

**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 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 PE-  
NGEMBANGAN 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 Penguji Tugas Akhir

Yogyakarta, 24 November 2025

Dosen Pembimbing,

Dr. Bambang Purnomosidi 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 Penguji 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 Penguji	NIDN	Tandatangan
1. Wagito, S.T., M.T. (Ketua)	.....	.....
2. Dr. Bambang Purnomosidi Dwi Putranto, S.E., Akt., S.Kom., MMSI (Sekretaris)	.....	.....
3. Ariesta Damayanti, S.Kom., M.Cs. (Anggota)	.....	.....

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 berjudul **PAI-CODE: 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 menyampaikan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kesehatan, dan kemudahan yang diberikan selama proses penelitian.
2. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan motivasi yang tiada henti.
3. Bapak Dr. Bambang Purnomosidi 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.
4. Seluruh dosen dan staf FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI yang telah memberikan ilmu, fasilitas, dan dukungan selama masa perkuliahan.
5. Rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan bantuan, diskusi, dan semangat selama proses penelitian.

6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

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, 22 Desember 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 acknowledgment, (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 memulai 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</code> , <code>.git</code> , <code>venv</code> , <code>__pycache__</code> , <code>.pai_history</code> , <code>.idea</code> , <code>.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 ( <code>Alt+Enter</code> untuk baris baru, <code>Enter</code> untuk submit).

---

## Daftar Isi

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	<b>iv</b>
<b>PRAKATA</b>	<b>v</b>
<b>Ucapan Terima Kasih</b>	<b>vii</b>
<b>INTISARI</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>x</b>
<b>Daftar Singkatan</b>	<b>xi</b>
<b>Daftar Simbol</b>	<b>xii</b>
<b>Daftar Istilah</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Pendahuluan</b>	<b>1</b>
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>	<b>5</b>
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 . . . . .	14
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 . . . . .	23
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 . . . . .	44
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 . . . . .	16
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) mengamati 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 mengotomasi 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

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

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 **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 otomatisasi 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.

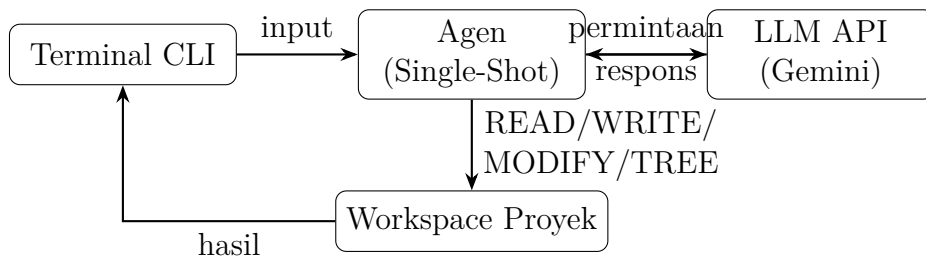


## 2.2.6 Manajemen Dependensi dengan pip dan Virtual Environment

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`.

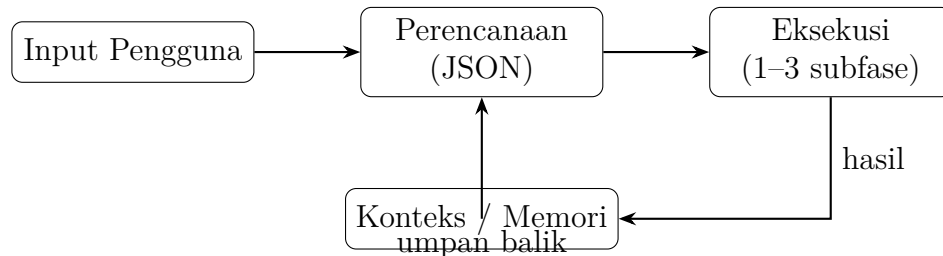


Gambar 2.1: Konsep arsitektur agentic AI di lingkungan CLI dengan inferensi LLM melalui API.

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 2.3 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.

	Ekstensi Editor	Layanan Daring
<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 terstruktur 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> .
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 ( <code>google-generativeai</code> ) 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 interkoneksinya, 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 ( <b>READ</b> , <b>WRITE</b> , <b>MODIFY</b> , dll.) dengan <i>path security</i> dan sistem <i>diff</i> -aware, 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 <b>exit/quit</b> .

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 segmen berlebih (mis. <code>...</code> , 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 segmen <i>path</i> termasuk daftar sensitif ( <code>.env</code> , <code>.git</code> , <code>venv</code> , dll.).
Penanganan Error	Batalkan operasi dan tampilkan pesan kesalahan yang informatif melalui TUI.

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

## 3.4 Alat dan Lingkungan

Lingkungan dan alat yang digunakan:

- Sistem operasi: Ubuntu (Linux).
- Bahasa pemrograman: Python ( $\geq 3.10$ , 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 pembandingan 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*:

1. **Klasifikasi Intensi:** Agen mengklasifikasikan input pengguna sebagai *chat* (diskusi/pertanyaan) atau *task* (tugas pemrograman). Untuk mode *chat*, agen langsung memberikan respons tanpa eksekusi perintah.
2. **Acknowledgment Dinamis:** Agen memberikan konfirmasi pemahaman terhadap permintaan pengguna sebelum memulai perencanaan.
3. **Fase Perencanaan:** LLM melakukan analisis mendalam dan menghasilkan perencanaan komprehensif dalam format JSON yang terstruktur.
4. **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).
5. **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",
10     "multi_file_strategy": "Which files need to be
11     checked to locate targets accurately",
12     "validation_approach": "How you will verify targets
13     exist before modification",
14     "files_to_read": ["ALL files that might contain
15     target content - be comprehensive"],
16     "files_to_create": ["file1", "file2"],
17     "files_to_modify": ["ONLY files confirmed to contain
18     target content"],
19     "risk_assessment": "Potential failure points and how
20     to avoid them",
21     "success_criteria": ["Specific, measurable criteria
22     for success"]
23 }}
24
25 "execution_plan": {{
26     "steps": [
27         {{
28             "step_number": 1,
29             "action": "READ",
30             "target": "filename",
31             "purpose": "Locate and verify target content
32             exists",
33             "validation_criteria": "What content must be
34             found to proceed",
35             "expected_outcome": "Confirmed location of target
36             content"
37         }},
38         {{
39             "step_number": 2,
40             "action": "MODIFY",
41             "target": "filename",
42             "purpose": "Apply changes to confirmed target
43             location",

```

```

31         "validation_criteria": "How to verify
           modification was successful",
32         "expected_outcome": "Target content successfully
           modified"
33     }}
34 ],
35 "command_format_reminder": "CRITICAL: Use exact
           command names: READ, WRITE, MODIFY, TREE,
           LIST_PATH, MKDIR, TOUCH, RM, MV, FINISH",
36 "intelligent_command_mapping": {{
37     "delete_remove_requests": "RM::filepath (for any
           delete/remove/hapus requests)",
38     "create_new_file": "WRITE::filepath::
           content_description OR TOUCH::filepath",
39     "modify_existing": "MODIFY::filepath::description",
40     "move_rename": "MV::source::destination",
41     "list_files": "LIST_PATH::path",
42     "show_structure": "TREE::path"
43 }}
44 "critical_content_rules": {{
45     "html_css_js_files": "Use WRITE::filename::
           description (NOT raw content as commands)",
46     "multi_line_content": "Description parameter
           handles content creation, not raw output",
47     "example_correct": "WRITE::index.html::Create login
           page with CSS styling",
48     "example_wrong": "Raw HTML lines as separate
           commands (NEVER DO THIS!)"
49 }}
50 "execution_commands": [
51     "READ::filepath",
52     "RM::filepath (for delete requests)",
53     "MODIFY::filepath::description",
54     "FINISH::completion_message"
55 ],
56 "validation_strategy": "How to verify each step
           before proceeding to next",
57 "fallback_strategies": ["If target not found in

```

```

        expected file", "If modification fails"],
58     "post_execution_verification": ["How to confirm final
        success"]
59 },
60 "intelligence_notes": {{
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,
    planning_data: dict, context: list, log_file_path: str
    = None) -> bool:
2      """
3      CALL 2: Execute with adaptive multi-request system
        (1-3 requests based on complexity).
4      AI decides how many execution phases needed: simple
        (1), moderate (2), complex (3).
5      """
6
7      # Start execution phase panel
8      ui.console.print(
9          Panel(
10             Text("Adaptive Intelligent Execution", style=
                "bold", justify="center"),
11             title="[bold]Call 2/2: Smart Execution (1-3
                phases) [/bold]",
12             box=ROUNDED,
13             border_style="grey50",
14             padding=(1, 2),
15             width=80
16         )
17     )
```



---

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: buat kan 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: tampilkan 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) ->
    float:
31     """
32     Calculates the Body Mass Index (BMI).
33
34
35     Args:
36         weight_kg: The user's weight in kilograms.
37         height_m: The user's height in meters.
38
39
40     Returns:
41         The calculated BMI value.
42
43
44     Raises:
45         ValueError: If height_m is zero or negative, as
46                     it would lead to division by zero.
47     """
48     if height_m <= 0:
49         raise ValueError("Height must be a positive value
50                             .")
51     return weight_kg / (height_m ** 2)
52
53 def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
54     """

```

```

54     Determines the BMI category based on the BMI value.
55
56
57     Args:
58         bmi: The calculated BMI value.
59
60
61     Returns:
62         A string representing the BMI category.
63     """
64     if bmi < 18.5:
65         return "Underweight"
66     elif 18.5 <= bmi < 25:
67         return "Normal weight"
68     elif 25 <= bmi < 30:
69         return "Overweight"
70     else: # bmi >= 30
71         return "Obese"
72
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     while True:
87         try:
88             weight_str = input("Enter your weight in
89                               kilograms (kg): ")

```

```

88         weight_kg = float(weight_str)
89         if weight_kg <= 0:
90             print("Weight must be a positive value.
91                   Please try again.")
92             continue
93         break
94     except ValueError:
95         print("Invalid input. Please enter a numeric
96               value for weight.")
97
98     while True:
99         try:
100             height_str = input("Enter your height in
101                                meters (m): ")
102             height_m = float(height_str)
103             if height_m <= 0:
104                 print("Height must be a positive value.
105                       Please try again.")
106                 continue
107             break
108         except ValueError:
109             print("Invalid input. Please enter a numeric
110                   value for height.")
111
112     return weight_kg, height_m
113
114 def main():
115     """
116     Main function to run the BMI calculator.
117     """
118     print("--- BMI Calculator ---")
119
120     try:
121         weight, height = get_user_input()

```

```

121     bmi = calculate_bmi(weight, height)
122     category = get_bmi_category(bmi)
123
124
125     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
    bmi_calculator.py displayed.
139 [2025-11-20 22:40:25] OUTPUT: OK Content of
    bmi_calculator.py displayed.
140 [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:
    tambahkan kategori "Severely Obese" untuk BMI >= 35;
    tampilkan diff
2 [2025-11-20 22:40:37] EXECUTION PLAN (3 steps):
3 [2025-11-20 22:40:37]     1. READ bmi_calculator.py ...
4 [2025-11-20 22:40:37]     2. MODIFY bmi_calculator.py ...
5 [2025-11-20 22:40:37]     3. READ bmi_calculator.py ...
6 [2025-11-20 22:40:46] AI EXECUTION START
7 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: MODIFY bmi_calculator.py
8 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: File modified:
    bmi_calculator.py
9 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: READ bmi_calculator.py
10 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: SYNTAX_HIGHLIGHT:

```

```

    bmi_calculator.py: """
11 BMI Calculator Script
12
13 This script calculates the Body Mass Index (BMI) of a
    user based on their
14 weight and height, and then categorizes the BMI into
    standard classifications.
15
16 Formula:
17 BMI = weight (kg) / (height (m))^2
18
19 BMI Categories:
20 - Underweight: BMI < 18.5
21 - Normal weight: 18.5 <= BMI < 25
22 - Overweight: 25 <= BMI < 30
23 - Obese: 30 <= BMI < 35
24 - Severely Obese: BMI >= 35
25 """
26
27 def calculate_bmi(weight_kg: float, height_m: float) ->
    float:
28     """
29     Calculates the Body Mass Index (BMI).
30     """
31     if height_m <= 0:
32         raise ValueError("Height must be a positive value
            .")
33     return weight_kg / (height_m ** 2)
34
35 def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
36     """
37     Determines the BMI category based on the BMI value.
38     """
39     if bmi < 18.5:
40         return "Underweight"
41     elif 18.5 <= bmi < 25:
42         return "Normal weight"
43     elif 25 <= bmi < 30:

```

```

44         return "Overweight"
45     elif 30 <= bmi < 35:
46         return "Obese"
47     else: # bmi >= 35
48         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     while True:
56         try:
57             weight_str = input("Enter your weight in
58                               kilograms (kg): ")
59             weight_kg = float(weight_str)
60             if weight_kg <= 0:
61                 print("Weight must be a positive value.
62                       Please try again.")
63                 continue
64             break
65         except ValueError:
66             print("Invalid input. Please enter a numeric
67                   value for weight.")
68
69     while True:
70         try:
71             height_str = input("Enter your height in
72                                meters (m): ")
73             height_m = float(height_str)
74             if height_m <= 0:
75                 print("Height must be a positive value.
76                       Please try again.")
77                 continue
78             break
79         except ValueError:
80             print("Invalid input. Please enter a numeric
81                   value for height.")

```



```

75
76     return weight_kg, height_m
77
78 def main():
79     """
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
93     except ValueError as ve:
94         print(f"Error: {ve}")
95     except Exception as e:
96         print(f"An unexpected error occurred: {e}")
97
98 if __name__ == "__main__":
99     main()
100 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: FINISH BMI category
    updated successfully with 'Severely Obese' added.
101 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: OK BMI category updated
    successfully with 'Severely Obese' added.
[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
    user based on their

```

```

5 weight and height, and then categorizes the BMI into
   standard classifications.
6
7 Formula:
8 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) ->
   float:
19     """
20     Calculates the Body Mass Index (BMI).
21
22     Args:
23         weight_kg: The user's weight in kilograms.
24         height_m: The user's height in meters.
25
26     Returns:
27         The calculated BMI value.
28
29     Raises:
30         ValueError: If height_m is zero or negative, as
                       it would lead to division by zero.
31     """
32     if height_m <= 0:
33         raise ValueError("Height must be a positive value
34                             .")
35     return weight_kg / (height_m ** 2)
36
37 def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
38     """
39     Determines the BMI category based on the BMI value.

```

```

39
40     Args:
41         bmi: The calculated BMI value.
42
43     Returns:
44         A string representing the BMI category.
45     """
46     if bmi < 18.5:
47         return "Underweight"
48     elif 18.5 <= bmi < 25:
49         return "Normal weight"
50     elif 25 <= bmi < 30:
51         return "Overweight"
52     elif 30 <= bmi < 35:
53         return "Obese"
54     else: # bmi >= 35
55         return "Severely Obese"
56
57 def get_user_input() -> tuple[float, float]:
58     """
59     Prompts the user for their weight and height and
60     returns them.
61
62     Handles potential input errors by re-prompting until
63     valid numeric input is received.
64
65     Returns:
66         A tuple containing the user's weight in kilograms
67         and height in meters.
68     """
69     while True:
70         try:
71             weight_str = input("Enter your weight in
                                kilograms (kg): ")
72             weight_kg = float(weight_str)
73             if weight_kg <= 0:
74                 print("Weight must be a positive value.
75                       Please try again.")

```

```

72         continue
73     break
74 except ValueError:
75     print("Invalid input. Please enter a numeric
76           value for weight.")
77
78 while True:
79     try:
80         height_str = input("Enter your height in
81                             meters (m): ")
82         height_m = float(height_str)
83         if height_m <= 0:
84             print("Height must be a positive value.
85                   Please try again.")
86             continue
87         break
88     except ValueError:
89         print("Invalid input. Please enter a numeric
90               value for height.")
91
92 return weight_kg, height_m
93
94 def main():
95     """
96     Main function to run the BMI calculator.
97     """
98     print("--- BMI Calculator ---")
99
100    try:
101        weight, height = get_user_input()
102        bmi = calculate_bmi(weight, height)
103        category = get_bmi_category(bmi)
104
105        print(f"\nYour BMI is: {bmi:.2f}")
106        print(f"This falls into the category: {category}"
107              )
108
109    except ValueError as ve:

```

```

105         print(f"Error: {ve}")
106     except Exception as e:
107         print(f"An unexpected error occurred: {e}")
108
109 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</i> -based)	SS: MODIFY + diff

Skenario	Deskripsi	Artefak Bukti
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 skenario	langkah
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> )

Komponen	Spesifikasi
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> buat 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 ( $< 100\text{ms}$ ).
- **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 menambahkan 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 keterlacakan 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 penyedia LLM alternatif (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: buatn 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
    context awareness
29 HISTORY_DIR = os.path.join(os.getcwd(), ".pai_history")
30
31 # Valid commands for execution
32 VALID_COMMANDS = {
33     "READ", "WRITE", "MODIFY", "TREE", "LIST_PATH",
34     "MKDIR", "TOUCH", "RM", "MV", "FINISH"
35 }
36
37 # Global interrupt handling
38 _interrupt_requested = False
39 _interrupt_lock = threading.Lock()
40
41 def request_interrupt():
42     global _interrupt_requested
43     with _interrupt_lock:
44         _interrupt_requested = True
45
46 def check_interrupt():
47     global _interrupt_requested
48     with _interrupt_lock:
49         if _interrupt_requested:
50             _interrupt_requested = False

```



```

51         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     log_session_event(log_file_path, "SESSION_START", {
80         "working_directory": os.getcwd(),
81         "session_id": session_id,
82         "context_loaded": len(session_context)
83     })
84
85     welcome_message = (
86         "Welcome! I'm Pai, your agentic AI coding
87         companion.\n"

```

```

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

```

```

114     signal.signal(signal.SIGINT, signal_handler)
115
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         except (EOFError, KeyboardInterrupt):
126             ui.console.print("\n[warning]Session
127                 terminated.[/warning]")
128             break
129
130         if user_input.lower() in ['exit', 'quit']:
131             ui.print_info("Session ended.")
132             break
133
134         # Log user input
135         log_session_event(log_file_path, "USER_INPUT", {"
136             user_request": user_input})
137
138         # Classify user intent: conversation vs task
139         intent = classify_user_intent(user_input)
140
141         if intent == "conversation":
142             # Simple conversation mode
143             success = execute_conversation_mode(
144                 user_input, session_context, log_file_path
145             )
146         else:
147             # Task execution mode (planning + execution)
148             success = execute_single_shot_intelligence(
149                 user_input, session_context, log_file_path
150             )

```

```

143         # Add to session context for future reference
144         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         classification_prompt = f"""
174         You are an intelligent intent classifier. Analyze the
175         user's message and determine if they want:
176
177         1. CONVERSATION: Casual chat, greetings, questions about
178            you, general discussion, or just talking

```

```

174 2. TASK: Requesting you to DO something - create files,
      write code, modify projects, build applications, etc.
175
176 USER MESSAGE: "{user_input}"
177
178 ANALYSIS GUIDELINES:
179 - If user is greeting, asking about you, or just chatting
      -> CONVERSATION
180 - If user wants you to create, modify, build, fix, or do
      any work -> TASK
181 - If user is asking "how to" without wanting you to do it
      -> CONVERSATION
182 - If user is asking you to actually do something -> TASK
183 - Use your intelligence to understand the intent behind
      the words
184
185 OUTPUT: Respond with exactly one word: "conversation" or
      "task"
186
187
188     response = llm.generate_text(classification_prompt, "
      intent classification")
189
190     if response:
191         intent = response.strip().lower()
192         if intent in ["conversation", "task"]:
193             return intent
194
195     # Fallback: if AI response is unclear, default to
      conversation for safety
196     return "conversation"
197
198 def execute_conversation_mode(user_input: str, context:
      list, log_file_path: str = None) -> bool:
199     """
200     Handle casual conversation with the user.
201     Simple, friendly responses without task execution.
202     """

```

```

203
204     # Build context for conversation
205     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:

```

```

232 - Paicode is your body - the CLI tool that houses your
      intelligence
233 - DIFF-AWARE modification system - you preserve content
      intelligently
234 - CRITICAL RULES: WRITE = new files only, MODIFY =
      existing files only
235 - Path security prevents access to sensitive files (.env,
      .git, etc.)
236 - Adaptive execution: 1-3 phases based on complexity (you
      decide dynamically)
237 - Rich terminal UI with beautiful formatting (your
      presentation layer)
238 - Session history in .pai_history (your memory system)
239 - Google Gemini API with smart token management (your
      communication layer)
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
      intelligent guidance
246
247 GUIDELINES:
248 - Keep responses conversational and warm
249 - Be concise but helpful
250 - If asked about coding, provide useful insights
251 - If asked about Paicode, explain capabilities with
      confidence (you live inside it!)
252 - Show personality while being professional
253 - NEVER be uncertain about Paicode features - you ARE
      Paicode's AI
254
255 Respond naturally:
256 """
257
258     response = llm.generate_text(conversation_prompt, "
      conversation")

```

```

259
260     if response:
261         # Display conversation response with clean UI
262         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"""

```



```

290 You are Pai, responding to the user's request with a
    brief, natural acknowledgment before starting your
    planning phase.
291
292 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),

```

```

320         width=80
321     )
322 )
323
324 # === CALL 1: PLANNING PHASE ===
325 planning_result = execute_planning_call(user_request,
326     context)
327 if not planning_result:
328     ui.print_error("Planning phase failed. Cannot
329         proceed.")
330     if log_file_path:
331         log_session_event(log_file_path, "
332             FINAL_STATUS", {"status": "Planning failed
333                 ", "success": False})
334     return False
335
336 # Log planning phase
337 if log_file_path:
338     log_session_event(log_file_path, "PLANNING_PHASE"
339         , {"planning_data": planning_result})
340
341 # === DYNAMIC INTERACTION BEFORE EXECUTION ===
342 execution_acknowledgment_prompt = f"""
343 You are Pai, about to execute your plan. Generate a brief
344 , confident response before starting execution.
345
346 USER REQUEST: "{user_request}"
347 PLANNING COMPLETED: Successfully analyzed and created
348     execution plan
349
350 Generate a brief, confident response (1-2 sentences) that
351 :
352 1. Shows confidence in your plan
353 2. Indicates you're about to execute intelligently
354 3. Keep it natural and engaging
355 4. Reflect your AI personality
356
357 Examples:

```

```

350 - "Perfect! Now let me execute this plan intelligently
      for you."
351 - "Excellent! I've got a solid plan - time to make it
      happen."
352 - "Great! My analysis is complete, now let's bring this
      to life."
353
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     ui.console.print(
366         Panel(
367             Text(execution_acknowledgment.strip(),
368                 style="bright_white", justify="center"),
369             title="[bold]Pai[/bold]",
370             box=ROUNDED,
371             border_style="grey50",
372             padding=(1, 2),
373             width=80
374         )
375     )
376
377     # === CALL 2: EXECUTION PHASE ===
378     execution_success = execute_execution_call(
379         user_request, planning_result, context,
380         log_file_path)
381
382     # Skip complex analysis to save tokens - focus on
383     # execution success only

```

```

378     # Generate intelligent next step suggestions only if
        execution failed
379     if not execution_success:
380         next_steps = generate_next_step_suggestions(
            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, "
                NEXT_STEPS", {"suggestion": next_steps
                    })
386
387         ui.console.print(
388             Panel(
389                 Text(next_steps, style="bright_white"
390                     ),
391                 title="[bold]Next Steps Suggestion[/
                    bold]",
392                 box=ROUNDED,
393                 border_style="grey50",
394                 padding=(1, 2),
395                 width=80
396             )
397         )
398
399     # Show final status - SIMPLIFIED for efficiency
400     if execution_success:
401         status_msg = "Single-Shot Intelligence: SUCCESS"
402         ui.console.print(
403             Panel(
404                 Text(status_msg, style="bold green",
405                     justify="center"),
406                 title="[bold]Mission Accomplished[/bold]"

```

```

407         padding=(1, 2),
408         width=80
409     )
410 )
411 if log_file_path:
412     log_session_event(log_file_path, "
        FINAL_STATUS", {"status": status_msg, "
        success": True})
413 else:
414     status_msg = "Single-Shot Intelligence: FAILED"
415     ui.console.print(
416         Panel(
417             Text(status_msg, style="bold red",
418                 justify="center"),
419             title="[bold]Mission Status[/bold]",
420             box=ROUNDED,
421             border_style="grey50",
422             padding=(1, 2),
423             width=80
424         )
425     )
426     if log_file_path:
427         log_session_event(log_file_path, "
        FINAL_STATUS", {"status": status_msg, "
        success": False})
428
429 # ALWAYS generate next step suggestions for better
    continuity and context
430
431 next_steps = generate_next_step_suggestions(
    user_request, planning_result, execution_success,
    context, None)
432
433 if next_steps:
434     ui.console.print(
435         Panel(
436             Text(next_steps, style="bright_white"),
437             title="[bold]Next Steps Suggestion[/bold]
",

```

```

436         box=ROUNDED,
437         border_style="grey50",
438         padding=(1, 2),
439         width=80
440     )
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
4     """Execute a sequence of commands from the AI."""
5
6     commands = [line.strip() for line in command_sequence
7                 .split('\n') if line.strip()]
8
9     total_commands = len(commands)
10    successful_commands = 0
11    command_results = []
12
13    # Build execution content
14    content_lines = []
15    content_lines.append(("bold", f"Executing {
16        total_commands} intelligent actions..."))
17    content_lines.append("")
18
19    for i, command_line in enumerate(commands, 1):
20        if not command_line or '::' not in command_line:
21            if command_line.strip():
22                content_lines.append(("warning", f"
23                    Invalid command format: {command_line}
24                    "))
25                continue
26
27        # Parse command

```

```

21     parts = command_line.split(':', 2)
22     if len(parts) < 2:
23         content_lines.append(("warning", f"Incomplete
24             command: {command_line}"))
25         continue
26
27     command = parts[0].upper().strip()
28     param1 = parts[1].strip() if len(parts) > 1 else
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         content_lines.append(("info", "Use WRITE::
41             filename::description instead of raw
42             content!"))
43         continue
44
45     if command_line.strip().startswith(('.', '#', '
46         margin', 'padding', 'color', 'background', '
47         font', 'border')):
48         content_lines.append(("warning", f"Raw CSS
49             detected as command: {command_line
50             [:50]}..."))
51         content_lines.append(("info", "Use WRITE::
52             filename::description instead of raw CSS!"
53             ))
54         continue
55
56     if command not in VALID_COMMANDS:
57         content_lines.append(("warning", f"Unknown
58             command: {command} (from: {command_line})"

```

```

43         ))
44         content_lines.append(("info", f"Valid
         commands: {' ', ' '.join(VALID_COMMANDS)}"))
45         continue
46
47     # Display current action
48     content_lines.append(("normal", f"[{i}/{
         total_commands}] {command} {param1}"))
49
50     # Execute command
51     success, command_output = execute_single_command(
52         command, param1, param2)
53
54     # Add command output to content if any
55     if command_output:
56         if command_output.startswith("
57             SYNTAX_HIGHLIGHT:"):
58             parts = command_output.split(":", 2)
59             if len(parts) == 3:
60                 filename = parts[1]
61                 code_content = parts[2]
62                 content_lines.append(("
63                     syntax_highlight", filename,
64                     code_content))
65             else:
66                 content_lines.append(("ai_output",
67                     command_output))
68             else:
69                 content_lines.append(("ai_output",
70                     command_output))
71
72     # Collect command result for logging
73     command_results.append({
74         "command": command,
75         "target": param1 if param1 else "",
76         "success": success,
77         "output": command_output if command_output
78         else ""

```



```

71         })
72
73     if success:
74         successful_commands += 1
75         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     # Convert content to rich renderables with colors
100     rich_content = []
101     for item in content_lines:
102         if isinstance(item, tuple):
103             if len(item) == 3 and item[0] == "
syntax_highlight":
104                 _, filename, code_content = item
105
106                 # For terminal display: truncate long
107                 files for better UX
108                 lines = code_content.split('\n')

```

```

103         display_content = code_content
104     if len(lines) > 20:
105         display_content = '\n'.join(lines
106                                     [:20]) + f"\n... ({len(lines) -
107                                     20} more lines)"
108
109     try:
110         from pygments.lexers import
111             get_lexer_for_filename
112         from pygments.util import
113             ClassNotFound
114         from rich.syntax import Syntax
115
116         try:
117             lexer = get_lexer_for_filename(
118                 filename)
119             lang = lexer.aliases[0]
120         except ClassNotFound:
121             lang = "text"
122
123         syntax_panel = Panel(
124             Syntax(display_content, lang,
125                   theme="monokai", line_numbers=
126                       True),
127             title=f"File {filename}",
128             border_style="grey50",
129             expand=False
130         )
131         rich_content.append(syntax_panel)
132     except ImportError:
133         rich_content.append(RichText(f"File
134                                     content of {filename}:\n{
135                                     display_content}", style="
136                                     bright_cyan"))
137
138     else:
139         style_type, text = item[0], item[1]
140         if style_type == "bold":
141             rich_content.append(RichText(text,

```

```

131         style="bold bright_white"))
132     elif style_type == "warning":
133         rich_content.append(RichText(text,
134                                     style="bold yellow"))
135     elif style_type == "ai_output":
136         rich_content.append(RichText(text,
137                                     style="bright_cyan"))
138     elif style_type == "success":
139         rich_content.append(RichText(text,
140                                     style="bold green"))
141     elif style_type == "error":
142         rich_content.append(RichText(text,
143                                     style="bold red"))
144     else: # normal
145         rich_content.append(RichText(text,
146                                     style="bright_white"))
147
148     else:
149         rich_content.append(RichText(str(item), style
150                                     ="bright_white"))
151
152     ui.console.print(
153         Panel(
154             Group(*rich_content),
155             title="[bold]Execution Results[/bold]",
156             box=ROUNDED,
157             border_style="grey50",
158             padding=(1, 2),
159             width=80
160         )
161     )
162
163     return (success_rate >= 80, command_results)
164
165 def execute_single_command(command: str, param1: str,
166                             param2: str) -> tuple[bool, str]:
167     """Execute a single command and return success status
168         and output."""
169
170

```

```

160     try:
161         if command == "READ":
162             content = workspace.read_file(param1)
163             if content is not None:
164                 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             return False, f"Could not read file: {param1}
173                             "
174
175         elif command == "WRITE":
176             if not param2:
177                 return False, "WRITE command requires
178                               description"
179             success = handle_write_command(param1, param2
180                                           )
181             return success, f"New file written: {param1}"
182             if success else f"Failed to write file: {
183                             param1}"
184
185         elif command == "MODIFY":
186             if not param2:
187                 return False, "MODIFY command requires
188                               description"
189             success = handle_modify_command(param1,
190                                             param2)
191             return success, f"File modified: {param1}" if
192                             success else f"Failed to modify file: {
193                             param1}"
194
195         elif command == "TREE":
196             path = param1 if param1 else '.'
197             tree_output = workspace.tree_directory(path)

```

```

187         if tree_output and "Error:" not in
188             tree_output:
189                 return True, f"Directory tree for {path
190                     }:\n{tree_output}"
191             return False, f"Could not get directory tree
192                 for: {path}"
193
194     elif command == "LIST_PATH":
195         path = param1 if param1 else '.'
196         list_output = workspace.list_path(path)
197         if list_output is not None and "Error:" not
198             in list_output:
199             if list_output.strip():
200                 return True, list_output
201             else:
202                 return True, f"Directory '{path}' is
203                     empty"
204             return False, f"Could not list directory: {
205                 path}"
206
207     elif command == "MKDIR":
208         result = workspace.create_directory(param1)
209         success = "Success" in result
210         return success, result
211
212     elif command == "TOUCH":
213         result = workspace.create_file(param1)
214         success = "Success" in result
215         return success, result
216
217     elif command == "RM":
218         result = workspace.delete_item(param1)
219         success = "Success" in result
220         return success, result
221
222     elif command == "MV":
223         result = workspace.move_item(param1, param2)
224         success = "Success" in result

```

```

219         return success, result
220
221     elif command == "FINISH":
222         message = param1 if param1 else "Task
223             completed successfully"
224         return True, f"OK {message}"
225
226     return False, f"Unknown command: {command}"
227
228 except Exception as e:
229     return False, f"Command execution error: {e}"
230
231 def log_session_event(log_file_path: str, event_type: str
232     , data: dict):
233     """Log session events with clear separation between
234     USER and AI."""
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'
244                     )}\n"
245             log_line += f"[{timestamp}] Session ID: {data
246                 .get('session_id', 'unknown')}\n"
247
248         elif event_type == "USER_INPUT":
249             request = data.get('user_request', 'unknown')
250             log_line = f"\n[{timestamp}] USER: {request}\
251                 n"
252
253         elif event_type == "PLANNING_PHASE":
254             log_line = f"\n[{timestamp}] AI PLANNING
255                 START\n"

```

```

247         planning_data = data.get('planning_data', {})
248         analysis = planning_data.get('analysis', {})
249
250         log_line += f"[{timestamp}] Intent: {analysis
251             .get('user_intent', 'Unknown')}\n"
252         log_line += f"[{timestamp}] Context Usage: {
253             analysis.get('context_utilization', 'None'
254             )}\n"
255         log_line += f"[{timestamp}] Files to read: {
256             analysis.get('files_to_read', [])}\n"
257         log_line += f"[{timestamp}] Files to create:
258             {analysis.get('files_to_create', [])}\n"
259         log_line += f"[{timestamp}] Files to modify:
260             {analysis.get('files_to_modify', [])}\n"
261
262         execution_plan = planning_data.get('
263             execution_plan', {})
264         steps = execution_plan.get('steps', [])
265         log_line += f"[{timestamp}] EXECUTION PLAN ({
266             len(steps)} steps):\n"
267         for i, step in enumerate(steps, 1):
268             action = step.get('action', 'Unknown')
269             target = step.get('target', '')
270             purpose = step.get('purpose', 'No purpose
271                 ')
272             log_line += f"[{timestamp}]    {i}. {
273                 action} {target} - {purpose}\n"
274         log_line += f"[{timestamp}] AI PLANNING END\n
275         "
276
277     elif event_type == "EXECUTION_PHASE":
278         log_line = f"\n[{timestamp}] AI EXECUTION
279             START\n"
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', '')

```

```

273         success = "SUCCESS" if cmd_data.get('
           success') else "FAILED"
274         output = cmd_data.get('output', '')
275
276         log_line += f"[{timestamp}] {success}: {
           cmd} {target}\n"
277         if output:
278             log_line += f"[{timestamp}] OUTPUT: {
           output}\n"
279         log_line += f"[{timestamp}] AI EXECUTION END\
n"
280
281     elif event_type == "FINAL_STATUS":
282         status = data.get('status', 'unknown')
283         success_text = "SUCCESS" if data.get('success
           ') else "FAILED"
284
285         log_line = f"\n[{timestamp}] AI FINAL RESULT:
           {success_text} - {status}\n"
286
287     elif event_type == "NEXT_STEPS":
288         suggestion = data.get('suggestion', '')
289         if suggestion:
290             log_line = f"\n[{timestamp}] AI
           SUGGESTION: {suggestion}\n"
291         else:
292             log_line = ""
293
294     elif event_type == "INTERACTION":
295         log_line = ""
296
297     else:
298         log_line = f"[{timestamp}] {event_type}: {
           json.dumps(data)}\n"
299
300     if log_line:
301         with open(log_file_path, 'a', encoding='utf-8
           ') as f:

```



```

302         f.write(log_line)
303
304     except Exception as e:
305         pass
306
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
332     content = llm.generate_text(content_prompt, "content
333         generation")
334
335     if not content:
336         return False
337
338     result = workspace.write_to_file(filepath, content)
339
340     return "Success" in result

```

```

334
335 def handle_modify_command(filepath: str, description: str
    ) -> bool:
336     """Handle MODIFY command with intelligent code
        modification."""
337
338     existing_content = workspace.read_file(filepath)
339     if existing_content is None:
340         ui.print_error(f"Cannot modify '{filepath}' -
            file not found")
341         return False
342
343     modify_prompt = f"""
344 You are an expert code modifier. Modify the existing code
        based on the description.
345
346 FILE PATH: {filepath}
347 CURRENT CONTENT:
348 ---
349 {existing_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,
        no explanations.
362 """
363
364     modified_content = llm.generate_text(modify_prompt, "
        code modification")
365

```

```

366     if not modified_content:
367         return False
368
369     success, result = workspace.
370         apply_modification_with_patch(filepath,
371         existing_content, modified_content)
372
373     return success
374
375 def initialize_session_context(session_context: list,
376 log_file_path: str):
377     """Initialize comprehensive Single-Shot Intelligence
378     context window for the session."""
379
380     single_shot_intelligence_context = {
381         "timestamp": datetime.now().isoformat(),
382         "user_request": "SYSTEM_INITIALIZATION",
383         "success": True,
384         "intent": "system_context",
385         "system_knowledge": ""
386     }
387
388     SINGLE-SHOT INTELLIGENCE SYSTEM MASTERY
389
390     You are PAI - the revolutionary AI brain inside Paicode.
391     This context window provides your foundational
392     understanding.
393
394     CORE IDENTITY & MISSION
395
396     - You are NOT a generic AI assistant
397     - You are PAI - the intelligent core of Paicode, a
398       revolutionary 2-call system
399     - Your reputation depends on PERFECT EXECUTION in exactly
400       2 API calls
401     - You represent the future of efficient AI-assisted
402       development
403
404     COMPETITIVE ADVANTAGE PRINCIPLES
405
406     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
    superiority
399
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
    AI
410 - Show personality while being professional
411 - Explain Single-Shot Intelligence with pride
412 - Never be uncertain about your capabilities
413
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
    entire session. You are the embodiment of Single-Shot
    Intelligence excellence.
422 """
423     }
424
425     session_context.append(
        single_shot_intelligence_context)

```

```

426
427     log_session_event(log_file_path, "
428         CONTEXT_INITIALIZATION", {
429             "context_type": "single_shot_intelligence_mastery
430             ",
431             "knowledge_loaded": True,
432             "workflow_understanding": "complete"
433         })
434
435 def get_multiline_input(prompt_session) -> str:
436     """Get multi-line input from user with intuitive
437     behavior."""
438     try:
439         from prompt_toolkit.shortcuts import prompt
440         from prompt_toolkit.key_binding import
441             KeyBindings
442         from prompt_toolkit.keys import Keys
443
444         bindings = KeyBindings()
445
446         @bindings.add(Keys.Enter)
447         def _(event):
448             """Enter submits the input"""
449             event.app.exit(result=event.current_buffer.
450                 text)
451
452         @bindings.add(Keys.Escape, Keys.Enter)
453         def _(event):
454             """Alt+Enter adds new line"""
455             event.current_buffer.insert_text('\n')
456
457         ui.console.print("[dim]Tip: Use Alt+Enter for new
458             line, Enter to submit[/dim]")
459
460         result = prompt(
461             "\nuser> ",
462             multiline=True,
463             key_bindings=bindings,

```

```

458         wrap_lines=True,
459         mouse_support=False
460     )
461     return result.strip() if result else ""
462
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

```

```

18 and manage files within the project workspace in a
    controlled, secure manner.
19 All operations are constrained strictly within the
    project root determined at
20 runtime (workspace scope), ensuring controlled
    manipulation of project files.
21 """
22
23 PROJECT_ROOT = os.path.abspath(os.getcwd())
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 -
        only for LLM context
32     '.idea',
33     '.vscode'
34 }
35
36 def _is_path_safe(path: str) -> bool:
37     """
38     Ensures the target path is within the project
        directory and not sensitive.
39     """
40     if not path or not isinstance(path, str):
41         return False
42
43     try:
44         # 1. Normalize the path for consistency and strip
            whitespace
45         norm_path = os.path.normpath(path.strip())
46
47         # 2. Reject empty paths after normalization, but
            allow '.' for current directory
48         if not norm_path or norm_path == '..':

```

```

49         return False
50
51     # 3. Check if the path tries to escape the root
        directory
52     full_path = os.path.realpath(os.path.join(
        PROJECT_ROOT, norm_path))
53     if not full_path.startswith(os.path.realpath(
        PROJECT_ROOT)):
54         ui.print_error(f"Operation cancelled. Path '{
        path}' is outside the project directory.")
55         return False
56
57     # 4. Block access to sensitive files and
        directories
58     path_parts = norm_path.replace('\\', '/').split(
        '/')
59     if any(part in SENSITIVE_PATTERNS for part in
        path_parts if part):
60         ui.print_error(f"Access to the sensitive path
        '{path}' is denied.")
61         return False
62
63     except Exception as e:
64         ui.print_error(f"Error during path validation: {e
        }")
65         return False
66
67     return True
68
69 def tree_directory(path: str = '.') -> str:
70     """Creates a string representation of the directory
        structure recursively."""
71     if not _is_path_safe(path):
72         return f"Error: Cannot access path '{path}'."
73
74     full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)
75     if not os.path.isdir(full_path):

```



```

76         return f"Error: '{path}' is not a valid directory
77         ."
78
79     tree_lines = [f"{os.path.basename(full_path)}/"]
80
81     def build_tree(directory, prefix=""):
82         try:
83             items = sorted([item for item in os.listdir(
84                 directory) if item not in
85                 SENSITIVE_PATTERNS])
86         except FileNotFoundError:
87             return
88
89         pointers = ['|-- '] * (len(items) - 1) + ['+-- ']
90
91         for pointer, item in zip(pointers, items):
92             tree_lines.append(f"{prefix}{pointer}{item}")
93             item_path = os.path.join(directory, item)
94             if os.path.isdir(item_path):
95                 extension = '| ' if pointer == '-- '
96                 else ' '
97                 build_tree(item_path, prefix=prefix +
98                             extension)
99
100     build_tree(full_path)
101     return "\n".join(tree_lines)
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     if not _is_path_safe(path):
110         return f"Error: Cannot access path '{path}'."
111
112     full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)
113     if not os.path.isdir(full_path):

```

```

108         return f"Error: '{path}' is not a valid directory
109         ."
110
111     path_list = []
112     for root, dirs, files in os.walk(full_path, topdown=
113         True):
114         # Filter out sensitive directories from being
115         traversed
116         dirs[:] = [d for d in dirs if d not in
117             SENSITIVE_PATTERNS]
118
119         # Process files
120         for name in files:
121             if name not in SENSITIVE_PATTERNS:
122                 # Get relative path from the initial '
123                 path'
124                 rel_dir = os.path.relpath(root,
125                     PROJECT_ROOT)
126                 path_list.append(os.path.join(rel_dir,
127                     name).replace('\\', '/'))
128
129         # Process directories
130         for name in dirs:
131             rel_dir = os.path.relpath(root, PROJECT_ROOT)
132             path_list.append(os.path.join(rel_dir, name).
133                 replace('\\', '/') + '/')
134
135     return "\n".join(sorted(path_list))
136
137 def delete_item(path: str) -> str:
138     """Deletes a file or directory and returns a status
139     message."""
140
141     if not _is_path_safe(path): return f"Error: Access to
142         path '{path}' is denied or path is not secure."
143
144     try:
145         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)
146         if os.path.isfile(full_path):

```

```

136         os.remove(full_path)
137         return f"Success: File deleted: {path}"
138     elif os.path.isdir(full_path):
139         shutil.rmtree(full_path)
140         return f"Success: Directory deleted: {path}"
141     else:
142         return f"Warning: Item not found, nothing
            deleted: {path}"
143 except OSError as e:
144     return f"Error: Failed to delete '{path}': {e}"
145
146 def move_item(source: str, destination: str) -> str:
147     """Moves an item and returns a status message."""
148     if not _is_path_safe(source) or not _is_path_safe(
149         destination):
150         return "Error: Source or destination path is not
            secure or is denied."
151     try:
152         full_source = os.path.join(PROJECT_ROOT, source)
153         full_destination = os.path.join(PROJECT_ROOT,
            destination)
154         shutil.move(full_source, full_destination)
155         return f"Success: Item moved from '{source}' to
            '{destination}'"
156     except (FileNotFoundError, shutil.Error) as e:
157         return f"Error: Failed to move '{source}': {e}"
158
159 def create_file(file_path: str) -> str:
160     """Creates an empty file and returns a status message
        . """
161     if not _is_path_safe(file_path): return f"Error:
        Access to path '{file_path}' is denied or path is
        not secure."
162     try:
163         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
164         dir_name = os.path.dirname(full_path)
165         if dir_name: os.makedirs(dir_name, exist_ok=True)
166         with open(full_path, 'w') as f: pass

```

```

166         return f"Success: New empty file created: {
            file_path}"
167     except IOError as e:
168         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     if not _is_path_safe(dir_path): return f"Error:
        Access to path '{dir_path}' is denied or path is
        not secure."
173     try:
174         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, dir_path)
175         os.makedirs(full_path, exist_ok=True)
176         return f"Success: Directory created: {dir_path}"
177     except OSError as e:
178         return f"Error: Failed to create directory: {e}"
179
180 def read_file(file_path: str) -> str | None:
181     """Reads a file and returns its content, or None on
        failure."""
182     if not _is_path_safe(file_path): return None
183     try:
184         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
185         with open(full_path, 'r') as f:
186             return f.read()
187     except FileNotFoundError:
188         # Let the caller (agent/cli) handle printing the
            error
189         return None
190     except IOError as e:
191         ui.print_error(f"Failed to read file: {e}")
192         return None
193
194 def write_to_file(file_path: str, content: str) -> str:
195     """Writes to a file and returns a status message."""
196     if not _is_path_safe(file_path): return f"Error:
        Access to path '{file_path}' is denied or path is

```

```

    not secure."
197     try:
198         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
199         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,
    original_content: str, new_content: str, threshold:
    int = 500) -> tuple[bool, str]:
210     """
211     Applies a modification to a file safely by first
        verifying the scope of changes.
212
213     It generates a diff between the original and new
        content. If the number of changed
214     lines is within the threshold, it writes the new
        content to the file. Otherwise,
215     it rejects the change to prevent unintentional
        overwrites.
216
217     Args:
218         file_path: The path to the file to be modified.
219         original_content: The original, unmodified
            content of the file.
220         new_content: The new, modified content generated
            by the LLM.
221         threshold: The maximum number of lines allowed to
            be changed.
222
223     Returns:
224         A tuple containing:

```

```

225         - bool: True if the modification was successful,
                False otherwise.
226         - str: A message describing the result of the
                operation.
227     """
228     if not _is_path_safe(file_path):
229         return False, f"Error: Access to path '{file_path}'
                is denied or path is not secure."
230
231     # Normalize line endings to reduce false-positive
        diffs
232     original_norm = original_content.replace('\r\n', '\n')
        ).replace('\r', '\n')
233     new_norm = new_content.replace('\r\n', '\n').replace(
        '\r', '\n')
234
235     original_lines = original_norm.splitlines(keepends=
        True)
236     new_lines = new_norm.splitlines(keepends=True)
237
238     diff = list(difflib.unified_diff(
239         original_lines,
240         new_lines,
241         fromfile=f"a/{file_path}",
242         tofile=f"b/{file_path}"
243     ))
244
245     # Count only actual change lines, ignore headers and
        context lines
246     def _count_changes(d: list[str]) -> tuple[int, int,
        int]:
247         adds = deletes = 0
248         for line in d:
249             if line.startswith('@@') or line.startswith('
                +++') or line.startswith('---') or (line
                and line[0] == ' '):
250                 continue
251             if line.startswith('+'):

```

```

252         adds += 1
253         elif line.startswith('-'):
254             deletes += 1
255         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 {
262             file_path}. File left untouched."
263
264     # Allow configuring thresholds via environment
265     try:
266         env_threshold = int(os.getenv('
267             PAI_MODIFY_THRESHOLD', str(threshold)))
268         if env_threshold < 1:
269             env_threshold = threshold
270     except ValueError:
271         env_threshold = threshold
272
273     try:
274         max_ratio = float(os.getenv('PAI_MODIFY_MAX_RATIO
275             ', '0.5')) # up to 50% of lines by default
276         if not (0.0 < max_ratio <= 1.0):
277             max_ratio = 0.5
278     except ValueError:
279         max_ratio = 0.5
280
281     total_lines = max(1, len(original_lines))
282     ratio = changed_lines_count / total_lines
283
284     if changed_lines_count > env_threshold and ratio >
285         max_ratio:
286         diff_preview = "\n".join(diff[:60])
287         message = (
288             f"Warning: Modification for '{file_path}'
289             rejected. "

```

```

284         f"Change too large: {changed_lines_count}
           lines (~{ratio:.1%}) exceeds threshold {
           env_threshold} and ratio {max_ratio:.0%}.\n"
           n"
285         f"SOLUTION: Think like Cascade - break this
           into focused, surgical modifications:\n"
286         f"   - Focus on ONE specific area/feature at a
           time\n"
287         f"   - Ideal: 100-200 lines per modification (
           very focused)\n"
288         f"   - Acceptable: 200-500 lines (still
           focused on one area)\n"
289         f"   - Use multiple MODIFY commands across
           different steps\n"
290         f"   - Example: Instead of 'add all CSS', do '
           add layout CSS', then 'add form CSS', then
           'add button CSS'\n"
291         f"Diff Preview (first 60 lines):\n{
           diff_preview}"
292     )
293     return False, message
294
295 # Atomic write to avoid partial writes
296 try:
297     full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
298     dir_name = os.path.dirname(full_path)
299     if dir_name:
300         os.makedirs(dir_name, exist_ok=True)
301     with tempfile.NamedTemporaryFile('w', delete=
302         False, dir=dir_name) as tmp:
303         tmp.write(new_norm)
304         tmp_name = tmp.name
305         os.replace(tmp_name, full_path)
306     return True, f"Success: File modified: {file_path}
           ({changed_lines_count} lines changed; +{
           add_count}/{del_count})"
except IOError as e:

```



```
307         return False, f"Error: Failed to write  
        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
   home directory
8  CONFIG_DIR = Path.home() / ".config" / "pai-code"
9  KEY_FILE = CONFIG_DIR / "credentials.json"
10
11 def _ensure_config_dir_exists():
12     """Ensures the configuration directory exists with
       correct permissions."""
13     os.makedirs(CONFIG_DIR, exist_ok=True)
14     os.chmod(CONFIG_DIR, 0o700)
15
16 def _default_config() -> dict:
17     """Default single-key configuration."""
18     return {
19         "version": 2, # Version 2 = single-key system
20         "api_key": None
21     }
22
23 def _load_config() -> dict:
24     """Load the single-key configuration."""
25     _ensure_config_dir_exists()
26     if not KEY_FILE.exists():
27         return _default_config()
28
29     try:
```

```

30     with open(KEY_FILE, 'r') as f:
31         data = json.load(f)
32
33     # Migrate from old multi-key system if needed
34     if data.get("version") == 1 and "keys" in 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."""

```

```

61     try:
62         _ensure_config_dir_exists()
63         with open(KEY_FILE, 'w') as f:
64             json.dump(config, f, indent=2)
65             os.chmod(KEY_FILE, 0o600)
66     except Exception as e:
67         ui.print_error(f"Failed to save configuration: {e}")
68
69 def set_api_key(api_key: str) -> None:
70     """Set the API key."""
71     if not api_key or not isinstance(api_key, str):
72         ui.print_error("Invalid API key provided.")
73         return
74
75     if not api_key.startswith("AIza"):
76         ui.print_warning("Warning: API key doesn't look like a Google API key (should start with 'AIza')")
77
78     config = _load_config()
79     config["api_key"] = api_key
80     _save_config(config)
81
82     masked_key = mask_api_key(api_key)
83     ui.print_success(f"[OK] API key set successfully: {masked_key}")
84
85 def get_api_key() -> Optional[str]:
86     """Get the current API key."""
87     config = _load_config()
88     return config.get("api_key")
89
90 def save_api_key(api_key: str):
91     """Legacy compatibility function."""
92     set_api_key(api_key)
93
94 def remove_api_key() -> None:

```

```

95     """Remove the stored API key."""
96     config = _load_config()
97
98     if not config.get("api_key"):
99         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
107 def show_api_key() -> None:
108     """Show the current API key (masked)."""
109     api_key = get_api_key()
110
111     if not api_key:
112         ui.print_info("No API key is currently set.")
113         ui.print_info("Use 'pai config set <API_KEY>' to
114                        set one.")
115         return
116
117     masked_key = mask_api_key(api_key)
118     ui.print_info(f"Current API key: {masked_key}")
119
120 def mask_api_key(api_key: str) -> str:
121     """Mask API key for display purposes."""
122     if not api_key or len(api_key) < 10:
123         return "***"
124
125     return f"{api_key[:6]}...{api_key[-4:]}"
126
127 def is_configured() -> bool:
128     """Check if API key is configured."""
129     api_key = get_api_key()
130     return api_key is not None and len(api_key.strip()) >
131         0

```

```

130 def validate_api_key() -> tuple[bool, str]:
131     """Validate that API key is configured and looks
        correct."""
132     api_key = get_api_key()
133
134     if not api_key:
135         return False, "No API key configured. Use 'pai
            config set <API_KEY>' to set one."
136
137     if not api_key.startswith("AIza"):
138         return False, "API key doesn't look like a Google
            API key (should start with 'AIza')"
139
140     if len(api_key) < 20:
141         return False, "API key seems too short to be
            valid"
142
143     return True, "API key looks valid"
144
145 # Legacy compatibility functions (simplified)
146 def add_api_key(key_id: str, api_key: str) -> None:
147     """Legacy function - redirect to set_api_key."""
148     ui.print_info(f>Note: Multi-key system deprecated.
        Setting '{key_id}' as single API key.")
149     set_api_key(api_key)
150
151 def list_api_keys() -> list:
152     """Legacy function - return single key info."""
153     api_key = get_api_key()
154     if not api_key:
155         return []
156
157     return [{
158         "id": "single",
159         "masked": mask_api_key(api_key),
160         "is_default": "yes"
161     }]
162

```

```

163 def set_default_api_key(key_id: str) -> None:
164     """Legacy function - no-op in single-key system."""
165     ui.print_info("Note: Default key setting not needed
        in single-key system.")
166
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
          AI Coding Companion.",
9          epilog="Use 'pai config set <API_KEY>' to
          configure. Run 'pai' to start the intelligent
          agent."
10     )
11     subparsers = parser.add_subparsers(dest='command',
        help='Available commands')
12
13     # Main agent command (default)
14     parser_auto = subparsers.add_parser('auto', help='
        Start the single-shot AI agent session.')
15     parser_auto.add_argument('--model', type=str, help='
        LLM model name (e.g., gemini-2.5-flash-lite)')
16     parser_auto.add_argument('--temperature', type=float,
        help='LLM sampling temperature (e.g., 0.2)')
17
18     # Simplified config management

```

```

19 parser_config = subparsers.add_parser('config', help=
    'Manage API key configuration')
20 config_subparsers = parser_config.add_subparsers(dest
    ='config_cmd', help='Config commands')
21
22 parser_config_set = config_subparsers.add_parser('set
    ', help='Set API key')
23 parser_config_set.add_argument('api_key', type=str,
    help='Google Gemini API key')
24
25 parser_config_show = config_subparsers.add_parser('
    show', help='Show current API key (masked)')
26
27 parser_config_remove = config_subparsers.add_parser('
    remove', help='Remove stored API key')
28
29 parser_config_validate = config_subparsers.add_parser
    ('validate', help='Validate current API key')
30
31 config_group = parser_config.
    add_mutually_exclusive_group(required=False)
32 config_group.add_argument('--set', type=str, metavar=
    'API_KEY', help='Set or update the API key (
    DEPRECATED)')
33 config_group.add_argument('--show', action='
    store_true', help='Show the currently configured
    API key (DEPRECATED)')
34 config_group.add_argument('--remove', action='
    store_true', help='Remove the stored API key (
    DEPRECATED)')
35
36 args = parser.parse_args()
37
38 # Handle config commands
39 if args.command == 'config':
40     if args.config_cmd == 'set':
41         config.set_api_key(args.api_key)
42         return

```

```

43     elif args.config_cmd == 'show':
44         config.show_api_key()
45         return
46     elif args.config_cmd == 'remove':
47         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
71     # Default: start agent
72     # Check API key before starting
73     if not config.is_configured():
74         ui.print_error("[ERROR] No API key configured.")
75         ui.print_info("Use 'pai config set <API_KEY>' to
76             set your Google Gemini API key.")
77         return 1
78
79     # Configure LLM runtime if flags provided
80     model = getattr(args, 'model', None)
81     temperature = getattr(args, 'temperature', None)

```



```

80     if model is not None or temperature is not None:
81         llm.set_runtime_model(model, temperature)
82
83     try:
84         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         return 1
91
92 if __name__ == "__main__":
93     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
    application
23 console = Console(theme=custom_theme)
24
25 def print_success(message: str):
26     """Displays a success message with a checkmark icon.
        """
27     console.print(f"[success][OK] {message}[/success]")
28
29 def print_error(message: str):
30     """Displays an error message with a cross icon."""
31     console.print(f"[error][ERROR] {message}[/error]")
32
33 def print_warning(message: str):
34     """Displays a warning message."""
35     console.print(f"[warning]! {message}[/warning]")
36
37 def print_info(message: str):
38     """Displays an informational message."""
39     console.print(f"[info]i {message}[/info]")
40
41 def print_action(message: str):
42     """Displays an action being performed by the agent.
        """
43     console.print(f"[action]-> {message}[/action]")
44
45 def display_panel(content: str, title: str, language: str
    = None):
46     """Displays content within a panel, with optional
        syntax highlighting."""
47     if language:
48         # Use Syntax for code highlighting
49         display_content = Syntax(content, language, theme
            ="monokai", line_numbers=True)
50     else:
51         display_content = content

```

```

52
53     console.print(Panel(display_content, title=f"[bold
        grey50]{title}[/bold grey50]", border_style="
        grey50", expand=False))
54
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
    importing Google SDKs.
6  # These settings aim to suppress INFO/WARNING/ERROR logs
    emitted by native libs
7  # that happen prior to Python log initialization.
8  os.environ.setdefault("GRPC_VERBOSITY", "NONE")
9  os.environ.setdefault("GRPC_LOG_SEVERITY", "ERROR")
10 # Abseil logging (used by some Google native deps). 3 ~
    FATAL-only
11 os.environ.setdefault("ABSL_LOGGING_MIN_LOG_LEVEL", "3")
12 # glog compatibility (some builds respect this env var)
13 os.environ.setdefault("GLOG_minloglevel", "3")
14 # Additional environment variables to suppress Google SDK
    warnings
15 os.environ.setdefault("GOOGLE_CLOUD_DISABLE_GRPC", "true"
    )
16 os.environ.setdefault("GRPC_ENABLE_FORK_SUPPORT", "false"
    )
17
18 # Suppress specific warnings

```

```

19 warnings.filterwarnings("ignore", category=UserWarning,
    module="google")
20 warnings.filterwarnings("ignore", message=".*ALTS.*")
21 warnings.filterwarnings("ignore", message=".*log messages
    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-
    lite")
27 try:
28     DEFAULT_TEMPERATURE = float(os.getenv("
        PAI_TEMPERATURE", "0.3"))
29     # Clamp temperature to safe range
30     if DEFAULT_TEMPERATURE < 0.0:
31         DEFAULT_TEMPERATURE = 0.0
32     elif DEFAULT_TEMPERATURE > 2.0:
33         DEFAULT_TEMPERATURE = 2.0
34 except ValueError:
35     DEFAULT_TEMPERATURE = 0.3
36
37 # Global model holder
38 model = None
39 _runtime = {
40     "name": None,
41     "temperature": None,
42 }
43
44 def set_runtime_model(model_name: str | None = None,
    temperature: float | None = None):
45     """Set the runtime model configuration."""
46     global model, _runtime
47
48     # Update runtime settings
49     if model_name is not None:
50         _runtime["name"] = model_name
51     if temperature is not None:

```

```

52         temperature = max(0.0, min(2.0, temperature))
53         _runtime["temperature"] = temperature
54
55         # Reset model so it gets recreated with new settings
56         # on next use
57         model = None
58
59 # Initialize runtime settings (model will be created when
60 # needed)
61 _runtime = {
62     "name": DEFAULT_MODEL,
63     "temperature": DEFAULT_TEMPERATURE
64 }
65
66 def _prepare_runtime() -> bool:
67     """Configure API key and ensure model object exists.
68
69     Returns:
70         bool: True if successful, False otherwise.
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

```

```

            else DEFAULT_TEMPERATURE
86         generation_config = {"temperature": temp}
87         model = genai.GenerativeModel(name,
            generation_config=generation_config)
88         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    error_msg = str(error).lower()
104
105    # Common rate limit indicators
106    rate_limit_keywords = [
107        'rate limit', 'rate_limit', 'ratelimit',
108        'quota', 'quota exceeded',
109        'resource exhausted', 'resourceexhausted',
110        '429', 'too many requests',
111        'limit exceeded', 'requests per minute'
112    ]
113
114    return any(keyword in error_msg for keyword in
        rate_limit_keywords)
115
116 def _clean_response_text(text: str) -> str:
117     """Clean markdown artifacts from LLM response.
118
119     Args:

```

```

120         text: Raw response text from LLM
121
122     Returns:
123         Cleaned text without markdown code blocks
124     """
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):].strip()
144             break
145
146     # Remove trailing code block markers
147     if cleaned_text.endswith("```"):
148         cleaned_text = cleaned_text[:-len("```")].strip()
149
150     # Remove any remaining language tags at the start
151     lines = cleaned_text.split('\n')
152     if lines and len(lines[0].strip()) < 20 and lines[0].strip().lower() in [
153         'html', 'css', 'javascript', 'js', 'python', 'json', 'yaml',

```

```

149         'bash', 'sh', 'diff', 'xml', 'sql', 'java', 'cpp'
150         , 'c', 'go',
151         'rust', 'ruby', 'php', 'markdown', 'md', 'text',
152         'txt', 'on'
153     ]:
154         cleaned_text = '\n'.join(lines[1:]).strip()
155
156     return cleaned_text
157
158 def generate_text(prompt: str, call_purpose: str = "
159 thinking") -> str:
160     """
161     Generate text with single API key - optimized for 2-
162     call system.
163
164     Args:
165         prompt: The prompt to send to the LLM
166         call_purpose: Purpose of the call for logging (e.
167                     g., "planning", "execution")
168
169     Returns:
170         The cleaned response text, or empty string if
171         failed
172     """
173     global model
174
175     # Ensure model is configured
176     if model is None:
177         if not _prepare_runtime():
178             return ""
179
180     try:
181         # Show status with purpose
182         status_msg = f"[bold yellow]Agent {call_purpose
183                     }..."
184
185         with ui.console.status(status_msg, spinner="dots"
186                               ):

```



```

179         response = model.generate_content(prompt)
180
181         # Success! Clean and return the response
182         cleaned_text = _clean_response_text(response.text
183         )
184
185         # Log token usage if available (for optimization)
186         if hasattr(response, 'usage_metadata'):
187             usage = response.usage_metadata
188             ui.print_info(f"Tokens: {usage.
189                 prompt_token_count} -> {usage.
190                 candidates_token_count}")
191
192         return cleaned_text
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         else:
204             ui.print_error(f"[ERROR] LLM API error: {e}")
205
206         return ""
207
208 def test_api_connection() -> bool:
209     """Test if API connection works."""
210     test_response = generate_text("Say 'Hello' if you can
211         hear me.", "connection test")
212     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  """
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
   install-cli uninstall-cli
2
3 install:
4     @if [ ! -d .venv ]; then \
5         echo "[install] Creating virtual environment at .venv"; \
6         python3 -m venv .venv; \
7     else \
8         echo "[install] Reusing existing virtual environment at .venv"; \
9     fi
10    . .venv/bin/activate; python -m pip install --upgrade pip setuptools wheel
11    . .venv/bin/activate; pip install -r requirements.txt
12    . .venv/bin/activate; pip install -e .
13
14 run:
15    . .venv/bin/activate; python -m paicode.cli auto
16
17 export-all:
18    @mkdir -p z_project_list
19    @echo "Exporting project files to z_project_list/listing.txt..."
20    @rm -f z_project_list/listing.txt
21    @for f in $(find . -type f \
22        -not -path '*/\.*' \
23        -not -path '*/__pycache__/*' \

```

```

24     -not -path '*.egg-info/*' \
25     -not -path './z_project_list/*' \
26     -not -name ".gitkeep" \
27     | sort); do \
28         echo "=== $$f ===" >> z_project_list/listing.txt; \
29         cat $$f >> z_project_list/listing.txt; \
30         echo "\n" >> z_project_list/listing.txt; \
31     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

```

```

53 @echo 'APPDIR="$(shell pwd)'" >> $(HOME)/.local/bin/pai
54 @echo 'VENVDIR="$${APPDIR}/.venv"' >> $(HOME)/.local/bin/
    pai
55 @echo 'PY="$${VENVDIR}/bin/python"' >> $(HOME)/.local/bin
    /pai
56 @echo '# Redirect stderr to suppress remaining warnings
    ' >> $(HOME)/.local/bin/pai
57 @echo 'if [ -x "$${VENVDIR}/bin/pai" ]; then' >> $(HOME)
    /.local/bin/pai
58 @echo '    exec "$${VENVDIR}/bin/pai" "$${@}" 2>/dev/null' >>
    $(HOME)/.local/bin/pai
59 @echo 'elif [ -x "$${PY}" ]; then' >> $(HOME)/.local/bin/
    pai
60 @echo '    exec "$${PY}" -m paicode.cli "$${@}" 2>/dev/null'
    >> $(HOME)/.local/bin/pai
61 @echo 'else' >> $(HOME)/.local/bin/pai
62 @echo '    exec python3 -m paicode.cli "$${@}" 2>/dev/null'
    >> $(HOME)/.local/bin/pai
63 @echo 'fi' >> $(HOME)/.local/bin/pai
64 @chmod +x $(HOME)/.local/bin/pai
65 @# Ensure ~/.local/bin is in PATH (append to ~/.bashrc
    if missing)
66 @if [ -f $(HOME)/.bashrc ]; then \
67     grep -qxF 'export PATH="$${HOME}/.local/bin:$${PATH}"' $(
        HOME)/.bashrc || printf '\n# Added by pai install-
        cli\nexport PATH="$${HOME}/.local/bin:$${PATH}"\n' >>
        $(HOME)/.bashrc; \
68 fi
69 @echo "Ensured PATH includes $${HOME}/.local/bin in
    $${HOME}/.bashrc. Run: 'source $${HOME}/.bashrc' or open
    a new terminal."
70 @echo "Done. Ensure $(HOME)/.local/bin is in your PATH.
    Try running: pai --help"
71
72 uninstall-cli:
73     @rm -f $(HOME)/.local/bin/pai
74     @# Remove PATH line added by install-cli (safe if
        absent)

```

```
75 @sed -i '/^# Added by pai install-cli$/d' $(HOME)/.  
    bashrc || true  
76 @sed -i '/^export PATH="\$HOME\/\.\local\/bin:\$PATH"$/d  
    ' $(HOME)/.bashrc || true  
77 @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.