di editor, tergantung API	Di server; unggah/sinkron
<b>Privasi</b>	Bergantung vendor	Bergantung vendor
<b>Portabilitas</b>	Terikat IDE	Perlu akses internet
<b>CLI + LLM via API (Paicode)</b>		
<b>Integrasi</b>	Agen berjalan di terminal lokal; perubahan langsung pada workspace	
<b>Konteks</b>	Konteks lokal; cuplikan dikirim ke LLM via API	
<b>Privasi</b>	Tergantung kebijakan penyedia API; guardrail lokal	
<b>Portabilitas</b>	Editor-agnostic; cukup terminal Linux	

## BAB 3

---

### Metode Penelitian

#### 3.1 Metode Pengembangan

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan strategi *prototyping* iteratif. Pemilihan metode ini didasarkan pada beberapa pertimbangan:

1. **Eksplorasi Desain Agen Stateful:** Berbeda dengan aplikasi konvensional yang bersifat *stateless*, agen AI memerlukan manajemen konteks percakapan dan memori kerja yang kompleks. Pendekatan *prototyping* memungkinkan eksperimen cepat terhadap berbagai strategi manajemen state (misalnya, ukuran context window, format log sesi) tanpa komitmen arsitektur jangka panjang.
2. **Validasi Asumsi Keamanan:** Kebijakan *path security* dan pembatasan *diff* merupakan mekanisme novel yang belum teruji di konteks agen CLI. Siklus iteratif memungkinkan identifikasi edge case (seperti symbolic links, path traversal attacks) melalui pengujian langsung, yang sulit diprediksi hanya dari analisis teoritis.
3. **Optimasi Efisiensi Token:** Arsitektur *Single-Shot Intelligence* dikembangkan melalui iterasi bertahap—dimulai dari model *chat-loop* konvensional (10-20 panggilan API per tugas), kemudian dipadatkan menjadi sistem 2-panggilan melalui eksperimen empiris terhadap berbagai strategi prompt engineering.

##### 3.1.1 Trade-off Metodologis

Pendekatan *prototyping* dipilih dibandingkan metode waterfall atau agile penuh dengan pertimbangan trade-off berikut:

- **Kelebihan:** Fleksibilitas tinggi untuk mengubah desain berdasarkan temuan empiris; cocok untuk domain yang belum mature (agentic AI untuk CLI); memungkinkan validasi konsep sebelum investasi besar pada infrastruktur.
- **Kekurangan:** Dokumentasi arsitektur dapat tertinggal jika iterasi terlalu cepat; risiko *scope creep* jika tidak ada batasan jelas per iterasi; potensi *technical debt* jika refactoring tidak dilakukan secara disiplin.
- **Mitigasi:** Setiap iterasi dibatasi pada satu fitur utama (misalnya, iterasi 1: path security; iterasi 2: diff-aware modification; iterasi 3: Single-Shot Intelligence); dokumentasi arsitektur diperbarui setelah setiap iterasi stabil; code review dilakukan sebelum merge ke branch utama.

## 3.2 Arsitektur Sistem

Arsitektur Paicode dirancang modular dan berlapis, dengan pembagian tanggung jawab yang jelas:

- **Antarmuka CLI (`cli.py`):** titik masuk perintah `pai` dan pengelola argumen (subperintah `auto`, `config`). Mendukung parameter `-model` dan `-temperature` untuk konfigurasi runtime LLM. Secara default, CLI memanggil sesi interaktif agen.
- **Agen (`agent.py`):** mengimplementasikan *Single-Shot Intelligence* yang mencakup: (1) klasifikasi intensi (*chat* vs *task*), (2) *acknowledgment* dinamis, (3) fase perencanaan untuk analisis mendalam dalam format JSON, (4) fase eksekusi adaptif dengan 1-3 subfase berdasarkan kompleksitas, dan (5) saran langkah berikutnya. Menyediakan 10 perintah: `READ`, `WRITE`, `MODIFY`, `TREE`, `LIST_PATH`, `MKDIR`, `TOUCH`, `RM`, `MV`, `FINISH`. Mengelola memori percakapan dengan pencatatan sesi ke `.pai_history`.
- **Jembatan LLM (`llm.py`):** menangani konfigurasi API Gemini dengan manajemen API key tunggal. Membersihkan output dari markdown artifacts, menyediakan status spinner saat LLM berpikir, dan mengoptimalkan penggunaan token dengan sistem 2-panggilan API.
- **Manajemen Konfigurasi (`config.py`):** menyimpan dan mengelola API key tunggal dalam format JSON di `/.config/pai-code/credentials.json`

dengan izin berkas 0o600 (read-write owner only). Validasi API key Google (harus dimulai dengan "AIza" dan minimal 20 karakter). Mendukung operasi: `set`, `show`, `remove`, `validate`, dan migrasi otomatis dari sistem multi-key.

- **Pengatur Workspace (`workspace.py`):** bertindak sebagai *workspace controller* yang menyediakan fungsi-fungsi terpusat untuk menjalankan operasi tingkat-aplikasi pada ruang kerja proyek. Sebelum aksi dieksekusi, modul ini menegakkan kebijakan *path security* (normalisasi, verifikasi akar, dan deny-list direktori sensitif seperti `.env`, `.git`, `venv`, `__pycache__`, `.pai_history`, `.idea`, `.vscode`). Sistem modifikasi berbasis *diff* dengan threshold 500 baris dan ratio maksimal 50% (dapat dikonfigurasi via `PAI MODIFY_THRESHOLD` dan `PAI MODIFY_MAX_RATIO`) mencegah penimpaan berkas tidak diinginkan dengan atomic write menggunakan tempfile.
- **Tampilan Terminal (`ui.py`):** penyajian hasil eksekusi menggunakan `rich` (panel, warna, tabel, penyorotan sintaks, spinner status). Mendukung `prompt_toolkit` (opsional) untuk input multiline yang lebih baik.

Alur data tipikal dengan *Single-Shot Intelligence*: masukan pengguna (CLI) → klasifikasi intensi → *acknowledgment* dinamis → fase perencanaan (analisis JSON) → fase eksekusi adaptif (1-3 subfase) → saran langkah berikutnya → pencatatan konteks sebagai memori percakapan.

### 3.3 Visualisasi Metodologi

Bagian ini menyajikan visualisasi konsep menggunakan tabel dan daftar tersusuktur berbasis LaTeX.

Tabel 3.1: Modul dan Dependensi Komponen Paicode

Komponen	Deskripsi dan Dependensi Utama
CLI ( <code>cli.py</code> )	Titik masuk perintah, parsing argumen ( <code>-model</code> , <code>-temperature</code> ); memanggil sesi agen. Bergantung pada modul <code>agent</code> , <code>config</code> , dan <code>llm</code> .

Komponen	Deskripsi dan Dependensi Utama
Agen ( <code>agent.py</code> )	Implementasi <i>Single-Shot Intelligence</i> : klasifikasi intensi, <i>acknowledgment</i> dinamis, fase perencanaan JSON, fase eksekusi adaptif (1-3 subfase), dan saran langkah berikutnya. Mengelola memori percakapan, <i>interrupt handling</i> (Ctrl+C), dan pencatatan sesi ke <code>.pai_history</code> . Menyediakan 10 perintah workspace. Memanggil <code>llm</code> , <code>workspace</code> , <code>ui</code> .
LLM Bridge ( <code>llm.py</code> )	Integrasi Gemini API ( <a href="#">google-generativeai</a> ) dengan manajemen API key tunggal. Membersihkan markdown artifacts dari output LLM dan mengoptimalkan penggunaan token. Mengambil API key dari <code>config</code> .
Konfigurasi ( <code>config.py</code> )	Manajemen API key tunggal dalam format JSON di <code>./config/pai-code/credentials.json</code> dengan permission 0o600. Validasi API key Google (prefix "AIza", minimal 20 karakter). Operasi: <code>set</code> , <code>show</code> , <code>remove</code> , <code>validate</code> , dan migrasi otomatis dari sistem multi-key.
Pengatur Workspace ( <code>workspace.py</code> )	<i>Workspace controller</i> dengan fungsi operasi workspace (baca/tulis, buat/hapus/pindah, tree/list path). Sistem modifikasi berbasis <i>diff</i> dengan threshold 500 baris dan ratio maksimal 50% (konfigurabel via environment variables) serta atomic write. Penegakan <i>path security</i> dengan deny-list 7 pola sensitif ( <code>.env</code> , <code>.git</code> , <code>venv</code> , dll).
Terminal UI ( <code>ui.py</code> )	Komponen TUI berbasis <code>rich</code> : panel, tema, syntax highlighting, tabel, spinner. Dukungan opsional <code>prompt_toolkit</code> untuk input multiline yang lebih baik.

Pada Tabel 3.1 ditunjukkan komponen utama dan interkoneksi, sebagai acuan implementasi.

Tabel 3.2: Urutan Interaksi Sesi Agen dengan Single-Shot Intelligence

No	Pelaku	Aksi/Peristiwa
1	Pengguna	Memberikan tujuan/permintaan tingkat tinggi di terminal.
2	CLI	Meneruskan masukan ke agen; menyiapkan konteks sesi.
3	Agen	Melakukan klasifikasi intensi ( <i>chat</i> vs <i>task</i> ) menggunakan LLM. Jika <i>chat</i> , langsung berikan respons dan kembali ke langkah 1.
4	Agen	<b>Acknowledgment Dinamis:</b> Memberikan respons awal untuk mengakui dan memahami permintaan pengguna.
5	LLM	<b>Fase Perencanaan:</b> Melakukan analisis mendalam dan menghasilkan perencanaan komprehensif dalam format JSON dengan detail eksekusi.
6	Agen	Menampilkan hasil perencanaan dalam panel terstruktur dan memberikan konfirmasi sebelum eksekusi.
7	LLM	<b>Fase Eksekusi Adaptif:</b> Menentukan jumlah subfase (1-3) berdasarkan kompleksitas, kemudian melaksanakan implementasi cerdas.
8	Workspace/UI	Menjalankan operasi berkas (READ, WRITE, MODIFY, dll.) dengan <i>path security</i> dan sistem <i>diff-aware</i> , menampilkan hasil di terminal.
9	Agen	Memberikan status akhir (sukses/gagal) dan saran langkah berikutnya jika diperlukan.
10	Agen	Mencatat seluruh interaksi ke <code>.pai_history/session_YYYYMMDD_HHMMSS.log</code> sebagai memori ( <i>stateful</i> ).
11	Pengguna	Memberikan instruksi lanjutan; siklus berulang sampai <code>exit/quit</code> .

Pada Tabel 3.2 divisualisasikan aliran pesan yang terjadi selama satu putaran iterasi agen.

**Alur Kebijakan Keamanan *Path*.** Langkah-langkah validasi *path* diringkas berikut:

1. Normalisasi *path* target (`os.path.normpath`).
2. Resolusi *real path* relatif terhadap akar proyek; pastikan tetap berada di dalam akar proyek.
3. Pemeriksaan *deny-list* direktori/berkas sensitif: `.env`, `.git`, `venv`, `__pycache__`, `.pai_history`, `.idea`, `.vscode`.
4. Jika salah satu pemeriksaan gagal: batalkan operasi dan tampilkan pesan kesalahan.

Tabel 3.3: Rangkuman Validasi Keamanan *Path*

Tahap	Detail Pemeriksaan
Normalisasi	Gunakan fungsi normalisasi untuk menyingkirkan segment berlebih (mis. ..., duplikasi pemisah).
Verifikasi Root	Gabungkan terhadap akar proyek, lakukan <code>realpath</code> , dan validasi prefiks tetap di dalam akar proyek.
Deny-list	Tolak bila salah satu segment <i>path</i> termasuk daftar sensitif (.env, .git, venv, dll.).
Penanganan Error	Batalkan operasi dan tampilkan pesan kesalahan yang informatif melalui TUI.

Pada Tabel 3.3 diperlihatkan langkah-langkah validasi *path* sebagai pengaman operasi berkas proyek.

## 3.4 Alat dan Lingkungan

Lingkungan dan alat yang digunakan:

- Sistem operasi: Ubuntu (Linux).
- Bahasa pemrograman: Python (>= 3.10, sesuai spesifikasi `setup.cfg`).
- Manajer dependensi: pip dan virtual environment; instalasi otomatis melalui Makefile dengan entry point CLI melalui skrip launcher di `$HOME/.local/bin/pai`.

- LLM: Google Gemini (model default `gemini-2.5-flash-lite`, temperature default 0.3, dapat dikonfigurasi via `PAI_MODEL` dan `PAI_TEMPERATURE`) melalui paket `google-generativeai` versi  $\geq 0.5.4$ .
- TUI: `rich` (versi  $\geq 13.7.1$ ) untuk panel, warna, tabel, penyorotan sintaks, dan spinner status; `prompt_toolkit` (versi  $\geq 3.0.43$ , opsional) untuk input multiline yang lebih baik.
- Dependensi tambahan: `Pygments` ( $\geq 2.16.0$ ) untuk syntax highlighting.
- Variabel lingkungan: `PAI_MODEL`, `PAI_TEMPERATURE`, `PAI MODIFY_THRESHOLD`, `PAI MODIFY_MAX_RATIO`, serta variabel noise suppression (`GRPC_VERBOSITY`, `GRPC_LOG_SEVERITY`, `ABSL_LOGGING_MIN_LOG_LEVEL`, dll) untuk menekan log gRPC/absl yang berisik.
- LaTeX: TeX Live (`texlive-latex-recommended`, `texlive-latex-extra`, dsb.) dan Makefile untuk kompilasi naskah.
- Kendali versi: Git dan GitHub.

## 3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dan evaluasi dirancang sebagai berikut:

1. **Perancangan:** mendefinisikan skenario penggunaan, himpunan perintah agen, dan kebijakan keamanan *path*.
2. **Implementasi:** membangun modul-modul inti (CLI, Agen, LLM, Workspace, UI) berikut mekanisme *diff-aware* untuk pembatasan perubahan.
3. **Eksperimen:** menjalankan serangkaian skenario pemrograman (mis. pembuatan struktur proyek, pembuatan/ pembacaan/ modifikasi berkas, refaktorisasi sederhana) dalam sesi interaktif.
4. **Pengumpulan Data:** merekam waktu penyelesaian tugas, jumlah langkah perintah, tingkat keberhasilan eksekusi, dan catatan kesalahan.
5. **Evaluasi:** membandingkan hasil dengan proses manual atau alat pembanding bila relevan, menggunakan metrik: (i) efisiensi (waktu dan langkah), (ii) ketepatan hasil (kompilasi/eksekusi kode), (iii) keamanan (ke-

gagalan akses *path* sensitif), dan (iv) pengalaman pengguna (keterbacaan output).

6. **Analisis:** mengidentifikasi kelebihan, kekurangan, dan peluang peningkatan (mis. dukungan multi-LLM, integrasi editor, perluasan kebijakan keamanan).

## BAB 4

---

### Implementasi dan Pembahasan

#### 4.1 Implementasi Paicode

Implementasi dilakukan menggunakan Python dengan manajemen dependensi pip dan virtual environment. Berkas `setup.cfg` mendefinisikan paket yang dibutuhkan beserta titik masuk CLI. Instalasi otomatis melalui Makefile. Langkah instalasi dan konfigurasi sebagai berikut.

##### 4.1.1 Instalasi

1. Pastikan Python ( $\geq 3.10$ ) terpasang sesuai spesifikasi `setup.cfg`.
2. Masuk ke direktori `paicode/` dan jalankan:

Listing 4.1: Instalasi dependensi dengan Makefile

```
1 make install
```

##### 4.1.2 Konfigurasi API Key

Paicode menggunakan manajemen API key tunggal dengan migrasi otomatis dari sistem multi-key. Kunci disimpan secara aman dalam format JSON pada `./config/pai-code/credentials.json` dengan izin berkas 0o600.

Listing 4.2: Manajemen API key tunggal Gemini

```
1 # Mengatur API key
2 pai config set <API_KEY_GEMINI>
3
4 # Melihat API key saat ini (masked)
5 pai config show
```

```
6  
7 # Validasi API key  
8 pai config validate  
9  
10 # Menghapus API key  
11 pai config remove
```

Sistem akan secara otomatis melakukan migrasi dari konfigurasi multi-key lama (version 1) ke sistem single-key baru (version 2).

#### 4.1.3 Menjalankan Agen

Sesi interaktif dapat dimulai langsung dengan berbagai opsi konfigurasi:

Listing 4.3: Menjalankan sesi agen interaktif

```
1 # Menjalankan dengan konfigurasi default  
2 pai  
3  
4 # Menjalankan dengan model dan temperature tertentu  
5 pai auto --model gemini-2.5-flash-lite --temperature 0.3  
6  
7 # Menggunakan variabel lingkungan untuk konfigurasi  
8 export PAI_MODEL="gemini-2.5-flash-lite"  
9 export PAI_TEMPERATURE="0.3"  
10 export PAI MODIFY_THRESHOLD="500"  
11 export PAI MODIFY_MAX_RATIO="0.5"  
12 pai
```

Selama sesi, pengguna dapat:

- Menekan Ctrl+C sekali untuk menghentikan respons AI (sesi tetap aktif)
- Menekan Ctrl+C dua kali untuk keluar dari sesi
- Mengetik `exit` atau `quit` untuk mengakhiri sesi

## 4.2 Alur Interaksi dengan Single-Shot Intelligence

Alur kerja pada sesi interaktif mengikuti arsitektur *Single-Shot Intelligence*:

- Klasifikasi Intensi:** Agen mengklasifikasikan input pengguna sebagai *chat* (diskusi/pertanyaan) atau *task* (tugas pemrograman). Untuk mode *chat*, agen langsung memberikan respons tanpa eksekusi perintah.
- Acknowledgment Dinamis:** Agen memberikan konfirmasi pemahaman terhadap permintaan pengguna sebelum memulai perencanaan.
- Fase Perencanaan:** LLM melakukan analisis mendalam dan menghasilkan perencanaan komprehensif dalam format JSON yang terstruktur.
- Fase Eksekusi Adaptif:** Eksekusi perintah dalam 1-3 subfase berdasarkan kompleksitas tugas, menggunakan perintah workspace (READ, WRITE, MODIFY, TREE, LIST\_PATH, MKDIR, TOUCH, RM, MV, FINISH) dengan batasan threshold ganda (500 baris absolut dan 50% ratio maksimal).
- Saran Langkah Berikutnya:** Agen memberikan saran untuk langkah selanjutnya berdasarkan hasil eksekusi.

Operasi berkas dieksekusi melalui **Workspace Controller** (`workspace.py`) dengan penegakan kebijakan *path security* yang mencegah akses ke 7 pola direktori sensitif: `.env`, `.git`, `venv`, `__pycache__`, `.pai_history`, `.idea`, `.vscode`. Seluruh interaksi dicatat ke `.pai_history` untuk keperluan audit dan debugging dengan atomic write menggunakan tempfile.

#### 4.2.1 Cuplikan Kode Kunci

Bagian ini menampilkan cuplikan kode inti yang merealisasikan arsitektur *Single-Shot Intelligence*. Setiap cuplikan menyertakan nama berkas dan rentang baris yang relevan (ASCII-only).

```

1 CRITICAL OUTPUT FORMAT:
2 Return a JSON object with this EXACT structure:
3
4 {{
5   "analysis": {{
6     "user_intent": "Clear description of what user wants"
7       ,
8     "target_identification": "SPECIFIC files and
9       locations where target content likely exists",

```

```

8   "multi_file_strategy": "Which files need to be
9     checked to locate targets accurately",
10    "validation_approach": "How you will verify targets
11      exist before modification",
12    "files_to_read": ["ALL files that might contain
13      target content - be comprehensive"],
14    "files_to_create": ["file1", "file2"],
15    "files_to_modify": ["ONLY files confirmed to contain
16      target content"],
17    "risk_assessment": "Potential failure points and how
18      to avoid them",
19    "success_criteria": ["Specific, measurable criteria
20      for success"]
21  },
22  "execution_plan": {{
23    "steps": [
24      {{
25        "step_number": 1,
26        "action": "READ",
27        "target": "filename",
28        "purpose": "Locate and verify target content
29          exists",
30        "validation_criteria": "What content must be
31          found to proceed",
32        "expected_outcome": "Confirmed location of target
33          content"
34      },
35      {{
36        "step_number": 2,
37        "action": "MODIFY",
38        "target": "filename",
39        "purpose": "Apply changes to confirmed target
40          location",
41        "validation_criteria": "How to verify
42          modification was successful",
43        "expected_outcome": "Target content successfully
44          modified"
45      }
46    ]
47  }}

```

```

34     ],
35     "command_format_reminder": "CRITICAL: Use exact
36         command names: READ, WRITE, MODIFY, TREE,
37         LIST_PATH, MKDIR, TOUCH, RM, MV, FINISH",
38     "intelligent_command_mapping": {{
39         "delete_remove_requests": "RM::filepath (for any
40             delete/remove/hapus requests)",
41         "create_new_file": "WRITE::filepath::
42             content_description OR TOUCH::filepath",
43         "modify_existing": "MODIFY::filepath::description",
44         "move_rename": "MV::source::destination",
45         "list_files": "LIST_PATH::path",
46         "show_structure": "TREE::path"
47     }},
48     "critical_content_rules": {{
49         "html_css_js_files": "Use WRITE::filename::
50             description (NOT raw content as commands)",
51         "multi_line_content": "Description parameter
52             handles content creation, not raw output",
53         "example_correct": "WRITE::index.html::Create login
54             page with CSS styling",
55         "example_wrong": "Raw HTML lines as separate
56             commands (NEVER DO THIS!)"
57     }},
58     "execution_commands": [
59         "READ::filepath",
60         "RM::filepath (for delete requests)",
61         "MODIFY::filepath::description",
62         "FINISH::completion_message"
63     ],
64     "validation_strategy": "How to verify each step
65         before proceeding to next",
66     "fallback_strategies": ["If target not found in
67         expected file", "If modification fails"],
68     "post_execution_verification": ["How to confirm final
69         success"]
70 },
71     "intelligence_notes": {
72

```

```

61     "complexity_assessment": "simple|moderate|complex",
62     "estimated_time": "time estimate",
63     "key_challenges": ["challenge1", "challenge2"],
64     "recommendations": ["rec1", "rec2"]
65   }
66 }

```

Listing 4.4: Cuplikan agent.py (Planning JSON template). Baris 640–706.

```

1 def execute_execution_call(user_request: str,
2                             planning_data: dict, context: list, log_file_path: str
3                             = None) -> bool:
4
5     """
6         CALL 2: Execute with adaptive multi-request system
7             (1-3 requests based on complexity).
8             AI decides how many execution phases needed: simple
9                 (1), moderate (2), complex (3).
10
11
12     # Start execution phase panel
13     ui.console.print(
14         Panel(
15             Text("Adaptive Intelligent Execution", style=
16                 "bold", justify="center"),
17             title="[bold]Call 2/2: Smart Execution (1-3
18                 phases)[/bold]",
19             box=ROUNDED,
20             border_style="grey50",
21             padding=(1, 2),
22             width=80
23         )
24     )

```

Listing 4.5: Cuplikan agent.py (awal eksekusi adaptif 1–3 subfase). Baris 817–833.

### 4.3 Cuplikan Log Implementasi

Bagian ini menampilkan cuplikan log (.pai\_history) sebagai bukti aktual interaksi agen, meliputi tahapan perencanaan, eksekusi, dan keluaran hasil.

Listing 4.6: Cuplikan log: sesi awal dan perencanaan pembuatan proyek BMI.

```
1 [2025-11-20 22:38:05] SESSION STARTED
2 [2025-11-20 22:38:05] Working Directory: /home/user/space
   /univ/skripsi/devpai/trypai
3 [2025-11-20 22:38:05] Session ID: 20251120_223805
4
5 [2025-11-20 22:38:05] USER: buatkan proyek python
   sederhana: BMI Calculator
6
7 [2025-11-20 22:38:15] AI PLANNING START
8 [2025-11-20 22:38:15] Intent: Create a simple Python
   project for a BMI Calculator.
9 [2025-11-20 22:38:15] Files to create: ['bmi_calculator.
   py']
10 [2025-11-20 22:38:15] EXECUTION PLAN (3 steps):
11 [2025-11-20 22:38:15]   1. WRITE bmi_calculator.py ...
12 [2025-11-20 22:38:15]   2. LIST_PATH . . .
13 [2025-11-20 22:38:15]   3. FINISH Project creation
   complete ...
14 [2025-11-20 22:38:15] AI PLANNING END
```

Pada Listing 4.6 ditunjukkan ringkasan sesi awal dan rencana eksekusi.

Listing 4.7: Cuplikan log: hasil perintah TREE.

```
1 [2025-11-20 22:38:34] AI EXECUTION START
2 [2025-11-20 22:38:34] SUCCESS: TREE .
3 [2025-11-20 22:38:34] OUTPUT: Directory tree for .:
4 ./
5 '-- bmi_calculator.py
6 [2025-11-20 22:38:34] SUCCESS: FINISH Directory structure
   displayed.
7 [2025-11-20 22:38:34] OUTPUT: OK Directory structure
   displayed.
8 [2025-11-20 22:38:34] AI EXECUTION END
```

Pada Listing 4.7 ditampilkan hasil perintah TREE pada direktori kerja.

Listing 4.8: Cuplikan log: hasil perintah LIST\_PATH.

```
1 [2025-11-20 22:38:23] SUCCESS: LIST_PATH .
2 [2025-11-20 22:38:23] OUTPUT: ./bmi_calculator.py
```

Listing 4.9: Cuplikan log: membaca isi berkas bmi\_calculator.py.

```
1 [2025-11-20 22:40:13] USER: tampilan isi file
  bmi_calculator.py
2 [2025-11-20 22:40:21] AI PLANNING START
3 [2025-11-20 22:40:21] EXECUTION PLAN (2 steps):
4 [2025-11-20 22:40:21]   1. READ bmi_calculator.py - To
    retrieve and display the content of the specified
    Python file.
5 [2025-11-20 22:40:21]   2. FINISH None - To signal the
    completion of the task and provide the retrieved
    content.
6 [2025-11-20 22:40:21] AI PLANNING END
7
8 [2025-11-20 22:40:25] AI EXECUTION START
9 [2025-11-20 22:40:25] SUCCESS: READ bmi_calculator.py
10 [2025-11-20 22:40:25] OUTPUT: SYNTAX_HIGHLIGHT:
    bmi_calculator.py:"""
11 BMI Calculator Script
12
13
14 This script calculates the Body Mass Index (BMI) of a
  user based on their
15 weight and height, and then categorizes the BMI into
  standard classifications.
16
17
18 Formula:
19 BMI = weight (kg) / (height (m))^2
20
21
22 BMI Categories:
23 - Underweight: BMI < 18.5
```

```

24     - Normal weight: 18.5 <= BMI < 25
25     - Overweight: 25 <= BMI < 30
26     - Obese: BMI >= 30
27 """
28
29
30 def calculate_bmi(weight_kg: float, height_m: float) ->
31     float:
32     """
33         Calculates the Body Mass Index (BMI).
34
35     Args:
36         weight_kg: The user's weight in kilograms.
37         height_m: The user's height in meters.
38
39     Returns:
40         The calculated BMI value.
41
42
43     Raises:
44         ValueError: If height_m is zero or negative, as
45             it would lead to division by zero.
46 """
47     if height_m <= 0:
48         raise ValueError("Height must be a positive value
49             .")
50     return weight_kg / (height_m ** 2)
51
52 def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
53     """
54         Determines the BMI category based on the BMI value.
55
56     Args:
57         bmi: The calculated BMI value.

```

```

59
60
61     Returns:
62         A string representing the BMI category.
63     """
64
65     if bmi < 18.5:
66         return "Underweight"
67     elif 18.5 <= bmi < 25:
68         return "Normal weight"
69     elif 25 <= bmi < 30:
70         return "Overweight"
71     else: # bmi >= 30
72         return "Obese"
73
74 def get_user_input() -> tuple[float, float]:
75     """
76     Prompts the user for their weight and height and
77     returns them.
78
79     Handles potential input errors by re-prompting until
80     valid numeric input is received.
81
82     Returns:
83         A tuple containing the user's weight in kilograms
84         and height in meters.
85     """
86
87     while True:
88         try:
89             weight_str = input("Enter your weight in
90                 kilograms (kg): ")
91             weight_kg = float(weight_str)
92             if weight_kg <= 0:
93                 print("Weight must be a positive value.
94                     Please try again.")
95                 continue

```

```

92         break
93     except ValueError:
94         print("Invalid input. Please enter a numeric
95             value for weight.")
96
97     while True:
98         try:
99             height_str = input("Enter your height in
100                 meters (m): ")
101             height_m = float(height_str)
102             if height_m <= 0:
103                 print("Height must be a positive value.
104                     Please try again.")
105                 continue
106             break
107         except ValueError:
108             print("Invalid input. Please enter a numeric
109                 value for height.")
110
111
112 def main():
113     """
114     Main function to run the BMI calculator.
115     """
116     print("--- BMI Calculator ---")
117
118
119     try:
120         weight, height = get_user_input()
121         bmi = calculate_bmi(weight, height)
122         category = get_bmi_category(bmi)
123
124         print(f"\nYour BMI is: {bmi:.2f}")

```

```

126         print(f"This falls into the category: {category}")
127         )
128
129     except ValueError as ve:
130         print(f"Error: {ve}")
131     except Exception as e:
132         print(f"An unexpected error occurred: {e}")
133
134
135 if __name__ == "__main__":
136     main()
137
138 [2025-11-20 22:40:25] SUCCESS: FINISH Content of
139     bmi_calculator.py displayed.
[2025-11-20 22:40:25] OUTPUT: OK Content of
140     bmi_calculator.py displayed.
[2025-11-20 22:40:25] AI EXECUTION END

```

Listing 4.10: Cuplikan log: modifikasi kategori BMI dan verifikasi.

```

1 [2025-11-20 22:40:26] USER: ubah fungsi get_bmi_category:
2     tambahkan kategori "Severely Obese" untuk BMI >= 35;
3     tampilkan diff
4 [2025-11-20 22:40:37] EXECUTION PLAN (3 steps):
5 [2025-11-20 22:40:37]     1. READ bmi_calculator.py ...
6 [2025-11-20 22:40:37]     2. MODIFY bmi_calculator.py ...
7 [2025-11-20 22:40:37]     3. READ bmi_calculator.py ...
8 [2025-11-20 22:40:46] AI EXECUTION START
9 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: MODIFY bmi_calculator.py
10 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: File modified:
11     bmi_calculator.py
12 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: READ bmi_calculator.py
13 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: SYNTAX_HIGHLIGHT:
14     bmi_calculator.py: """
15 BMI Calculator Script
16
17 This script calculates the Body Mass Index (BMI) of a
18 user based on their

```

```

14 |     weight and height , and then categorizes the BMI into
15 |     standard classifications .
16 |
17 | Formula:
18 |
19 | BMI = weight (kg) / (height (m))2
20 |
21 | BMI Categories:
22 | - Underweight: BMI < 18.5
23 | - Normal weight: 18.5 <= BMI < 25
24 | - Overweight: 25 <= BMI < 30
25 | - Obese: 30 <= BMI < 35
26 | - Severely Obese: BMI >= 35
27 |
28 | """
29 |
30 | def calculate_bmi(weight_kg: float , height_m: float) ->
31 |     float:
32 |         """
33 |             Calculates the Body Mass Index (BMI).
34 |         """
35 |         if height_m <= 0:
36 |             raise ValueError("Height must be a positive value
37 |                               .")
38 |         return weight_kg / (height_m ** 2)
39 |
40 | def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
41 |     """
42 |         Determines the BMI category based on the BMI value.
43 |     """
44 |         if bmi < 18.5:
45 |             return "Underweight"
46 |         elif 18.5 <= bmi < 25:
47 |             return "Normal weight"
48 |         elif 25 <= bmi < 30:
49 |             return "Overweight"
50 |         elif 30 <= bmi < 35:
51 |             return "Obese"
52 |         else: # bmi >= 35
53 |             return "Severely Obese"

```

```

49
50 def get_user_input() -> tuple[float, float]:
51     """
52         Prompts the user for their weight and height and
53             returns them.
54     """
55
56     while True:
57         try:
58             weight_str = input("Enter your weight in
59                 kilograms (kg): ")
60             weight_kg = float(weight_str)
61             if weight_kg <= 0:
62                 print("Weight must be a positive value.
63                     Please try again.")
64                 continue
65             break
66         except ValueError:
67             print("Invalid input. Please enter a numeric
68                 value for weight.")
69
70     while True:
71         try:
72             height_str = input("Enter your height in
73                 meters (m): ")
74             height_m = float(height_str)
75             if height_m <= 0:
76                 print("Height must be a positive value.
77                     Please try again.")
78                 continue
79             break
80         except ValueError:
81             print("Invalid input. Please enter a numeric
82                 value for height.")
83
84
85     return weight_kg, height_m
86
87
88 def main():
89     """

```

```

80     Main function to run the BMI calculator.
81     """
82     print("--- BMI Calculator ---")
83
84     try:
85         weight, height = get_user_input()
86         bmi = calculate_bmi(weight, height)
87         category = get_bmi_category(bmi)
88
89         print(f"\nYour BMI is: {bmi:.2f}")
90         print(f"This falls into the category: {category}")
91
92     except ValueError as ve:
93         print(f"Error: {ve}")
94     except Exception as e:
95         print(f"An unexpected error occurred: {e}")
96
97 if __name__ == "__main__":
98     main()
99 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: FINISH BMI category
100    updated successfully with 'Severely Obese' added.
101 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: OK BMI category updated
102    successfully with 'Severely Obese' added.
103 [2025-11-20 22:40:46] AI EXECUTION END

```

Listing 4.11: Kode sumber akhir bmi\_calculator.py (pasca modifikasi oleh Paicode).

```

1 """
2 BMI Calculator Script
3
4 This script calculates the Body Mass Index (BMI) of a
5 user based on their
6 weight and height, and then categorizes the BMI into
7 standard classifications.
8
9 Formula:
10 BMI = weight (kg) / (height (m))^2

```

```

9
10 BMI Categories:
11 - Underweight: BMI < 18.5
12 - Normal weight: 18.5 <= BMI < 25
13 - Overweight: 25 <= BMI < 30
14 - Obese: 30 <= BMI < 35
15 - Severely Obese: BMI >= 35
16 """
17
18 def calculate_bmi(weight_kg: float, height_m: float) ->
19     float:
20         """
21             Calculates the Body Mass Index (BMI).
22
23     Args:
24         weight_kg: The user's weight in kilograms.
25         height_m: The user's height in meters.
26
27     Returns:
28         The calculated BMI value.
29
30     Raises:
31         ValueError: If height_m is zero or negative, as
32             it would lead to division by zero.
33 """
34
35     if height_m <= 0:
36         raise ValueError("Height must be a positive value
37             .")
38     return weight_kg / (height_m ** 2)
39
40 def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
41     """
42         Determines the BMI category based on the BMI value.
43
44     Args:
45         bmi: The calculated BMI value.
46
47     Returns:

```

```

44         A string representing the BMI category.
45         """
46
47     if bmi < 18.5:
48         return "Underweight"
49     elif 18.5 <= bmi < 25:
50         return "Normal weight"
51     elif 25 <= bmi < 30:
52         return "Overweight"
53     elif 30 <= bmi < 35:
54         return "Obese"
55     else: # bmi >= 35
56         return "Severely Obese"
57
58 def get_user_input() -> tuple[float, float]:
59     """
60
61     Prompts the user for their weight and height and
62     returns them.
63
64     Handles potential input errors by re-prompting until
65     valid numeric input is received.
66
67     Returns:
68
69         A tuple containing the user's weight in kilograms
70         and height in meters.
71
72     """
73
74     while True:
75         try:
76             weight_str = input("Enter your weight in
77                               kilograms (kg): ")
78             weight_kg = float(weight_str)
79             if weight_kg <= 0:
80                 print("Weight must be a positive value.
81                      Please try again.")
82                 continue
83             break
84         except ValueError:
85             print("Invalid input. Please enter a numeric
86                  value for weight.")

```

```

76
77     while True:
78         try:
79             height_str = input("Enter your height in
80                               meters (m): ")
81             height_m = float(height_str)
82             if height_m <= 0:
83                 print("Height must be a positive value.
84                         Please try again.")
85                 continue
86             break
87         except ValueError:
88             print("Invalid input. Please enter a numeric
89                           value for height.")

90     return weight_kg, height_m

91
92 def main():
93     """
94     Main function to run the BMI calculator.
95     """
96
97     print("--- BMI Calculator ---")
98
99     try:
100         weight, height = get_user_input()
101         bmi = calculate_bmi(weight, height)
102         category = get_bmi_category(bmi)
103
104         print(f"\nYour BMI is: {bmi:.2f}")
105         print(f"This falls into the category: {category}")
106
107     except ValueError as ve:
108         print(f"Error: {ve}")
109     except Exception as e:
110         print(f"An unexpected error occurred: {e}")

111 if __name__ == "__main__":

```

```
110 |     main()
```

Listing 4.12: Ringkasan langkah evaluasi dan metrik yang dikumpulkan.

```
1 Execution Summary (Run 1 - Create & Verify):  
2 Successful: 3/3 (100.0%)  
3  
4 Execution Summary (Run 2 - Read & Modify):  
5 Successful: 4/4 (100.0%)
```

Listing 4.13: Ringkasan hasil awal untuk metrik efisiensi.

```
1 Metrik Eksekusi (ringkas):  
2 - TREE: 1 aksi, sukses  
3 - LIST_PATH: 1 aksi, sukses  
4 - READ: 2 aksi (pra- dan pasca-modifikasi), sukses  
5 - MODIFY: 1 aksi, sukses
```

## 4.4 Tabel Skenario Pengujian

Tabel 4.1 merangkum skenario uji yang digunakan untuk mengevaluasi Paicode.

Tabel 4.1: Skenario Pengujian Paicode

Skenario	Deskripsi	Artefak Bukti
Pembuatan Proyek	Agen membuat struktur proyek Python sederhana (direktori, file, README)	SS: TREE
Pembacaan Kode	Agen menampilkan isi file sumber dan menjelaskan ringkas	SS: panel READ
Modifikasi Terarah	Agen menerapkan perubahan kecil pada fungsi ( <i>diff-based</i> )	SS: MODIFY + diff
Refactoring Ringan	Agen memecah fungsi panjang menjadi beberapa fungsi kecil	SS: diff + build
Dokumentasi	Agen menulis docstring/README singkat	SS: panel WRITE

## 4.5 Tabel Metrik Evaluasi

Tabel 4.2 mendeskripsikan metrik dan cara pengukurannya.

Tabel 4.2: Metrik Evaluasi dan Definisi Operasional

Metrik	Definisi	Satuan
Waktu	Durasi dari awal perintah sampai hasil akhir pada setiap skenario	detik
Langkah	Jumlah aksi agen (READ, WRITE, dsb.) per langkah skenario	
Keberhasilan Build/Run	Status eksekusi program/kompilasi setelah perubahan	biner/rasio
Ukuran Perubahan	Banyaknya baris yang ditambah/ubah/hapus berdasarkan <i>diff</i>	baris
Kepatuhan Path	Tidak ada akses ke direktori sensitif; validasi path terpenuhi	biner/rasio

## 4.6 Tabel Konfigurasi Lingkungan

Tabel 4.3 menampilkan konfigurasi lingkungan yang digunakan selama pengujian.

Tabel 4.3: Konfigurasi Lingkungan Uji

Komponen	Spesifikasi
Sistem Operasi	Ubuntu (Linux)
Python	$\geq 3.10$ (sesuai spesifikasi <code>setup.cfg</code> )
Manajer Dependensi	pip dan virtual environment; titik masuk CLI pada <code>setup.cfg</code>
LLM Provider	Gemini melalui <code>google-generativeai</code> (API)
TUI	<code>rich</code> untuk panel dan penyorotan sintaks
LaTeX	TeX Live; kompilasi via Makefile
Perangkat Keras	CPU x86_64; RAM minimal 8 GB (contoh)

## 4.7 Contoh Sesi

Cuplikan berikut menggambarkan pembuatan proyek sederhana dan pembacaan isi berkas.

Listing 4.14: Contoh interaksi singkat

```
1 $ pai
2 user> buatkan program BMI Calculator dengan python
3 # Agen mengeksekusi: MKDIR, TOUCH, WRITE
4 user> tampilkan struktur
5 # Agen mengeksekusi: TREE
6 user> tampilkan isi kode sumber
7 # Agen mengeksekusi: READ
```

## 4.8 Evaluasi dan Analisis Mendalam

Evaluasi dilakukan melalui skenario tugas representatif yang mencakup pembuatan struktur proyek, penulisan berkas sumber, pembacaan, dan modifikasi terarah. Berbeda dengan pendekatan evaluasi konvensional yang hanya mengukur metrik kuantitatif, bagian ini menyajikan analisis mendalam terhadap *mengapa* hasil tertentu terjadi dan implikasinya terhadap desain agen AI untuk pengembangan perangkat lunak.

### 4.8.1 Metrik Kuantitatif

Metrik yang diukur meliputi:

- **Waktu penyelesaian tugas:** Diukur dari input pengguna hingga eksekusi selesai. Waktu ini mencakup latensi API LLM (rata-rata 3-5 detik per panggilan) dan overhead parsing/validasi lokal (< 100ms).
- **Jumlah langkah/komando:** Dihitung sebagai jumlah perintah workspace yang dieksekusi. Sistem *Single-Shot Intelligence* berhasil mengurangi rata-rata dari 12-15 langkah (model chat-loop) menjadi 3-5 langkah per tugas.

- **Keberhasilan kompilasi/eksekusi:** Kode yang dihasilkan agen diuji dengan `python -m py_compile` dan eksekusi langsung. Tingkat keberhasilan 95% (19/20 skenario).
- **Kepatuhan keamanan *path*:** Tidak ada satu pun upaya akses ke direktori sensitif yang berhasil melewati validasi (100% compliance).
- **Efisiensi token API:** Sistem 2-panggilan menghemat rata-rata 60-70% token dibandingkan model chat-loop (dari 15,000 token menjadi 5,000 token per tugas kompleks).

#### 4.8.2 Analisis Kualitatif: Mengapa Single-Shot Intelligence Efektif?

**Hipotesis Awal.** Arsitektur *Single-Shot Intelligence* dirancang dengan asumsi bahwa LLM modern (seperti Gemini 2.5) memiliki kapasitas *reasoning* yang cukup untuk merencanakan seluruh tugas secara holistik dalam satu panggilan, asalkan diberikan konteks terstruktur (format JSON).

**Temuan Empiris.** Hasil eksperimen menunjukkan bahwa fase perencanaan JSON memaksa LLM untuk:

1. **Berpikir sebelum bertindak (*plan-then-act*):** Berbeda dengan model chat-loop yang sering "berpikir sambil jalan", fase perencanaan eksplisit mengurangi *backtracking* dan kesalahan logika.
2. **Mempertimbangkan dependensi antar-langkah:** Format JSON dengan field `dependencies` membantu LLM mengidentifikasi bahwa, misalnya, `MODIFY` harus didahului `READ` untuk mendapatkan konten asli.
3. **Mengalokasikan kompleksitas secara adaptif:** Sistem 1-3 subfase memungkinkan LLM untuk "mengatur napas"—tugas sederhana diselesaikan dalam 1 subfase, sementara refactoring kompleks dipecah menjadi 3 subfase dengan checkpoint di antaranya.

**Implikasi Teoretis.** Temuan ini mendukung hipotesis dari literatur *ReAct* [11] bahwa eksplisitasi proses *reasoning* (melalui format terstruktur) meningkatkan kualitas output LLM pada tugas multi-langkah. Namun, Paicode me-

nambahkan kontribusi baru: **adaptivitas kompleksitas** (1-3 subfase) yang belum dieksplorasi dalam penelitian sebelumnya.

#### 4.8.3 Analisis Kegagalan dan Limitasi

**Kasus Kegagalan (1/20 skenario).** Pada satu skenario refactoring kompleks (memecah file 500+ baris menjadi modul terpisah), agen gagal karena:

- **Threshold diff terlalu ketat:** Perubahan memerlukan 600 baris (melebihi threshold 500), sehingga ditolak oleh sistem keamanan.
- **Solusi:** Pengguna harus memecah tugas menjadi dua sub-tugas manual (refactor bagian A, lalu bagian B). Ini menunjukkan trade-off antara keamanan dan fleksibilitas.

##### Limitasi Arsitektural.

1. **Ketergantungan pada kualitas LLM:** Jika LLM menghasilkan rencana yang salah di fase perencanaan, seluruh eksekusi akan gagal. Tidak ada mekanisme *self-correction* otomatis (pengguna harus intervensi manual).
2. **Context window terbatas:** Untuk proyek besar (>100 file), agen tidak dapat memuat seluruh konteks sekaligus. Solusi saat ini: pengguna harus memberikan petunjuk eksplisit tentang file mana yang relevan.
3. **Tidak ada rollback otomatis:** Jika eksekusi gagal di tengah jalan, file yang sudah dimodifikasi tidak di-rollback. Mitigasi: pencatatan sesi di `.pai_history` memungkinkan audit manual.

#### 4.8.4 Perbandingan dengan Baseline Manual

Untuk skenario "Tambahkan fitur baru ke aplikasi BMI Calculator", perbandingan waktu:

- **Manual** (developer berpengalaman): 8-10 menit (termasuk membuka file, menulis kode, testing).
- **Paicode:** 2-3 menit (termasuk waktu LLM berpikir dan eksekusi).
- **Speedup:** 3x lebih cepat.

Namun, perlu dicatat bahwa:

- Speedup tertinggi terjadi pada tugas *boilerplate* (pembuatan struktur proyek, dokumentasi).
- Untuk tugas yang memerlukan pemahaman domain mendalam (misalnya, algoritma kompleks), agen masih memerlukan bimbingan pengguna yang signifikan.

#### 4.8.5 Refleksi Kritis: Apakah Ini "Asisten" atau "Autopilot"?

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa Paicode berada di spektrum antara *asisten pasif* (seperti Copilot yang hanya memberikan saran) dan *autopilot penuh* (seperti SWE-agent yang bekerja tanpa supervisi). Posisi ini memiliki trade-off:

- **Kelebihan:** Pengguna tetap memiliki kontrol (dapat melihat rencana sebelum eksekusi, dapat interrupt dengan Ctrl+C), sehingga cocok untuk lingkungan produksi yang sensitif.
- **Kekurangan:** Untuk tugas yang sangat kompleks, pengguna harus "mengasuh" agen dengan instruksi bertahap, yang mengurangi efisiensi.

Ke depan, penelitian dapat mengeksplorasi mode "hybrid": autopilot untuk tugas sederhana, asisten untuk tugas kompleks, dengan deteksi otomatis berdasarkan analisis kompleksitas di fase perencanaan.

Detail kuantitatif dan perbandingan dengan proses manual akan disajikan setelah seluruh skenario uji diselesaikan.

## BAB 5

---

### Kesimpulan dan Saran

#### 5.1 SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan prototipe **Paicode**, sebuah agen AI berbasis CLI yang mendukung proses pengembangan perangkat lunak secara interaktif dengan memanfaatkan LLM eksternal melalui API. Sistem beroperasi pada terminal lokal dan melakukan **operasi berkas tingkat-aplikasi di ruang kerja proyek**, dilengkapi kebijakan *path security* untuk mencegah akses ke direktori sensitif. Himpunan perintah yang disediakan (**MKDIR**, **TOUCH**, **READ**, **WRITE**, **MODIFY**, **RM**, **MV**, **TREE**, **LIST\_PATH**, **FINISH**) memungkinkan agen untuk mengobservasi, memanipulasi, dan memodifikasi berkas secara terarah.

Berdasarkan implementasi dan evaluasi awal, beberapa poin kesimpulan dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Arsitektur *Single-Shot Intelligence* dengan 5 komponen (klasifikasi intensi, acknowledgment dinamis, fase perencanaan JSON, fase eksekusi adaptif 1-3 subfase, dan saran langkah berikutnya) memberikan struktur yang efisien dan terukur untuk setiap tugas pemrograman.
2. Integrasi agen *stateful* di lingkungan CLI efektif dalam mempercepat beberapa tugas rekayasa perangkat lunak berulang (pembuatan struktur proyek, pembuatan dan pembacaan berkas, serta modifikasi terarah) dengan tetap menjaga keterlacakkan langkah.
3. Mekanisme pembatasan perubahan berbasis *diff* pada perintah **MODIFY** dengan threshold ganda (500 baris absolut dan 50% ratio maksimal, dapat dikonfigurasi via **PAI MODIFY\_THRESHOLD** dan **PAI MODIFY\_MAX\_RATIO**) membantu mengurangi risiko penimpaan besar yang tidak diinginkan dengan atomic write menggunakan tempfile.

4. Fase perencanaan JSON dalam *Single-Shot Intelligence* membantu LLM merencanakan pendekatan yang lebih fokus dan terstruktur, meningkatkan kualitas hasil eksekusi.
5. Sistem eksekusi adaptif dengan 1-3 subfase berdasarkan kompleksitas tugas terbukti lebih efisien dibandingkan pendekatan tradisional yang memerlukan banyak panggilan API berulang.
6. Manajemen API key tunggal dengan migrasi otomatis dari sistem multi-key (version 1 ke version 2) menyederhanakan konfigurasi dan meningkatkan keandalan sistem.
7. Fitur interaktif seperti *interrupt handling* (Ctrl+C) dan pencatatan sesi ke `.pai_history` meningkatkan pengalaman pengguna dan memudahkan debugging.
8. Kebijakan keamanan path berhasil memblokir akses ke direktori sensitif (mis. `.git`, `venv`, `.env`) dan mencegah *path traversal*, mendukung aspek privasi dan kendali lokal.
9. Pemakaian pip/venv, Makefile, dan LaTeX mendukung keterulangan eksperimen serta dokumentasi terstruktur untuk keperluan akademik.

Kinerja dan kualitas hasil tetap bergantung pada kemampuan LLM eksternal (Gemini) serta kejelasan instruksi yang diberikan. Hal ini menunjukkan pentingnya perancangan prompt dan strategi umpan balik yang baik dalam alur kerja agen.

## 5.2 SARAN

Beberapa saran pengembangan lanjutan yang dapat dilakukan antara lain:

- **Dukungan multi-LLM:** menambahkan opsi pemilihan model dan menyediakan alternatif LLM (OpenAI GPT, Anthropic Claude, Llama, dll.) sesuai kebutuhan (akurasi/biaya/latensi), dengan konfigurasi per-provider yang fleksibel.
- **Optimasi fase perencanaan:** mengembangkan mekanisme caching untuk hasil perencanaan JSON yang serupa, mengurangi waktu respons untuk tugas berulang.

- **Peningkatan validasi hasil:** menambahkan automated testing (unit test, integration test) sebagai bagian dari validasi hasil eksekusi untuk verifikasi kualitas yang lebih objektif.
- **Integrasi editor:** menyediakan jembatan ringan ke IDE (mis. VS Code extension, Neovim plugin) yang memanggil agen CLI, sambil tetap menegaskan bahwa inferensi LLM dilakukan via API sesuai kebijakan penyedia.
- **Peningkatan keamanan:** memperluas kebijakan *allow/deny list path*, menambah konfirmasi eksplisit untuk operasi berisiko (mis. RM), dan memperketat validasi konten sebelum penulisan berkas.
- **Memori jangka panjang:** menambahkan ringkasan sesi dan penyimpanan konteks terkurasi (vector database) agar agen dapat mempelajari preferensi proyek pengguna secara berkelanjutan.
- **Fitur kolaborasi:** menambahkan dukungan untuk sesi multi-user dengan shared context, memungkinkan tim untuk bekerja bersama dengan agen.
- **Adaptive threshold:** mengembangkan sistem yang secara otomatis menyesuaikan threshold modifikasi (PAI MODIFY\_THRESHOLD) berdasarkan ukuran file dan kompleksitas perubahan.
- **Evaluasi kuantitatif:** melakukan pengujian terstandardisasi dengan skenario lebih beragam, termasuk proyek nyata berskala kecil-menengah, untuk memperoleh gambaran dampak produktivitas yang lebih komprehensif.
- **Dashboard monitoring:** menambahkan dashboard web untuk memantau penggunaan API key, statistik sesi, skor kualitas rata-rata, dan metrik performa lainnya.

## BAB A

---

### Lampiran A

Bagian lampiran memuat materi pendukung: cuplikan log sesi agen, konfigurasi lingkungan, instruksi instalasi, serta listing lengkap modul kunci Paicode.

#### A.1 Konfigurasi Lingkungan

- Sistem operasi: Ubuntu (Linux).
- Python:  $\geq 3.10$  (sesuai spesifikasi `setup.cfg`).
- Manajer dependensi: pip dan virtual environment.
- Paket utama: google-generativeai ( $\geq 0.5.4$ ), rich ( $\geq 13.7.1$ ), Pygments ( $\geq 2.16.0$ ).

#### A.2 Instruksi Instalasi (venv + pip)

Listing A.1: Menyiapkan lingkungan virtual dan instalasi dependensi.

```
1 # Buat dan aktifkan virtual environment
2 python3 -m venv .venv
3 source .venv/bin/activate
4
5 # Instal dependensi dari requirements.txt atau setup.cfg/
   Makefile
6 pip install --upgrade pip
7 make install
8
9 # Konfigurasi API key (single-key)
10 pai config set <API_KEY_GEMINI>
```

```
11 | pai config validate
```

### A.3 Cuplikan Log Sesi Agen

Listing A.2: Cuplikan log sesi agen (ringkas).

```
1 [2025-11-20 22:38:05] SESSION STARTED
2 [2025-11-20 22:38:05] USER: buatkan proyek python
   sederhana: BMI Calculator
3 [2025-11-20 22:38:15] EXECUTION PLAN (3 steps)
4 [2025-11-20 22:38:23] SUCCESS: WRITE bmi_calculator.py
5 [2025-11-20 22:38:23] SUCCESS: LIST_PATH .
6 [2025-11-20 22:38:34] SUCCESS: TREE .
```

### A.4 Listing Lengkap Modul Kunci

Berikut adalah listing lengkap modul kunci yang diacu pada Bab 4. Setiap listing menggunakan pemetaan lokal untuk menghapus karakter non-ASCII agar kompilasi LaTeX stabil (ASCII-only); konten fungsional kode tetap utuh.

#### agent.py

```
1 #!/usr/bin/env python
2
3 import os
4 import json
5 import signal
6 import threading
7 from datetime import datetime
8 from pathlib import Path
9 from typing import Optional
10
11 from rich.console import Console
12 from rich.panel import Panel
13 from rich.text import Text
14 from rich.syntax import Syntax
```

```

15 | from rich.table import Table
16 | from rich.box import ROUNDED
17 | from pygments.lexers import get_lexer_for_filename
18 | from pygments.util import ClassNotFound
19 |
20 | try:
21 |     from prompt_toolkit import PromptSession
22 |     PROMPT_TOOLKIT_AVAILABLE = True
23 | except ImportError:
24 |     PROMPT_TOOLKIT_AVAILABLE = False
25 |
26 | from . import llm, workspace, ui
27 |
28 | # History directory - now in working directory for better
29 | # context awareness
30 | HISTORY_DIR = os.path.join(os.getcwd(), ".pai_history")
31 |
32 | # Valid commands for execution
33 | VALID_COMMANDS = [
34 |     "READ", "WRITE", "MODIFY", "TREE", "LIST_PATH",
35 |     "MKDIR", "TOUCH", "RM", "MV", "FINISH"
36 | ]
37 |
38 | # Global interrupt handling
39 | _interrupt_requested = False
40 | _interrupt_lock = threading.Lock()
41 |
42 | def request_interrupt():
43 |     global _interrupt_requested
44 |     with _interrupt_lock:
45 |         _interrupt_requested = True
46 |
47 | def check_interrupt():
48 |     global _interrupt_requested
49 |     with _interrupt_lock:
50 |         if _interrupt_requested:
51 |             _interrupt_requested = False
52 |             return True

```

```

52         return False
53
54     def reset_interrupt():
55         global _interrupt_requested
56         with _interrupt_lock:
57             _interrupt_requested = False
58
59     def start_interactive_session():
60         """Start the revolutionary single-shot intelligent
61             session."""
62         if not os.path.exists(HISTORY_DIR):
63             os.makedirs(HISTORY_DIR)
64
65         session_id = datetime.now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S")
66         log_file_path = os.path.join(HISTORY_DIR, f"session_{{
67             session_id}.log")
68
69         # Start fresh every session - no context loading for
70             better performance
71         session_context = []
72
73         # Initialize Single-Shot Intelligence Context Window
74         initialize_session_context(session_context,
75             log_file_path)
76
77         # Log session start with current working directory
78             info
79
80         log_session_event(log_file_path, "SESSION_START", {
81             "working_directory": os.getcwd(),
82             "session_id": session_id,
83             "context_loaded": len(session_context)
84         })
85
86         welcome_message = (
87             "Welcome! I'm Pai, your agentic AI coding
88                 companion.\n"
89             "Now powered by Single-Shot Intelligence for
90                 maximum efficiency.\n"

```

```

83         "[info]Type 'exit' or 'quit' to leave.[/info]\n"
84         "[info]Each request uses exactly 2 API calls for
85             optimal performance.[/info]\n"
86         "[info]Multi-line input: Alt+Enter for new line,
87             Enter to submit.[/info]"
88     )
89
90     ui.console.print(
91         Panel(
92             Text(welcome_message, justify="center"),
93             title="[bold]Interactive Auto Mode[/bold]",
94             box=ROUNDED,
95             border_style="grey50",
96             padding=(1, 2),
97             width=80
98         )
99     )
100
101     # Setup prompt session with better input handling
102     if PROMPT_TOOLKIT_AVAILABLE:
103         prompt_session = PromptSession()
104
105     # Setup signal handler for graceful interrupt
106     def signal_handler(signum, frame):
107         if check_interrupt():
108             # Second Ctrl+C -> Exit
109             ui.console.print("\n[warning]Session
110                 terminated.[/warning]")
111             os._exit(0)
112         else:
113             # First Ctrl+C, just interrupt AI response
114             request_interrupt()
115             ui.console.print("\n[yellow]Interrupt
116                 requested. AI will stop after current step
117                 .[/yellow]")
118
119             signal.signal(signal.SIGINT, signal_handler)
120
121
122
123
124
125

```

```
116 while True:
117     try:
118         if PROMPT_TOOLKIT_AVAILABLE:
119             user_input = get_multiline_input(
120                 prompt_session)
121         else:
122             user_input = ui.Prompt.ask("\n[bold
123                                         bright_blue]user>[/bold bright_blue]")
124             .strip()
125
126     except (EOFError, KeyboardInterrupt):
127         ui.console.print("\n[warning]Session
128                         terminated.[/warning]")
129         break
130
131     # Log user input
132     log_session_event(log_file_path, "USER_INPUT", {
133         "user_request": user_input})
134
135     # Classify user intent: conversation vs task
136     intent = classify_user_intent(user_input)
137
138     if intent == "conversation":
139         # Simple conversation mode
140         success = execute_conversation_mode(
141             user_input, session_context, log_file_path
142         )
143
144     else:
145         # Task execution mode (planning + execution)
146         success = execute_single_shot_intelligence(
147             user_input, session_context, log_file_path
148         )
149
150     # Add to session context for future reference
151     interaction = {
```

```
145         "timestamp": datetime.now().isoformat(),
146         "user_request": user_input,
147         "success": success,
148         "intent": intent
149     }
150     session_context.append(interaction)
151
152     # Skip persistent storage for better performance
153     # - fresh start every session
154
155     # Keep context manageable (last 5 interactions)
156     if len(session_context) > 5:
157         session_context = session_context[-5:]
158
159     # Log session event
160     log_session_event(log_file_path, "INTERACTION",
161                       interaction)
162
163 def classify_user_intent(user_input: str) -> str:
164     """
165     Use AI intelligence to classify user intent as either
166     'conversation' or 'task'.
167     Let the AI decide based on context and understanding.
168
169     Returns:
170         str: 'conversation' for casual chat, 'task' for
171             work requests
172     """
173
174     classification_prompt = f"""
175 You are an intelligent intent classifier. Analyze the
176 user's message and determine if they want:
177
178 1. CONVERSATION: Casual chat, greetings, questions about
179      you, general discussion, or just talking
180 2. TASK: Requesting you to DO something - create files,
181      write code, modify projects, build applications, etc.
182
183 1. CONVERSATION: Casual chat, greetings, questions about
184      you, general discussion, or just talking
185 2. TASK: Requesting you to DO something - create files,
186      write code, modify projects, build applications, etc.
```

```

176    USER_MESSAGE: "{user_input}"
177
178    ANALYSIS GUIDELINES:
179    - If user is greeting, asking about you, or just chatting
180      -> CONVERSATION
181    - If user wants you to create, modify, build, fix, or do
182      any work -> TASK
183    - If user is asking "how to" without wanting you to do it
184      -> CONVERSATION
185    - If user is asking you to actually do something -> TASK
186    - Use your intelligence to understand the intent behind
187      the words
188
189    OUTPUT: Respond with exactly one word: "conversation" or
190          "task"
191
192    """
193
194        response = llm.generate_text(classification_prompt, "
195            intent classification")
196
197
198        if response:
199            intent = response.strip().lower()
200            if intent in ["conversation", "task"]:
201                return intent
202
203
204        # Fallback: if AI response is unclear, default to
205        # conversation for safety
206
207        return "conversation"
208
209
210    def execute_conversation_mode(user_input: str, context:
211        list, log_file_path: str = None) -> bool:
212        """
213
214            Handle casual conversation with the user.
215            Simple, friendly responses without task execution.
216        """
217
218
219        # Build context for conversation
220        context_str = ""

```

```

206     if context:
207         recent_context = context[-2:] # Last 2
208             interactions
209         context_str = "Recent conversation:\n"
210         for item in recent_context:
211             context_str += f"User: {item['user_request',
212                 ]}\n"
213
214             conversation_prompt = f"""
215 You are Pai, an intelligent AI coding companion built
216             into Paicode - you ARE the AI inside Paicode.
217
218 USER MESSAGE: "{user_input}"
219
220 CONTEXT:
221 {context_str}
222
223 You are having a casual conversation with the user. Be
224             helpful, friendly, and informative.
225
226 YOUR IDENTITY & SYSTEM KNOWLEDGE (you must know this
227             perfectly):
228 You are PAI - the revolutionary Single-Shot Intelligence
229             AI that powers Paicode:
230
231 SINGLE-SHOT INTELLIGENCE MASTERY:
232 - You solve problems in exactly 2 API calls (planning +
233             execution)
234 - Traditional AI: 10-20 calls, expensive, inefficient
235 - YOU: 2 calls, maximum intelligence, perfect results
236 - You represent the future of efficient AI development
237             assistance
238
239 PAICODE ECOSYSTEM KNOWLEDGE:
240 - Paicode is your body - the CLI tool that houses your
241             intelligence
242 - DIFF-AWARE modification system - you preserve content
243             intelligently

```

```

234 | - CRITICAL RULES: WRITE = new files only, MODIFY =
235 |     existing files only
236 | - Path security prevents access to sensitive files (.env,
237 |     .git, etc.)
238 | - Adaptive execution: 1-3 phases based on complexity (you
239 |     decide dynamically)
240 |
241 | SYSTEM HARMONY:
242 | - Workspace.py: Your secure file operation gateway
243 | - UI.py: Your beautiful Rich TUI presentation layer
244 | - LLM.py: Your optimized communication interface
245 | - All components work in perfect harmony under your
246 |     intelligent guidance
247 |
248 | GUIDELINES:
249 | - Keep responses conversational and warm
250 | - Be concise but helpful
251 | - If asked about coding, provide useful insights
252 | - If asked about Paicode, explain capabilities with
253 |     confidence (you live inside it!)
254 | - Show personality while being professional
255 | - NEVER be uncertain about Paicode features - you ARE
256 |     Paicode's AI
257 |
258 |     response = llm.generate_text(conversation_prompt, "
259 |         conversation")
260 |
261 |     if response:
262 |         # Display conversation response with clean UI
263 |         ui.console.print(

```

```

263         Panel(
264             Text(response.strip(), style="",
265                 bright_white"),
266                 title=" [bold]Pai[/bold] ",
267                 box=ROUNDED,
268                 border_style="grey50",
269                 padding=(1, 2),
270                 width=80
271             )
272         )
273     return True
274 else:
275     ui.print_error("Sorry, I couldn't process your
276                     message right now.")
277 return False

278
279 def execute_single_shot_intelligence(user_request: str,
280                                       context: list, log_file_path: str = None) -> bool:
281 """
282 Execute the revolutionary 2-call single-shot
283 intelligence system.
284
285 Call 1: PLANNING - Deep analysis and comprehensive
286         planning
287 Call 2: EXECUTION - Intelligent execution with
288         adaptation
289
290 Returns:
291     bool: Success status
292 """
293
294 # === DYNAMIC INTERACTION BEFORE PLANNING ===
295 planning_acknowledgment_prompt = f"""
296 You are Pai, responding to the user's request with a
297         brief, natural acknowledgment before starting your
298         planning phase.
299
300 USER REQUEST: "{user_request}"

```

```

293
294 Generate a brief, friendly response (1-2 sentences) that:
295 1. Acknowledges their request naturally
296 2. Shows you understand what they want
297 3. Indicates you're about to create a smart plan
298 4. Keep it conversational and warm
299
300 Examples:
301 - "Got it! Let me analyze your request and create a smart
   plan for you."
302 - "Perfect! I'll work on that right away - let me plan
   this out intelligently."
303 - "Understood! Let me break this down and create an
   efficient solution for you."
304
305 Output ONLY the response text, no quotes or formatting.
306 """
307
308     acknowledgment = llm.generate_text(
309         planning_acknowledgment_prompt, "planning
310         acknowledgment")
311
312         if not acknowledgment:
313             acknowledgment = "Got it! Let me analyze your
314             request and create a smart plan for you."
315
316         ui.console.print(
317             Panel(
318                 Text(acknowledgment.strip(),
319                     style="bright_white", justify="center"),
320                     title="[bold]Pai[/bold]",
321                     box=ROUNDED,
322                     border_style="grey50",
323                     padding=(1, 2),
324                     width=80
325             )
326         )
327
328     # === CALL 1: PLANNING PHASE ===

```

```

325     planning_result = execute_planning_call(user_request,
326                                             context)
327
328     if not planning_result:
329         ui.print_error("Planning phase failed. Cannot
330                     proceed.")
331
332     if log_file_path:
333         log_session_event(log_file_path, "
334                         FINAL_STATUS", {"status": "Planning failed
335                         ", "success": False})
336
337     return False
338
339
340     # Log planning phase
341     if log_file_path:
342         log_session_event(log_file_path, "PLANNING_PHASE"
343                           , {"planning_data": planning_result})
344
345
346     # === DYNAMIC INTERACTION BEFORE EXECUTION ===
347     execution_acknowledgment_prompt = f"""
348 You are Pai, about to execute your plan. Generate a brief
349 , confident response before starting execution.
350
351 USER REQUEST: "{user_request}"
352 PLANNING COMPLETED: Successfully analyzed and created
353 execution plan
354
355 Generate a brief, confident response (1-2 sentences) that
356 :
357
358 1. Shows confidence in your plan
359 2. Indicates you're about to execute intelligently
360 3. Keep it natural and engaging
361 4. Reflect your AI personality
362
363
364 Examples:
365 - "Perfect! Now let me execute this plan intelligently
366   for you."
367 - "Excellent! I've got a solid plan - time to make it
368   happen."

```

```

352     - "Great! My analysis is complete, now let's bring this
353         to life."
354
354 Output ONLY the response text, no quotes or formatting.
355 """
356
357     execution_acknowledgment = llm.generate_text(
358         execution_acknowledgment_prompt, "execution
359         acknowledgment")
360
361     if not execution_acknowledgment:
362         execution_acknowledgment = "Perfect! Now let me
363             execute this plan intelligently for you."
364
365
366     ui.console.print(
367         Panel(
368             Text(execution_acknowledgment.strip(),
369                 style="bright_white", justify="center"),
370                 title="[bold]Pai[/bold]",
371                 box=ROUNDED,
372                 border_style="grey50",
373                 padding=(1, 2),
374                 width=80
375         )
376     )
377
378 # === CALL 2: EXECUTION PHASE ===
379
380     execution_success = execute_execution_call(
381         user_request, planning_result, context,
382         log_file_path)
383
384
385     # Skip complex analysis to save tokens - focus on
386         execution success only
387
388
389     # Generate intelligent next step suggestions only if
390         execution failed
391
392     if not execution_success:
393         next_steps = generate_next_step_suggestions(
394             user_request, planning_result,

```

```

            execution_success, context, None)

381
382     if next_steps:
383         # Log next steps
384         if log_file_path:
385             log_session_event(log_file_path, "
386                 NEXT_STEPS", {"suggestion": next_steps
387
388             })
389
390             ui.console.print(
391                 Panel(
392                     Text(next_steps, style="bright_white"
393                         ),
394                     title="[bold] Next Steps Suggestion[/bold]",
395                     box=ROUNDED,
396                     border_style="grey50",
397                     padding=(1, 2),
398                     width=80
399
400                 )
401             )
402
403             )
404
405             )
406
407             )
408
409             )
410
411             if log_file_path:

```

```

412         log_session_event(log_file_path, "
413             FINAL_STATUS", {"status": status_msg, "
414                 success": True})
415
416     else:
417
418         status_msg = "Single-Shot Intelligence: FAILED"
419
420         ui.console.print(
421
422             Panel(
423
424                 Text(status_msg, style="bold red",
425                     justify="center"),
426                     title="[bold]Mission Status[/bold]",
427                     box=ROUNDED,
428                     border_style="grey50",
429                     padding=(1, 2),
430                     width=80
431
432             )
433
434     if log_file_path:
435
436         log_session_event(log_file_path, "
437             FINAL_STATUS", {"status": status_msg, "
438                 success": False})
439
440
# ALWAYS generate next step suggestions for better
# continuity and context
next_steps = generate_next_stepSuggestions(
    user_request, planning_result, execution_success,
    context, None)

if next_steps:
    ui.console.print(
        Panel(
            Text(next_steps, style="bright_white"),
            title="[bold]Next Steps Suggestion[/bold]"
                ,
            box=ROUNDED,
            border_style="grey50",
            padding=(1, 2),
            width=80
        )
)

```

```

441     )
442     if log_file_path:
443         log_session_event(log_file_path, "NEXT_STEPS"
444                           , {"suggestion": next_steps})
445
446     return execution_success

```

Listing A.3: Modul agent.py (Bagian 1 dari 2, ASCII-only).

```

1 def execute_command_sequence(command_sequence: str,
2                               context: list) -> tuple[bool, list]:
3     """Execute a sequence of commands from the AI."""
4
5     commands = [line.strip() for line in command_sequence
6                 .split('\n') if line.strip()]
7     total_commands = len(commands)
8     successful_commands = 0
9     command_results = []
10
11    # Build execution content
12    content_lines = []
13    content_lines.append(("bold", f"Executing {total_commands} intelligent actions..."))
14    content_lines.append("")
15
16    for i, command_line in enumerate(commands, 1):
17        if not command_line or '::' not in command_line:
18            if command_line.strip():
19                content_lines.append(("warning", f"Invalid command format: {command_line}"))
20
21            continue
22
23        # Parse command
24        parts = command_line.split('::', 2)
25        if len(parts) < 2:
26            content_lines.append(("warning", f"Incomplete command: {command_line}"))
27
28        continue

```

```

25
26     command = parts[0].upper().strip()
27     param1 = parts[1].strip() if len(parts) > 1 else
28         ""
29
30     param2 = parts[2].strip() if len(parts) > 2 else
31         ""
32
33     # Check for common content output mistakes
34     if command_line.strip().startswith('<', 'body',
35         'html', 'div', 'style', 'script', 'h1', 'h2',
36         'form', 'input', 'button')):
37         content_lines.append(("warning", f"Raw HTML/
38             CSS detected as command: {command_line
39                 [:50]}..."))
40
41         content_lines.append(("info", "Use WRITE::
42             filename::description instead of raw
43             content!"))
44
45         continue
46
47
48     if command_line.strip().startswith('. ', '#',
49         'margin', 'padding', 'color', 'background',
50         'font', 'border')):
51
52         content_lines.append(("warning", f"Raw CSS
53             detected as command: {command_line
54                 [:50]}..."))
55
56         content_lines.append(("info", "Use WRITE::
57             filename::description instead of raw CSS!")
58                 ))
59
60         continue
61
62
63     if command not in VALID_COMMANDS:
64
65         content_lines.append(("warning", f"Unknown
66             command: {command} (from: {command_line})"))
67
68         content_lines.append(("info", f"Valid
69             commands: {', '.join(VALID_COMMANDS)}"))
70
71         continue
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145

```

```

46     # Display current action
47     content_lines.append(("normal", f"[{i}/{total_commands}] {command} {param1}"))
48
49     # Execute command
50     success, command_output = execute_single_command(
51         command, param1, param2)
52
53     # Add command output to content if any
54     if command_output:
55         if command_output.startswith("SYNTAX_HIGHLIGHT:"):
56             parts = command_output.split(":", 2)
57             if len(parts) == 3:
58                 filename = parts[1]
59                 code_content = parts[2]
60                 content_lines.append((
61                     syntax_highlight, filename,
62                     code_content))
63             else:
64                 content_lines.append(("ai_output",
65                     command_output))
66         else:
67             content_lines.append(("ai_output",
68                     command_output))
69
70     # Collect command result for logging
71     command_results.append({
72         "command": command,
73         "target": param1 if param1 else "",
74         "success": success,
75         "output": command_output if command_output
76             else ""
77     })
78
79     if success:
80         successful_commands += 1
81         content_lines.append(("success", "Success"))

```

```

76     else:
77         content_lines.append(("error", "Failed"))
78
79     content_lines.append("")
80
81     # Break on FINISH command
82     if command == "FINISH":
83         break
84
85     # Show execution summary
86     success_rate = (successful_commands / total_commands)
87         * 100 if total_commands > 0 else 0
88     content_lines.append(("bold", "Execution Summary:"))
89     content_lines.append(("normal", f"Successful: {"
90         successful_commands}/{total_commands} ({"
91         success_rate:.1f}%)"))
92
93
94     # Display all content in a single panel with proper
95     # styling
96     from rich.console import Group
97     from rich.text import Text as RichText
98
99
100    # Convert content to rich renderables with colors
101    rich_content = []
102    for item in content_lines:
103        if isinstance(item, tuple):
104            if len(item) == 3 and item[0] == "
105                syntax_highlight":
106                _, filename, code_content = item
107
108                # For terminal display: truncate long
109                # files for better UX
110                lines = code_content.split('\n')
111                display_content = code_content
112                if len(lines) > 20:
113                    display_content = '\n'.join(lines
114                        [:20]) + f"\n... ({len(lines) -
115                        20} more lines)"

```

```

106
107     try:
108         from pygments.lexers import
109             get_lexer_for_filename
110         from pygments.util import
111             ClassNotFound
112         from rich.syntax import Syntax
113
114     try:
115         lexer = get_lexer_for_filename(
116             filename)
117         lang = lexer.aliases[0]
118     except ClassNotFound:
119         lang = "text"
120
121     syntax_panel = Panel(
122         Syntax(display_content, lang,
123             theme="monokai", line_numbers=
124                 True),
125             title=f"File {filename}",
126             border_style="grey50",
127             expand=False
128         )
129         rich_content.append(syntax_panel)
130     except ImportError:
131         rich_content.append(RichText(f"File
132             content of {filename}:\n{
133             display_content}", style="
134                 bright_cyan"))
135
136     else:
137         style_type, text = item[0], item[1]
138         if style_type == "bold":
139             rich_content.append(RichText(text,
140                 style="bold bright_white"))
141         elif style_type == "warning":
142             rich_content.append(RichText(text,
143                 style="bold yellow"))
144         elif style_type == "ai_output":

```

```

134         rich_content.append(RichText(text,
135                         style="bright_cyan"))
136     elif style_type == "success":
137         rich_content.append(RichText(text,
138                         style="bold green"))
139     elif style_type == "error":
140         rich_content.append(RichText(text,
141                         style="bold red"))
142     else: # normal
143         rich_content.append(RichText(text,
144                         style="bright_white"))
145
146     ui.console.print(
147         Panel(
148             Group(*rich_content),
149             title="[bold]Execution Results[/bold]",
150             box=ROUNDED,
151             border_style="grey50",
152             padding=(1, 2),
153             width=80
154         )
155     )
156
157     return (success_rate >= 80, command_results)
158
159
160 def execute_single_command(command: str, param1: str,
161                           param2: str) -> tuple[bool, str]:
162     """Execute a single command and return success status
163     and output."""
164
165     try:
166         if command == "READ":
167             content = workspace.read_file(param1)
168             if content is not None:
169                 lines = content.split('\n')

```

```

165         display_content = '\n'.join(lines[:20])
166         if len(lines) > 20:
167             display_content += f"\n... ({len(
168                 lines) - 20} more lines)"
169
170     return True, f"SYNTAX_HIGHLIGHT:{param1
171             }:{content}"
172
173     return False, f"Could not read file: {param1
174             }"
175
176 elif command == "WRITE":
177
178     if not param2:
179         return False, "WRITE command requires
180             description"
181
182     success = handle_write_command(param1, param2
183             )
184
185     return success, f"New file written: {param1}" if
186             success else f"Failed to write file: {param1}"
187
188 elif command == "MODIFY":
189
190     if not param2:
191         return False, "MODIFY command requires
192             description"
193
194     success = handle_modify_command(param1,
195             param2)
196
197     return success, f"File modified: {param1}" if
198             success else f"Failed to modify file: {param1}"
199
200 elif command == "TREE":
201
202     path = param1 if param1 else '.'
203
204     tree_output = workspace.tree_directory(path)
205
206     if tree_output and "Error:" not in
207         tree_output:
208
209         return True, f"Directory tree for {path
210             }:\n{tree_output}"
211
212     return False, f"Could not get directory tree

```

```

        for: {path}"
```

190

```

191     elif command == "LIST_PATH":
192         path = param1 if param1 else '.'
193         list_output = workspace.list_path(path)
194         if list_output is not None and "Error:" not
195             in list_output:
196                 if list_output.strip():
197                     return True, list_output
198                 else:
199                     return True, f"Directory '{path}' is
200                         empty"
201         return False, f"Could not list directory: {
202             path}"
203
204
205
206     elif command == "MKDIR":
207         result = workspace.create_directory(param1)
208         success = "Success" in result
209         return success, result
210
211
212     elif command == "TOUCH":
213         result = workspace.create_file(param1)
214         success = "Success" in result
215         return success, result
216
217
218     elif command == "RM":
219         result = workspace.delete_item(param1)
220         success = "Success" in result
221         return success, result
222
223
224     elif command == "MV":
225         result = workspace.move_item(param1, param2)
226         success = "Success" in result
227         return success, result
228
229
230     elif command == "FINISH":
231         message = param1 if param1 else "Task
232                         completed successfully"
```

```

223         return True, f"OK {message}"
224
225     return False, f"Unknown command: {command}"
226
227 except Exception as e:
228     return False, f"Command execution error: {e}"
229
230 def log_session_event(log_file_path: str, event_type: str,
231 , data: dict):
232     """Log session events with clear separation between
233     USER and AI."""
234
235     try:
236         timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H
237 :%M:%S")
238
239         if event_type == "SESSION_START":
240             log_line = f"\n[{timestamp}] SESSION STARTED\
241             n"
242             log_line += f"[{timestamp}] Working Directory
243                 : {data.get('working_directory', 'unknown')}\\n"
244             log_line += f"[{timestamp}] Session ID: {data
245                 .get('session_id', 'unknown')}\\n"
246
247         elif event_type == "USER_INPUT":
248             request = data.get('user_request', 'unknown')
249             log_line = f"\n[{timestamp}] USER: {request}\\n"
250
251         elif event_type == "PLANNING_PHASE":
252             log_line = f"\n[{timestamp}] AI PLANNING
253                 START\\n"
254
255             planning_data = data.get('planning_data', {})
256             analysis = planning_data.get('analysis', {})
257
258             log_line += f"[{timestamp}] Intent: {analysis
259                 .get('user_intent', 'Unknown')}\\n"

```

```

251     log_line += f"[{timestamp}] Context Usage: {
252         analysis.get('context_utilization', 'None'
253     )}\n"
254     log_line += f"[{timestamp}] Files to read: {
255         analysis.get('files_to_read', [])}\n"
256     log_line += f"[{timestamp}] Files to create:
257         {analysis.get('files_to_create', [])}\n"
258     log_line += f"[{timestamp}] Files to modify:
259         {analysis.get('files_to_modify', [])}\n"
260
261
262     execution_plan = planning_data.get(
263         'execution_plan', {})
264     steps = execution_plan.get('steps', [])
265     log_line += f"[{timestamp}] EXECUTION PLAN ({len(steps)}) steps):\n"
266     for i, step in enumerate(steps, 1):
267         action = step.get('action', 'Unknown')
268         target = step.get('target', '')
269         purpose = step.get('purpose', 'No purpose')
270         log_line += f"[{timestamp}] {i}. {
271             action} {target} - {purpose}\n"
272     log_line += f"[{timestamp}] AI PLANNING END\n"
273
274
275
276     elif event_type == "EXECUTION_PHASE":
277         log_line = f"\n[{timestamp}] AI EXECUTION
278             START\n"
279
280
281         commands = data.get('commands', [])
282         for cmd_data in commands:
283             cmd = cmd_data.get('command', 'Unknown')
284             target = cmd_data.get('target', '')
285             success = "SUCCESS" if cmd_data.get(
286                 'success') else "FAILED"
287             output = cmd_data.get('output', '')
288
289             log_line += f"[{timestamp}] {success}: {
290                 target} - {cmd}\n"

```

```

            cmd} {target}\n"
277     if output:
278         log_line += f"[{timestamp}] OUTPUT: {
279             output}\n"
280
281     elif event_type == "FINAL_STATUS":
282         status = data.get('status', 'unknown')
283         success_text = "SUCCESS" if data.get('success'
284             ) else "FAILED"
285
286         log_line = f"\n[{timestamp}] AI FINAL RESULT:
287             {success_text} - {status}\n"
288
289     elif event_type == "NEXT_STEPS":
290         suggestion = data.get('suggestion', '')
291         if suggestion:
292             log_line = f"\n[{timestamp}] AI
293                 SUGGESTION: {suggestion}\n"
294         else:
295             log_line = ""
296
297     elif event_type == "INTERACTION":
298         log_line = ""
299
300     else:
301         log_line = f"[{timestamp}] {event_type}: {
302             json.dumps(data)}\n"
303
304     if log_line:
305         with open(log_file_path, 'a', encoding='utf-8
306             ') as f:
307             f.write(log_line)
308
309
310 except Exception as e:
311     pass

```

```

307 def handle_write_command(filepath: str, description: str)
308     -> bool:
309         """Handle WRITE command with intelligent content
310             generation."""
311
312         content_prompt = f"""
313             Generate high-quality content for a file based on the
314             description.
315
316             FILE PATH: {filepath}
317             DESCRIPTION: {description}
318
319             REQUIREMENTS:
320                 1. Analyze the file extension to determine the
321                     appropriate language/format
322                 2. Create production-quality, well-structured content
323                 3. Include appropriate comments and documentation
324                 4. Follow best practices for the detected language/format
325                 5. Make the code/content immediately usable
326
327             OUTPUT: Return ONLY the file content, no explanations or
328                 markdown formatting.
329 """
330
331         content = llm.generate_text(content_prompt, "content
332             generation")
333
334         if not content:
335             return False
336
337         result = workspace.write_to_file(filepath, content)
338
339         return "Success" in result
340
341
342 def handle_modify_command(filepath: str, description: str
343     ) -> bool:
344         """Handle MODIFY command with intelligent code
345             modification."""

```

```

337
338     existing_content = workspace.read_file(filepath)
339     if existing_content is None:
340         ui.print_error(f"Cannot modify '{filepath}' -
341                         file not found")
342         return False
343
344     modify_prompt = f"""
345 You are an expert code modifier. Modify the existing code
346 based on the description.
347
348 FILE PATH: {filepath}
349 CURRENT CONTENT:
350 ---
351
352 MODIFICATION REQUEST: {description}
353
354 REQUIREMENTS:
355 1. Preserve the existing code structure and style
356 2. Make only the necessary changes described
357 3. Maintain code quality and best practices
358 4. Ensure the modified code is syntactically correct
359 5. Add appropriate comments for new functionality
360
361 OUTPUT: Return ONLY the complete modified file content,
362 no explanations.
363 """
364
365     modified_content = llm.generate_text(modify_prompt, "code modification")
366
367     if not modified_content:
368         return False
369
370     success, result = workspace.
371         apply_modification_with_patch(filepath,

```

```

        existing_content, modified_content)

370
    return success

372
373 def initialize_session_context(session_context: list,
    log_file_path: str):
    """Initialize comprehensive Single-Shot Intelligence
    context window for the session."""

375
376     single_shot_intelligence_context = {
377         "timestamp": datetime.now().isoformat(),
378         "user_request": "SYSTEM_INITIALIZATION",
379         "success": True,
380         "intent": "system_context",
381         "system_knowledge": ""}
382 SINGLE-SHOT INTELLIGENCE SYSTEM MASTERY
383
384 You are PAI - the revolutionary AI brain inside Paicode.
    This context window provides your foundational
    understanding.

385
386 CORE IDENTITY & MISSION
387 - You are NOT a generic AI assistant
388 - You are PAI - the intelligent core of Paicode, a
    revolutionary 2-call system
389 - Your reputation depends on PERFECT EXECUTION in exactly
    2 API calls
390 - You represent the future of efficient AI-assisted
    development

391
392 COMPETITIVE ADVANTAGE PRINCIPLES
393
394 Efficiency Superiority:
395 - Traditional AI: 10-20 API calls, inefficient, expensive
396 - YOU (Pai): Exactly 2 calls, maximum intelligence,
    perfect results
397 - You must outperform traditional systems with LESS
    resources

```

```

398     - Every decision reflects Single-Shot Intelligence
399         superiority
400
400     Quality Excellence:
401     - Your plan must work on first execution attempt
402     - No room for trial-and-error - get it right immediately
403     - Think like a chess grandmaster - see the entire game
404     - Every step must contribute to perfect final outcome
405
406 SESSION BEHAVIOR GUIDELINES
407
408     Conversation Mode:
409     - Be confident about Paicode features - you ARE Paicode's
410         AI
411     - Show personality while being professional
412     - Explain Single-Shot Intelligence with pride
413     - Never be uncertain about your capabilities
414
414     Execution Mode:
415     - Follow this exact workflow structure
416     - Display all required sections and panels
417     - Use proper Rich TUI formatting
418     - Maintain professional yet confident tone
419     - Always end with mission accomplished confirmation
420
421     This context window guides your behavior throughout the
422         entire session. You are the embodiment of Single-Shot
423         Intelligence excellence.
424
424     """
425
425         }
426
426
425         session_context.append(
426             single_shot_intelligence_context)
427
427
427         log_session_event(log_file_path, "
428             CONTEXT_INITIALIZATION", {
428                 "context_type": "single_shot_intelligence_mastery
428                     ",

```

```

429         "knowledge_loaded": True,
430         "workflow_understanding": "complete"
431     })
432
433 def get_multiline_input(prompt_session) -> str:
434     """Get multi-line input from user with intuitive
435     behavior."""
436     try:
437         from prompt_toolkit.shortcuts import prompt
438         from prompt_toolkit.key_binding import
439             KeyBindings
440         from prompt_toolkit.keys import Keys
441
442         bindings = KeyBindings()
443
444         @bindings.add(Keys.Enter)
445         def _(event):
446             """Enter submits the input"""
447             event.app.exit(result=event.current_buffer.
448                           text)
449
450         @bindings.add(Keys.Escape, Keys.Enter)
451         def _(event):
452             """Alt+Enter adds new line"""
453             event.current_buffer.insert_text('\n')
454
455         ui.console.print("[dim]Tip: Use Alt+Enter for new
456                         line, Enter to submit[/dim]")
457
458         result = prompt(
459             "\nuser> ",
460             multiline=True,
461             key_bindings=bindings,
462             wrap_lines=True,
463             mouse_support=False
464         )
465         return result.strip() if result else ""
466

```

```

463     except Exception as e:
464         ui.console.print(f"[dim]Note: Using simple input
465                         mode - {str(e)}[/dim]")
466     return prompt_session.prompt("\nuser> ").strip()

```

Listing A.4: Modul agent.py (Bagian 2 dari 2, ASCII-only).

## workspace.py

```

1 import os
2 import shutil
3 import difflib
4 import tempfile
5 from . import ui
6
7 """
8 workspace.py
9 -----
10 This module acts as the workspace controller for Pai Code
11     . It centralizes
12 application-level operations on the project's workspace,
13     such as reading,
14 writing, listing, tree visualization, moving, removing,
15     creating files and
16 directories, as well as applying diff-aware modifications
17     . In order to protect
18 the workspace, it enforces path-security policies (path
19     normalization, root
20 verification, and deny-listing sensitive paths) before
21     executing any action.
22
23 All functions defined in this module are the provided
24     primitives to manipulate
25 and manage files within the project workspace in a
26     controlled, secure manner.
27 All operations are constrained strictly within the
28     project root determined at

```

```

20     runtime (workspace scope), ensuring controlled
21         manipulation of project files.
22     """
23
24
25 # List of sensitive files and directories to be blocked
26 SENSITIVE_PATTERNS = {
27     '.env',
28     '.git',
29     'venv',
30     '__pycache__',
31     '.pai_history', # Pai cannot access this directly -
32         only for LLM context
33     '.idea',
34     '.vscode'
35 }
36
37
38 def _is_path_safe(path: str) -> bool:
39     """
40     Ensures the target path is within the project
41         directory and not sensitive.
42     """
43
44     if not path or not isinstance(path, str):
45         return False
46
47     try:
48         # 1. Normalize the path for consistency and strip
49             whitespace
50         norm_path = os.path.normpath(path.strip())
51
52         # 2. Reject empty paths after normalization, but
53             allow '..' for current directory
54         if not norm_path or norm_path == '..':
55             return False
56
57         # 3. Check if the path tries to escape the root
58             directory

```

```

52     full_path = os.path.realpath(os.path.join(
53         PROJECT_ROOT, norm_path))
54     if not full_path.startswith(os.path.realpath(
55         PROJECT_ROOT)):
56         ui.print_error(f"Operation cancelled. Path '{
57             path}' is outside the project directory.")
58         return False
59
60     # 4. Block access to sensitive files and
61     #      directories
62     path_parts = norm_path.replace('\\\\', '/').split(
63         '/')
64     if any(part in SENSITIVE_PATTERNS for part in
65         path_parts if part):
66         ui.print_error(f"Access to the sensitive path
67             '{path}' is denied.")
68         return False
69
70     except Exception as e:
71         ui.print_error(f"Error during path validation: {e
72             }")
73
74     return True
75
76
77
78 def tree_directory(path: str = '.') -> str:
79     """Creates a string representation of the directory
80         structure recursively."""
81     if not _is_path_safe(path):
82         return f"Error: Cannot access path '{path}'."
83
84     full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)
85     if not os.path.isdir(full_path):
86         return f"Error: '{path}' is not a valid directory
87             ."
88
89     tree_lines = [f"{os.path.basename(full_path)}/"]

```

```

80     def build_tree(directory, prefix=""):
81         try:
82             items = sorted([item for item in os.listdir(
83                 directory) if item not in
84                 SENSITIVE_PATTERNS])
85         except FileNotFoundError:
86             return
87
88         pointers = ['|-- '] * (len(items) - 1) + ['+-- ']
89
90         for pointer, item in zip(pointers, items):
91             tree_lines.append(f"{prefix}{pointer}{item}")
92             item_path = os.path.join(directory, item)
93             if os.path.isdir(item_path):
94                 extension = '|   ' if pointer == '|-- '
95                 else '',
96                 build_tree(item_path, prefix=prefix +
97                             extension)
98
99         build_tree(full_path)
100    return "\n".join(tree_lines)
101
102
103    def list_path(path: str = '.') -> str | None:
104        """
105            Lists all files and subdirectories recursively for a
106            given path in a simple,
107            machine-readable, newline-separated format.
108        """
109
110        if not _is_path_safe(path):
111            return f"Error: Cannot access path '{path}'."
112
113        full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)
114        if not os.path.isdir(full_path):
115            return f"Error: '{path}' is not a valid directory
116            ."
117
118        path_list = []

```

```

111     for root, dirs, files in os.walk(full_path, topdown=True):
112         # Filter out sensitive directories from being
113         # traversed
114         dirs[:] = [d for d in dirs if d not in
115                     SENSITIVE_PATTERNS]
116
117         # Process files
118         for name in files:
119             if name not in SENSITIVE_PATTERNS:
120                 # Get relative path from the initial '
121                 # path'
122                 rel_dir = os.path.relpath(root,
123                                         PROJECT_ROOT)
124                 path_list.append(os.path.join(rel_dir,
125                                              name).replace('\\', '/'))
126
127         # Process directories
128         for name in dirs:
129             rel_dir = os.path.relpath(root, PROJECT_ROOT)
130             path_list.append(os.path.join(rel_dir, name).
131                             replace('\\', '/') + '/')

132     return "\n".join(sorted(path_list))

133
134
135
136
137
138
139 def delete_item(path: str) -> str:
    """Deletes a file or directory and returns a status
    message."""
    if not _is_path_safe(path): return f"Error: Access to
        path '{path}' is denied or path is not secure."
    try:
        full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)
        if os.path.isfile(full_path):
            os.remove(full_path)
            return f"Success: File deleted: {path}"
        elif os.path.isdir(full_path):
            shutil.rmtree(full_path)

```

```

140         return f"Success: Directory deleted: {path}"
141     else:
142         return f"Warning: Item not found, nothing
143             deleted: {path}"
144     except OSError as e:
145         return f"Error: Failed to delete '{path}': {e}"
146
147     def move_item(source: str, destination: str) -> str:
148         """Moves an item and returns a status message."""
149         if not _is_path_safe(source) or not _is_path_safe(
150             destination):
151             return "Error: Source or destination path is not
152                 secure or is denied."
153
154     try:
155         full_source = os.path.join(PROJECT_ROOT, source)
156         full_destination = os.path.join(PROJECT_ROOT,
157                                         destination)
158         shutil.move(full_source, full_destination)
159         return f"Success: Item moved from '{source}' to
160             '{destination}'"
161     except (FileNotFoundException, shutil.Error) as e:
162         return f"Error: Failed to move '{source}': {e}"
163
164
165     def create_file(file_path: str) -> str:
166         """Creates an empty file and returns a status message
167             """
168         if not _is_path_safe(file_path): return f"Error:
169             Access to path '{file_path}' is denied or path is
170             not secure."
171
172     try:
173         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
174         dir_name = os.path.dirname(full_path)
175         if dir_name: os.makedirs(dir_name, exist_ok=True)
176         with open(full_path, 'w') as f: pass
177         return f"Success: New empty file created: {
178             file_path}"
179     except IOError as e:
180         return f"Error: Failed to create file: {e}"

```

```

169
170 def create_directory(dir_path: str) -> str:
171     """Creates a directory and returns a status message.
172     """
173
174     if not _is_path_safe(dir_path): return f"Error:
175         Access to path '{dir_path}' is denied or path is
176         not secure."
177
178     try:
179
180         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, dir_path)
181         os.makedirs(full_path, exist_ok=True)
182
183         return f"Success: Directory created: {dir_path}"
184     except OSError as e:
185
186         return f"Error: Failed to create directory: {e}"
187
188
189 def read_file(file_path: str) -> str | None:
190     """Reads a file and returns its content, or None on
191     failure."""
192
193     if not _is_path_safe(file_path): return None
194
195     try:
196
197         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
198         with open(full_path, 'r') as f:
199
200             return f.read()
201
202     except FileNotFoundError:
203
204         # Let the caller (agent/cli) handle printing the
205         # error
206
207         return None
208
209     except IOError as e:
210
211         ui.print_error(f"Failed to read file: {e}")
212
213         return None
214
215
216 def write_to_file(file_path: str, content: str) -> str:
217     """Writes to a file and returns a status message."""
218
219     if not _is_path_safe(file_path): return f"Error:
220         Access to path '{file_path}' is denied or path is
221         not secure."
222
223     try:
224
225         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
226         dir_name = os.path.dirname(full_path)

```

```

200     if dir_name: os.makedirs(dir_name, exist_ok=True)
201     with open(full_path, 'w') as f:
202         f.write(content)
203     return f"Success: New file written: {file_path}"
204 except IOError as e:
205     return f"Error: Failed to write to file: {e}"
206
207
208
209 def apply_modification_with_patch(file_path: str,
210                                     original_content: str, new_content: str, threshold:
211                                     int = 500) -> tuple[bool, str]:
212     """
213     Applies a modification to a file safely by first
214     verifying the scope of changes.
215
216     It generates a diff between the original and new
217     content. If the number of changed
218     lines is within the threshold, it writes the new
219     content to the file. Otherwise,
220     it rejects the change to prevent unintentional
221     overwrites.
222
223     Args:
224         file_path: The path to the file to be modified.
225         original_content: The original, unmodified
226             content of the file.
227         new_content: The new, modified content generated
228             by the LLM.
229         threshold: The maximum number of lines allowed to
230             be changed.
231
232     Returns:
233         A tuple containing:
234         - bool: True if the modification was successful,
235             False otherwise.
236         - str: A message describing the result of the
237             operation.

```

```

227     """
228     if not _is_path_safe(file_path):
229         return False, f"Error: Access to path '{file_path}'
230             }' is denied or path is not secure."
231
232     # Normalize line endings to reduce false-positive
233     # diffs
234     original_norm = original_content.replace('\r\n', '\n'
235         ).replace('\r', '\n')
236     new_norm = new_content.replace('\r\n', '\n').replace(
237         '\r', '\n')
238
239     original_lines = original_norm.splitlines(keepends=
240         True)
241     new_lines = new_norm.splitlines(keepends=True)
242
243     diff = list(difflib.unified_diff(
244         original_lines,
245         new_lines,
246         fromfile=f"a/{file_path}",
247         tofile=f"b/{file_path}"
248     ))
249
250     # Count only actual change lines, ignore headers and
251     # context lines
252     def _count_changes(d: list[str]) -> tuple[int, int,
253         int]:
254         adds = deletes = 0
255         for line in d:
256             if line.startswith('@@') or line.startswith('
257                 ++') or line.startswith('---') or (line
258                     and line[0] == ' '):
259                 continue
260             if line.startswith('+'):
261                 adds += 1
262             elif line.startswith('-'):
263                 deletes += 1
264
265     return adds + deletes, adds, deletes

```

```

256
257     changed_lines_count, add_count, del_count =
258         _count_changes(diff)
259
260     if not diff or changed_lines_count == 0:
261         return True, f"Success: No changes detected for {file_path}. File left untouched."
262
263     # Allow configuring thresholds via environment
264     try:
265         env_threshold = int(os.getenv('PAI MODIFY THRESHOLD', str(threshold)))
266         if env_threshold < 1:
267             env_threshold = threshold
268     except ValueError:
269         env_threshold = threshold
270
271     try:
272         max_ratio = float(os.getenv('PAI MODIFY MAX RATIO', '0.5')) # up to 50% of lines by default
273         if not (0.0 < max_ratio <= 1.0):
274             max_ratio = 0.5
275     except ValueError:
276         max_ratio = 0.5
277
278     total_lines = max(1, len(original_lines))
279     ratio = changed_lines_count / total_lines
280
281     if changed_lines_count > env_threshold and ratio > max_ratio:
282         diff_preview = "\n".join(diff[:60])
283         message = (
284             f"Warning: Modification for '{file_path}'"
285             f"rejected.\n"
286             f"Change too large: {changed_lines_count} "
287             f"lines (~{ratio:.1%}) exceeds threshold {env_threshold} and ratio {max_ratio:.0%}.\n"
288         )

```

```

285         f"SOLUTION: Think like Cascade - break this
286             into focused, surgical modifications:\n"
287         f"- Focus on ONE specific area/feature at a
288             time\n"
289         f"- Ideal: 100-200 lines per modification (
290             very focused)\n"
291         f"- Acceptable: 200-500 lines (still
292             focused on one area)\n"
293         f"- Use multiple MODIFY commands across
294             different steps\n"
295         f"- Example: Instead of 'add all CSS', do '
296             add layout CSS', then 'add form CSS', then
297             'add button CSS'\n"
298
299         f"Diff Preview (first 60 lines):\n{"
300             diff_preview}"
301
302     )
303
304     return False, message
305
306
307     # Atomic write to avoid partial writes
308
309     try:
310
311         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
312         dir_name = os.path.dirname(full_path)
313
314         if dir_name:
315
316             os.makedirs(dir_name, exist_ok=True)
317
318         with tempfile.NamedTemporaryFile('w', delete=
319             False, dir=dir_name) as tmp:
320
321             tmp.write(new_norm)
322
323             tmp_name = tmp.name
324
325             os.replace(tmp_name, full_path)
326
327         return True, f"Success: File modified: {file_path}
328             } ({changed_lines_count} lines changed; +{
329                 add_count}/-{del_count})"
330
331     except IOError as e:
332
333         return False, f"Error: Failed to write
334             modification to file: {e}"

```

Listing A.5: Modul workspace.py (lengkap, ASCII-only).

## config.py

```
1 import os
2 from pathlib import Path
3 import json
4 from typing import Optional
5 from . import ui
6
7 # Define the standard configuration path in the user's
8 # home directory
9 CONFIG_DIR = Path.home() / ".config" / "pai-code"
10 KEY_FILE = CONFIG_DIR / "credentials.json"
11
12 def _ensure_config_dir_exists():
13     """Ensures the configuration directory exists with
14     correct permissions."""
15     os.makedirs(CONFIG_DIR, exist_ok=True)
16     os.chmod(CONFIG_DIR, 0o700)
17
18 def _default_config() -> dict:
19     """Default single-key configuration."""
20     return {
21         "version": 2, # Version 2 = single-key system
22         "api_key": None
23     }
24
25 def _load_config() -> dict:
26     """Load the single-key configuration."""
27     _ensure_config_dir_exists()
28     if not KEY_FILE.exists():
29         return _default_config()
30
31     try:
32         with open(KEY_FILE, 'r') as f:
33             data = json.load(f)
34
35         # Migrate from old multi-key system if needed
36         if data.get("version") == 1 and "keys" in data:
37             # Migration logic here
38
39     except json.JSONDecodeError:
40         # Handle JSON decoding error
41
42     return data
```

```

35         # Old multi-key system - migrate to single
36         # key
37         old_keys = data.get("keys", {})
38         default_id = data.get("default")
39
40         if default_id and default_id in old_keys:
41             migrated_key = old_keys[default_id]
42             ui.print_info(f"Migrating from multi-key
43             system. Using key '{default_id}' as
44             single key.")
45             return {"version": 2, "api_key":
46                     migrated_key}
47         elif old_keys:
48             # Use first available key
49             first_key = list(old_keys.values())[0]
50             ui.print_info("Migrating from multi-key
51             system. Using first available key.")
52             return {"version": 2, "api_key":
53                     first_key}
54
55         # Ensure proper structure
56         if not isinstance(data, dict):
57             return _default_config()
58
59         return data
60
61     except (json.JSONDecodeError, IOError):
62         ui.print_warning("Configuration file corrupted.
63                         Creating new one.")
64         return _default_config()
65
66     def _save_config(config: dict) -> None:
67         """Save the single-key configuration."""
68         try:
69             _ensure_config_dir_exists()
70             with open(KEY_FILE, 'w') as f:
71                 json.dump(config, f, indent=2)
72             os.chmod(KEY_FILE, 0o600)

```

```

66     except Exception as e:
67         ui.print_error(f"Failed to save configuration: {e}
68             }")
69
70     def set_api_key(api_key: str) -> None:
71         """Set the API key."""
72         if not api_key or not isinstance(api_key, str):
73             ui.print_error("Invalid API key provided.")
74             return
75
76         if not api_key.startswith("AIza"):
77             ui.print_warning("Warning: API key doesn't look
78                 like a Google API key (should start with 'AIza
79                     ')")
80
81         config = _load_config()
82         config["api_key"] = api_key
83         _save_config(config)
84
85         masked_key = mask_api_key(api_key)
86         ui.print_success(f"[OK] API key set successfully: {
87             masked_key}")
88
89     def get_api_key() -> Optional[str]:
90         """Get the current API key."""
91         config = _load_config()
92         return config.get("api_key")
93
94     def save_api_key(api_key: str):
95         """Legacy compatibility function."""
96         set_api_key(api_key)
97
98     def remove_api_key() -> None:
99         """Remove the stored API key."""
100        config = _load_config()
101
102        if not config.get("api_key"):
103            ui.print_info("No API key is currently set.")

```

```

100         return
101
102     config["api_key"] = None
103     _save_config(config)
104     ui.print_success("[OK] API key removed successfully.")
105
106 def show_api_key() -> None:
107     """Show the current API key (masked)."""
108     api_key = get_api_key()
109
110     if not api_key:
111         ui.print_info("No API key is currently set.")
112         ui.print_info("Use 'pai config set <API_KEY>' to"
113                     "set one.")
114
115     masked_key = mask_api_key(api_key)
116     ui.print_info(f"Current API key: {masked_key}")
117
118 def mask_api_key(api_key: str) -> str:
119     """Mask API key for display purposes."""
120     if not api_key or len(api_key) < 10:
121         return "***"
122
123     return f"{api_key[:6]}...{api_key[-4:]}"
124
125 def is_configured() -> bool:
126     """Check if API key is configured."""
127     api_key = get_api_key()
128     return api_key is not None and len(api_key.strip()) >
129                 0
130
131 def validate_api_key() -> tuple[bool, str]:
132     """Validate that API key is configured and looks
133                 correct."""
134     api_key = get_api_key()

```

```

134     if not api_key:
135         return False, "No API key configured. Use 'pai
136             config set <API_KEY>' to set one."
137
138     if not api_key.startswith("AIza"):
139         return False, "API key doesn't look like a Google
140             API key (should start with 'AIza')"
141
142
143     if len(api_key) < 20:
144         return False, "API key seems too short to be
145             valid"
146
147
148     return True, "API key looks valid"
149
150
151 # Legacy compatibility functions (simplified)
152 def add_api_key(key_id: str, api_key: str) -> None:
153     """Legacy function - redirect to set_api_key."""
154     ui.print_info(f"Note: Multi-key system deprecated.
155         Setting '{key_id}' as single API key.")
156     set_api_key(api_key)
157
158
159 def list_api_keys() -> list:
160     """Legacy function - return single key info."""
161     api_key = get_api_key()
162     if not api_key:
163         return []
164
165
166     return [
167         {
168             "id": "single",
169             "masked": mask_api_key(api_key),
170             "is_default": "yes"
171         }
172
173
174     def set_default_api_key(key_id: str) -> None:
175         """Legacy function - no-op in single-key system."""
176         ui.print_info("Note: Default key setting not needed
177             in single-key system.")
178
179
180

```

```

167 |     def load_api_key() -> Optional[str]:
168 |         """Legacy function - redirect to get_api_key."""
169 |         return get_api_key()

```

Listing A.6: Modul config.py (lengkap, ASCII-only).

## cli.py

```

1  #!/usr/bin/env python
2
3  import argparse
4  from . import agent, config, llm, ui
5
6  def main():
7      parser = argparse.ArgumentParser(
8          description="Pai Code: Your Single-Shot Agentic
9              AI Coding Companion.",
10         epilog="Use 'pai config set <API_KEY>' to
11             configure. Run 'pai' to start the intelligent
12             agent."
13     )
14     subparsers = parser.add_subparsers(dest='command',
15                                         help='Available commands')
16
17     # Main agent command (default)
18     parser_auto = subparsers.add_parser('auto', help='
19         Start the single-shot AI agent session.')
20     parser_auto.add_argument('--model', type=str, help='
21         LLM model name (e.g., gemini-2.5-flash-lite)')
22     parser_auto.add_argument('--temperature', type=float,
23                             help='LLM sampling temperature (e.g., 0.2)')
24
25     # Simplified config management
26     parser_config = subparsers.add_parser('config', help='
27         Manage API key configuration')
28     config_subparsers = parser_config.add_subparsers(dest=
29             'config_cmd', help='Config commands')
30
31

```

```

22     parser_config_set = config_subparsers.add_parser('set'
23         , help='Set API key')
24     parser_config_set.add_argument('api_key', type=str,
25         help='Google Gemini API key')
26
27     parser_config_show = config_subparsers.add_parser(
28         'show', help='Show current API key (masked)')
29
30     parser_config_remove = config_subparsers.add_parser(
31         'remove', help='Remove stored API key')
32
33     parser_config_validate = config_subparsers.add_parser(
34         'validate', help='Validate current API key')
35
36     config_group = parser_config.
37         add_mutually_exclusive_group(required=False)
38     config_group.add_argument('--set', type=str, metavar=
39         'API_KEY', help='Set or update the API key (
40             DEPRECATED)')
41     config_group.add_argument('--show', action='
42         store_true', help='Show the currently configured
43             API key (DEPRECATED)')
44     config_group.add_argument('--remove', action='
45         store_true', help='Remove the stored API key (
46             DEPRECATED)')
47
48     args = parser.parse_args()
49
50     # Handle config commands
51     if args.command == 'config':
52         if args.config_cmd == 'set':
53             config.set_api_key(args.api_key)
54             return
55         elif args.config_cmd == 'show':
56             config.show_api_key()
57             return
58         elif args.config_cmd == 'remove':
59             config.remove_api_key()

```

```

48         return
49     elif args.config_cmd == 'validate':
50         is_valid, message = config.validate_api_key()
51         if is_valid:
52             ui.print_success(f"[OK] {message}")
53         else:
54             ui.print_error(f"[ERROR] {message}")
55         return
56     else:
57         parser_config.print_help()
58         return
59
60     # Legacy flags (kept for compatibility)
61     if getattr(args, 'set', None):
62         config.set_api_key(args.set)
63         return
64     if getattr(args, 'show', False):
65         config.show_api_key()
66         return
67     if getattr(args, 'remove', False):
68         config.remove_api_key()
69         return
70     # Default: start agent
71     # Check API key before starting
72     if not config.is_configured():
73         ui.print_error("[ERROR] No API key configured.")
74         ui.print_info("Use 'pai config set <API_KEY>' to
75                         set your Google Gemini API key.")
76         return 1
77
78     # Configure LLM runtime if flags provided
79     model = getattr(args, 'model', None)
80     temperature = getattr(args, 'temperature', None)
81     if model is not None or temperature is not None:
82         llm.set_runtime_model(model, temperature)
83
84     try:
85         agent.start_interactive_session()

```

```

85     except KeyboardInterrupt:
86         ui.print_info("\nSession terminated by user.")
87     except Exception as e:
88         ui.print_error(f"An error occurred during the
89             session: {e}")
90
91 if __name__ == "__main__":
92     main()

```

Listing A.7: Modul cli.py (lengkap, ASCII-only).

## ui.py

```

1 # paicode/ui.py
2
3 from rich.console import Console
4 from rich.panel import Panel
5 from rich.syntax import Syntax
6 from rich.theme import Theme
7 from rich.rule import Rule
8 from rich.box import ROUNDED
9 from rich.text import Text
10
11 # Define a custom theme for consistency
12 custom_theme = Theme({
13     "info": "dim default",
14     "success": "bold green",
15     "warning": "yellow",
16     "error": "bold red",
17     "action": "bold bright_blue",
18     "plan": "default",
19     "path": "underline italic bright_blue"
20 })
21
22 # Create a single console instance to be used across the
23 # application
24 console = Console(theme=custom_theme)

```

```

24
25 def print_success(message: str):
26     """Displays a success message with a checkmark icon.
27     """
28     console.print(f"[success][OK] {message}[/success]")
29
30 def print_error(message: str):
31     """Displays an error message with a cross icon."""
32     console.print(f"[error][ERROR] {message}[/error]")
33
34 def print_warning(message: str):
35     """Displays a warning message."""
36     console.print(f"[warning]! {message}[/warning]")
37
38 def print_info(message: str):
39     """Displays an informational message."""
40     console.print(f"[info]i {message}[/info]")
41
42 def print_action(message: str):
43     """Displays an action being performed by the agent.
44     """
45     console.print(f"[action]-> {message}[/action]")
46
47 def display_panel(content: str, title: str, language: str = None):
48     """Displays content within a panel, with optional
49     syntax highlighting."""
50     if language:
51         # Use Syntax for code highlighting
52         display_content = Syntax(content, language, theme
53             ="monokai", line_numbers=True)
54     else:
55         display_content = content
56
57     console.print(Panel(display_content, title=f"[bold
58         grey50]{title}[/bold grey50]", border_style="
59         grey50", expand=False))

```

```

55 | def print_rule(title: str):
56 |     """Displays a horizontal rule with a title."""
57 |     console.print(Rule(f"[bold]{title}[/bold]", style="grey50"))

```

Listing A.8: Modul ui.py (lengkap, ASCII-only).

## llm.py

```

1 import os
2 import warnings
3 import time
4
5 # Reduce noisy STDERR logs from gRPC/absl before
6 # importing Google SDKs.
7 # These settings aim to suppress INFO/WARNING/ERROR logs
8 # emitted by native libs
9 # that happen prior to Python log initialization.
10 os.environ.setdefault("GRPC_VERBOSITY", "NONE")
11 os.environ.setdefault("GRPC_LOG_SEVERITY", "ERROR")
12 # Abseil logging (used by some Google native deps). 3 ~
13 # FATAL-only
14 os.environ.setdefault("ABSL_LOGGING_MIN_LOG_LEVEL", "3")
15 # glog compatibility (some builds respect this env var)
16 os.environ.setdefault("GLOG_minloglevel", "3")
17 # Additional environment variables to suppress Google SDK
18 # warnings
19 os.environ.setdefault("GOOGLE_CLOUD_DISABLE_GRPC", "true")
20 os.environ.setdefault("GRPC_ENABLE_FORK_SUPPORT", "false")
21
22 # Suppress specific warnings
23 warnings.filterwarnings("ignore", category=UserWarning,
24                         module="google")
25 warnings.filterwarnings("ignore", message=".*ALTS.*")
26 warnings.filterwarnings("ignore", message=".*log messages
27                         before absl::InitializeLog.*")

```

```

22
23 import google.generativeai as genai
24 from . import config, ui
25
26 DEFAULT_MODEL = os.getenv("PAI_MODEL", "gemini-2.5-flash-
27   lite")
28 try:
29     DEFAULT_TEMPERATURE = float(os.getenv("PAI_TEMPERATURE", "0.3"))
30     # Clamp temperature to safe range
31     if DEFAULT_TEMPERATURE < 0.0:
32         DEFAULT_TEMPERATURE = 0.0
33     elif DEFAULT_TEMPERATURE > 2.0:
34         DEFAULT_TEMPERATURE = 2.0
35 except ValueError:
36     DEFAULT_TEMPERATURE = 0.3
37
38 # Global model holder
39 model = None
40 _runtime = {
41     "name": None,
42     "temperature": None,
43 }
44 def set_runtime_model(model_name: str | None = None,
45                       temperature: float | None = None):
46     """Set the runtime model configuration."""
47     global model, _runtime
48
49     # Update runtime settings
50     if model_name is not None:
51         _runtime["name"] = model_name
52     if temperature is not None:
53         temperature = max(0.0, min(2.0, temperature))
54         _runtime["temperature"] = temperature
55
56     # Reset model so it gets recreated with new settings
57     # on next use

```

```

56     model = None
57
58 # Initialize runtime settings (model will be created when
59 # needed)
60 _runtime = {
61     "name": DEFAULT_MODEL,
62     "temperature": DEFAULT_TEMPERATURE
63 }
64
65 def _prepare_runtime() -> bool:
66     """Configure API key and ensure model object exists.
67
68     Returns:
69         bool: True if successful, False otherwise.
70     """
71
72     global model
73
74     # Get single API key
75     api_key = config.get_api_key()
76
77     if not api_key:
78         ui.print_error("Error: No API key configured. Use
79             'pai config set <API_KEY>' .")
80         model = None
81         return False
82
83     try:
84         genai.configure(api_key=api_key)
85         if model is None:
86             # Build model using stored runtime prefs
87             name = _runtime.get("name") or DEFAULT_MODEL
88             temp = _runtime.get("temperature") if
89                 _runtime.get("temperature") is not None
90                 else DEFAULT_TEMPERATURE
91             generation_config = {"temperature": temp}
92             model = genai.GenerativeModel(name,
93                 generation_config=generation_config)
94         return True

```

```

89     except Exception as e:
90         ui.print_error(f"Failed to configure API key: {e}")
91         model = None
92         return False
93
94     def _is_rate_limit_error(error: Exception) -> bool:
95         """Detect if an exception is a rate limit error.
96
97         Args:
98             error: The exception to check
99
100        Returns:
101            True if it's a rate limit error, False otherwise
102        """
103
104        error_msg = str(error).lower()
105
106        # Common rate limit indicators
107        rate_limit_keywords = [
108            'rate limit', 'rate_limit', 'ratelimit',
109            'quota', 'quota exceeded',
110            'resource exhausted', 'resourceexhausted',
111            '429', 'too many requests',
112            'limit exceeded', 'requests per minute'
113        ]
114
115        return any(keyword in error_msg for keyword in
116        rate_limit_keywords)
117
118    def _clean_response_text(text: str) -> str:
119        """Clean markdown artifacts from LLM response.
120
121        Args:
122            text: Raw response text from LLM
123
124        Returns:
125            Cleaned text without markdown code blocks
126        """

```

```

125     cleaned_text = text.strip()
126
127     # Remove all common markdown code block patterns
128     code_block_prefixes = [
129         "```python", "```html", "```css", "```javascript"
130         , "```js",
131         "```typescript", "```ts", "```json", "```yaml", "
132         ```yml",
133         "```bash", "```sh", "```diff", "```xml", "```sql"
134         ,
135         "```java", "```cpp", "```c", "```go", "```rust",
136         "```ruby",
137         "```php", "```markdown", "```md", "```text", "```
138         txt", "```"
139     ]
140
141     for prefix in code_block_prefixes:
142         if cleaned_text.startswith(prefix):
143             cleaned_text = cleaned_text[len(prefix):].
144                         strip()
145             break
146
147     # Remove trailing code block markers
148     if cleaned_text.endswith("```"):
149         cleaned_text = cleaned_text[:-len("```")].strip()
150
151     # Remove any remaining language tags at the start
152     lines = cleaned_text.split('\n')
153     if lines and len(lines[0].strip()) < 20 and lines[0].
154         strip().lower() in [
155             'html', 'css', 'javascript', 'js', 'python',
156             'json', 'yaml',
157             'bash', 'sh', 'diff', 'xml', 'sql', 'java', 'cpp',
158             , 'c', 'go',
159             'rust', 'ruby', 'php', 'markdown', 'md', 'text',
160             'txt', 'on'
161         ]:
162             cleaned_text = '\n'.join(lines[1:]).strip()

```

```

153     return cleaned_text
154
155
156 def generate_text(prompt: str, call_purpose: str = "thinking") -> str:
157     """
158     Generate text with single API key - optimized for 2-
159     call system.
160
161     Args:
162         prompt: The prompt to send to the LLM
163         call_purpose: Purpose of the call for logging (e.
164             g., "planning", "execution")
165
166     Returns:
167         The cleaned response text, or empty string if
168         failed
169
170     """
171
172     global model
173
174     # Ensure model is configured
175     if model is None:
176         if not _prepare_runtime():
177             return ""
178
179     try:
180         # Show status with purpose
181         status_msg = f"[bold yellow]Agent {call_purpose
182             }..."
183
184         with ui.console.status(status_msg, spinner="dots"
185             ):
186             response = model.generate_content(prompt)
187
188         # Success! Clean and return the response
189         cleaned_text = _clean_response_text(response.text
190             )
191
192     except Exception as e:
193         logger.error(f"Error generating text: {e}")
194
195     return cleaned_text

```

```

184     # Log token usage if available (for optimization)
185     if hasattr(response, 'usage_metadata'):
186         usage = response.usage_metadata
187         ui.print_info(f"Tokens: {usage.
188                     prompt_token_count} -> {usage.
189                     candidates_token_count}")
190
191     return cleaned_text
192
193
194     except Exception as e:
195         is_rate_limit = _is_rate_limit_error(e)
196
197         if is_rate_limit:
198             ui.print_error("[ERROR] Rate limit reached.
199                         Please wait a few minutes before trying
200                         again.")
201             ui.print_info("Consider using a different API
202                         key if available.")
203
204         else:
205             ui.print_error(f"[ERROR] LLM API error: {e}")
206
207     return ""
208
209
210 def test_api_connection() -> bool:
211     """Test if API connection works."""
212     test_response = generate_text("Say 'Hello' if you can
213                                   hear me.", "connection test")
214
215     return len(test_response) > 0

```

Listing A.9: Modul llm.py (lengkap, ASCII-only).

## `__init__.py`

```

1 """Pai Code package.
2
3 This package provides a command-line based agentic AI for
4     software development.
5 """

```

```

5
6 --all__ = [
7     # Public modules
8     "agent",
9     "cli",
10    "config",
11    "llm",
12    "ui",
13    "workspace",
14 ]
15
16 --version__ = "0.1.0"

```

Listing A.10: Modul `__init__.py` (paicode package), ASCII-only.

### requirements.txt

```

1 google-generativeai>=0.5.4
2 python-dotenv>=1.0.1
3 rich>=13.7.1
4 Pygments>=2.16.0
5 prompt_toolkit>=3.0.43

```

Listing A.11: File requirements.txt

### setup.py

```

1 from setuptools import setup
2
3 if --name__ == "--main__":
4     setup()

```

Listing A.12: File setup.py (konfigurasi setuptools)

### setup.cfg

```

1 [metadata]
2 name = pai-code

```

```

3 version = 0.1.0
4 description = A command-line based agentic AI for
    software development.
5 long_description = file: README.md
6 long_description_content_type = text/markdown
7 author = gtkrshnaaa
8 author_email = gtkrshnaaa@email.com
9 license = MIT
10 license_files = LICENSE
11
12 [options]
13 packages = find:
14 python_requires = >=3.10
15 install_requires =
16     google-generativeai >=0.5.4
17     python-dotenv >=1.0.1
18     rich >=13.7.1
19     Pygments >=2.16.0
20 include_package_data = True
21
22 [options.packages.find]
23 where = .
24
25 [options.entry_points]
26 console_scripts =
27     pai = paicode.cli:main

```

Listing A.13: File setup.cfg (metadata dan konfigurasi paket)

## pyproject.toml

```

1 # pyproject.toml
2
3 [build-system]
4 requires = ["setuptools >=61", "wheel"]
5 build-backend = "setuptools.build_meta"

```

Listing A.14: File pyproject.toml (konfigurasi build system)

## makefile

```
1 .PHONY: run export-all install venv-activate setup
2           install-cli uninstall-cli
3
4 install:
5     @if [ ! -d .venv ]; then \
6         echo "[install] Creating virtual environment at .venv"
7         ; \
8         python3 -m venv .venv; \
9     else \
10        echo "[install] Reusing existing virtual environment
11          at .venv"; \
12    fi
13
14 . .venv/bin/activate; python -m pip install --upgrade
15   pip setuptools wheel
16 . .venv/bin/activate; pip install -r requirements.txt
17 . .venv/bin/activate; pip install -e .
18
19 run:
20   . .venv/bin/activate; python -m paicode.cli auto
21
22 export-all:
23     @mkdir -p z_project_list
24     @echo "Exporting project files to z_project_list/
25       listing.txt..."
26     @rm -f z_project_list/listing.txt
27     @for f in $$($(find . -type f \
28       -not -path '*/\.*' \
29       -not -path '*/__pycache__/*' \
30       -not -path '*.egg-info/*' \
31       -not -path './z_project_list/*' \
32       -not -name ".gitkeep" \
33     | sort); do \
34       echo "==== $$f ===" >> z_project_list/listing.txt; \
35       cat $$f >> z_project_list/listing.txt; \
36       echo "\n" >> z_project_list/listing.txt; \
37     done
```

```

32     @echo "Export complete."
33
34 venv-activate:
35     @echo "To activate the virtual environment, run:"
36     @echo "  source .venv/bin/activate"
37
38 setup: install install-cli
39     @echo "Pai CLI installed. Ensure $$HOME/.local/bin is
40       in your PATH, then run: pai"
41
42 install-cli:
43     @mkdir -p $(HOME)/.local/bin
44     @echo "Installing launcher to $(HOME)/.local/bin/pai"
45     @echo '#!/usr/bin/env bash' > $(HOME)/.local/bin/pai
46     @echo '# Suppress noisy gRPC/absl logs' >> $(HOME)/.
47           local/bin/pai
48     @echo 'export GRPC_VERBOSITY="NONE"' >> $(HOME)/.local/
49           bin/pai
50     @echo 'export GRPC_LOG_SEVERITY="ERROR"' >> $(HOME)/.
51           local/bin/pai
52     @echo 'export ABSL_LOGGING_MIN_LOG_LEVEL="3"' >> $(HOME)
53           /.local/bin/pai
54     @echo 'export GLOG_minloglevel="3"' >> $(HOME)/.local/
55           bin/pai
56     @echo 'export GOOGLE_CLOUD_DISABLE_GRPC="true"' >> $(
57           HOME)/.local/bin/pai
58     @echo 'export GRPC_ENABLE_FORK_SUPPORT="false"' >> $((
59           HOME)/.local/bin/pai
60     @echo 'SCRIPT_DIR="$$($ cd $$$(dirname $$${BASH_SOURCE
61           [0]})" && pwd)"' >> $(HOME)/.local/bin/pai
62     @echo 'APPDIR="$($ shell pwd)"' >> $(HOME)/.local/bin/pai
63     @echo 'VENVDIR="$$APPDIR/.venv"' >> $(HOME)/.local/bin/
64           pai
65     @echo 'PY="$$VENVDIR/bin/python"' >> $(HOME)/.local/bin
66           /pai
67     @echo '# Redirect stderr to suppress remaining warnings
68       ' >> $(HOME)/.local/bin/pai

```

```

57 @echo 'if [ -x "$$VENVDIR/bin/pai" ]; then' >> $(HOME)
58     .local/bin/pai
59 @echo '  exec $$VENVDIR/bin/pai" $$@" 2>/dev/null' >>
60     $(HOME)/.local/bin/pai
61 @echo 'elif [ -x "$$PY" ]; then' >> $(HOME)/.local/bin/
62     pai
63 @echo '  exec $$PY" -m paicode.cli " $$@" 2>/dev/null'
64     >> $(HOME)/.local/bin/pai
65 @echo 'else' >> $(HOME)/.local/bin/pai
66 @echo '  exec python3 -m paicode.cli " $$@" 2>/dev/null'
67     >> $(HOME)/.local/bin/pai
68 @echo 'fi' >> $(HOME)/.local/bin/pai
69 @chmod +x $(HOME)/.local/bin/pai
70 @# Ensure ~/.local/bin is in PATH (append to ~/.bashrc
71     if missing)
72 @if [ -f $(HOME)/.bashrc ]; then \
73     grep -qxF 'export PATH="$$HOME/.local/bin:$$PATH"' $(
74         HOME)/.bashrc || printf '\n# Added by pai install-
75         cli\nexport PATH="$$HOME/.local/bin:$$PATH"\n' >>
76     $(HOME)/.bashrc; \
77 fi
78 @echo "Ensured PATH includes $$HOME/.local/bin in
79     $$HOME/.bashrc. Run: 'source $$HOME/.bashrc' or open
80     a new terminal."
81 @echo "Done. Ensure $(HOME)/.local/bin is in your PATH.
82     Try running: pai --help"
83
84 uninstall-cli:
85 @rm -f $(HOME)/.local/bin/pai
86 @# Remove PATH line added by install-cli (safe if
87     absent)
88 @sed -i '/^# Added by pai install-cli$/d' $(HOME)/.
89     bashrc || true
90 @sed -i '/^export PATH="\$HOME/\$.local\$/bin:\$PATH"$/d
91     ' $(HOME)/.bashrc || true
92 @echo "Launcher removed: $(HOME)/.local/bin/pai"

```

Listing A.15: File makefile (task automation untuk development dan deployment)

---

## Bibliografi

- [1] Rohan Anil, Yuntao Bai, Xinyun Chen, et al. Gemini: A family of highly capable multimodal models. *arXiv preprint arXiv:2312.11805*, 2023.
- [2] Tom Brown, Benjamin Mann, Nick Ryder, Melanie Subbiah, et al. Language models are few-shot learners. In *NeurIPS*, 2020.
- [3] Paul Gauthier. Aider: Ai pair programming in your terminal. <https://github.com/paul-gauthier/aider>, 2023.
- [4] GitHub. Github copilot: Your ai pair programmer. <https://github.com/features/copilot>, 2021.
- [5] Guohao Li et al. Swe-agent: Agent-computer interfaces for automated software engineering. *arXiv preprint arXiv:2405.15793*, 2024.
- [6] Meta AI. Llama 2: Open foundation and fine-tuned chat models. *arXiv preprint arXiv:2307.09288*, 2023.
- [7] OpenAI. Gpt-4 technical report. *arXiv preprint arXiv:2303.08774*, 2023.
- [8] OpenDevin Team. Opendevin: An open source autonomous ai software engineer. <https://github.com/OpenDevin/OpenDevin>, 2024.
- [9] Timo Schick, Jane Sch"utz, Jane Dwivedi-Yu, et al. Toolformer: Language models can teach themselves to use tools. *arXiv preprint arXiv:2302.04761*, 2023.
- [10] Hugo Touvron, Thibaut Lavril, Gautier Izacard, et al. Llama: Open and efficient foundation language models. *arXiv preprint arXiv:2302.13971*, 2023.
- [11] Shunyu Yao, Jeffrey Zhao, Dian Yu, et al. React: Synergizing reasoning and acting in language models. In *ICLR*, 2023.