

**TUGAS AKHIR
SKEMA SKRIPSI**

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



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

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

**TUGAS AKHIR
SKEMA SKRIPSI**

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

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

Disusun Oleh

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

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

HALAMAN PERSETUJUAN UJIAN TUGAS AKHIR

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

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

Yogyakarta, 24 November 2025

Dosen Pembimbing,

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

NIDN: 0505058801

HALAMAN PENGESAHAN

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

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

Yogyakarta, 24 November 2025

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

Mengetahui
Ketua Program Studi INFORMATIKA

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

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Yogyakarta, 24 November 2025

I PUTU GEDE GILANG TEJA KRISHNA

NIM: 225410001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan doa,
dukungan, dan kasih sayang yang tiada henti.

Seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan
motivasi dan semangat.

Para guru dan dosen yang telah membimbing
dan memberikan ilmu yang bermanfaat.

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 Purnomasidi Dwi Putranto, S.E., Akt., S.Kom., MMSI selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga selama penyusunan Tugas Akhir ini.
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 cuplekan 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 mengobrasasi proyek, memanipulasi berkas, dan memodifikasi kode secara terarah dengan sistem perubahan berbasis *diff*.

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

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

lebih efisien dibandingkan pendekatan tradisional yang memerlukan banyak panggilan API berulang, dengan tetap mempertahankan kualitas hasil yang optimal.

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

ABSTRACT

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

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

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

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

Daftar Singkatan

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

Daftar Simbol

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

Daftar Istilah

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

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

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

Daftar Isi

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

2.1.2	CLI-based AI Chat Tools	5
2.1.3	Autonomous Software Engineers	6
2.1.4	Posisi Paicode	6
2.1.5	Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	6
2.1.6	Posisi Penelitian	8
2.2	Dasar Teori	9
2.2.1	Command Line Interface (CLI)	9
2.2.2	AI Agent	9
2.2.3	Large Language Model (LLM)	10
2.2.4	Perbedaan LLM dan Agen AI	10
2.2.5	Arsitektur dan Kebijakan Data	10
2.2.6	Manajemen Dependensi dengan pip dan Virtual Environment	11
2.2.7	Antarmuka Terminal dengan rich dan prompt_toolkit	11
3	Metode Penelitian	13
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
4	Implementasi dan Pembahasan	21
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
5	Kesimpulan dan Saran	45
5.1	SIMPULAN	45
5.2	SARAN	46
A	Lampiran A	48
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) mengobservasi struktur proyek (TREE, LIST_PATH); (ii) membaca dan menulis berkas proyek (READ, WRITE); (iii) memodifikasi kode secara terarah dengan sistem perubahan berbasis *diff* dengan threshold ganda: 500 baris absolut dan 50%

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

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang diajukan adalah:

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

1.3 Ruang Lingkup

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

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

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

1.4 Tujuan Penelitian

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

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

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi:

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

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

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

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

BAB III METODE PENELITIAN

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

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

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

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari penelitian dan saran untuk pengembangan selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

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

2.1.1 AI Coding Assistant Terintegrasi (IDE-based)

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

2.1.2 CLI-based AI Chat Tools

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

sedangkan banyak alat CLI lain berfokus pada kecepatan interaksi *chat-apply* langsung.

2.1.3 Autonomous Software Engineers

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

2.1.4 Posisi Paicode

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

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

2.1.5 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

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

Dari Tabel 2.1 terlihat bahwa penelitian ini mengisi *gap* antara asisten pasif (seperti Copilot) dan agen otonom penuh (seperti OpenDevin) dengan

Tabel 2.1: Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Aspek	Penelitian Terdahulu	Penelitian Ini (Paicode)
Platform	IDE-based (Copilot), Web-based (ChatGPT Code Interpreter), Container-based (OpenDevin)	CLI native, berjalan langsung di terminal Linux tanpa container
Arsitektur Agen	Chat-loop iteratif (10-20 API calls) atau fully autonomous	Single-Shot Intelligence (2 API calls: planning + execution)
Keamanan Lokal	Sandboxed container (OpenDevin) atau tidak ada kontrol eksplisit (Copilot)	Path security policy + diff-based guardrails (threshold 500 baris, 50% ratio)
Transparansi	Black-box suggestions (Copilot) atau verbose logs (SWE-agent)	Explicit JSON planning phase dengan user approval
Efisiensi	High token consumption (chat-loop) atau resource-intensive (full containers)	Token-optimized (60-70% reduction) dan lightweight (native OS)
Interaktivitas	Passive suggestions (Copilot) atau fully autonomous (OpenDevin)	Semi-autonomous dengan interrupt handling (Ctrl+C)
Fokus Penelitian	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 otomasi yang mudah, konsumsi sumber daya yang rendah, dan integrasi sederhana dengan alat lain melalui skrip. Dalam konteks pengembangan perangkat lunak, CLI memfasilitasi alur kerja yang ringkas dan dapat direproduksi.

2.2.2 AI Agent

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

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

2.2.3 Large Language Model (LLM)

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

2.2.4 Perbedaan LLM dan Agen AI

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

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

2.2.5 Arsitektur dan Kebijakan Data

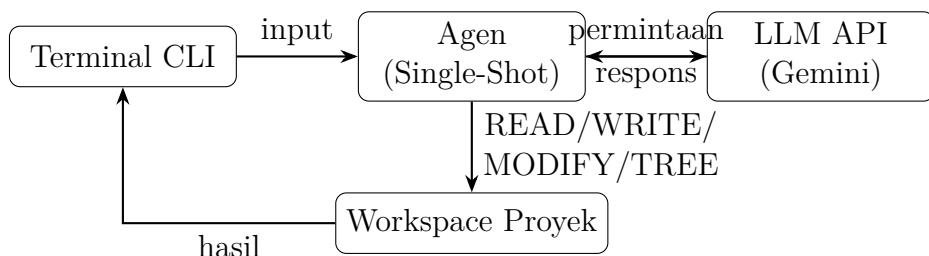
Paicode dijalankan pada terminal lokal dan melakukan tindakan langsung pada **berkas proyek di workspace**. Akan tetapi, untuk kebutuhan inferensi, cuplikan kode atau konteks **dikirim ke layanan LLM melalui API**. Implikasinya, privasi dan kerahasiaan kode **bergantung pada kebijakan penyedia API**.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

2.2.6 Manajemen Dependensi dengan pip dan Virtual Environment

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

2.2.7 Antarmuka Terminal dengan rich dan prompt_toolkit

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

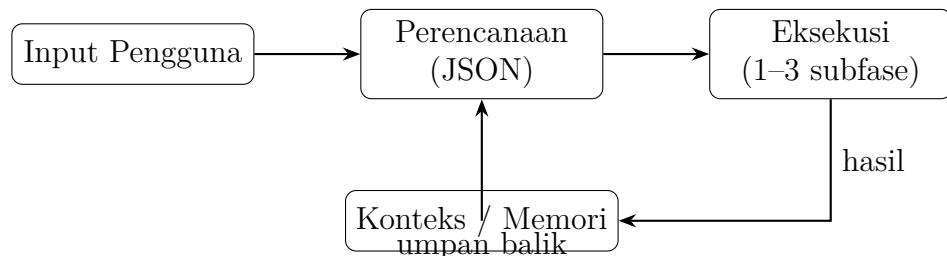


Gambar 2.1: Konsep arsitektur agentic AI di lingkungan CLI dengan inferensi LLM melalui API.

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

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

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



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

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

	Ekstensi Editor	Layanan Daring
Integrasi	Sangat terintegrasi dengan IDE	Antarmuka web/remote
Konteks	Di editor, tergantung API	Di server; unggah/sinkron
Privasi	Bergantung vendor	Bergantung vendor
Portabilitas	Terikat IDE	Perlu akses internet
CLI + LLM via API (Paicode)		
Integrasi	Agen berjalan di terminal lokal; perubahan langsung pada workspace	
Konteks	Konteks lokal; cuplikan dikirim ke LLM via API	
Privasi	Tergantung kebijakan penyedia API; guardrail lokal	
Portabilitas	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> . 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.
Konfigurasi (<code>config.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).
Pengatur Workspace (<code>workspace.py</code>)	<i>Workspace controller</i> dengan fungsi operasi workspace (baca/tulis, buat/hapus/pindah, tree/list path). Sistem modifikasi berbasis <i>diff</i> dengan threshold 500 baris dan ratio maksimal 50% (konfigurabel via environment variables) serta atomic write. Penegakan <i>path security</i> dengan deny-list 7 pola sensitif (<code>.env</code> , <code>.git</code> , <code>venv</code> , dll).
Terminal UI (<code>ui.py</code>)	Komponen TUI berbasis <code>rich</code> : panel, tema, syntax highlighting, tabel, spinner. Dukungan opsional <code>prompt_toolkit</code> untuk input multiline yang lebih baik.

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

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

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

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

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

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

Tabel 3.3: Rangkuman Validasi Keamanan *Path*

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

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

3.4 Alat dan Lingkungan

Lingkungan dan alat yang digunakan:

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

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

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dan evaluasi dirancang sebagai berikut:

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

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

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

BAB 4

Implementasi dan Pembahasan

4.1 Implementasi Paicode

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

4.1.1 Instalasi

1. Pastikan Python (≥ 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  "execution_plan": {{
25    "steps": [
26      {{
27        "step_number": 1,
28        "action": "READ",
29        "target": "filename",
30        "purpose": "Locate and verify target content
31          exists",
32        "validation_criteria": "What content must be
33          found to proceed",
34        "expected_outcome": "Confirmed location of target
35          content"
36      },
37      {{
38        "step_number": 2,
39        "action": "MODIFY",
40        "target": "filename",
41        "purpose": "Apply changes to confirmed target
42          location",
43      }
44    ]
45  }
46}

```

```

31     "validation_criteria": "How to verify
32         modification was successful",
33     "expected_outcome": "Target content successfully
34         modified"
35   },
36   "command_format_reminder": "CRITICAL: Use exact
37       command names: READ, WRITE, MODIFY, TREE,
38       LIST_PATH, MKDIR, TOUCH, RM, MV, FINISH",
39   "intelligent_command_mapping": {{
40     "delete_remove_requests": "RM::filepath (for any
41         delete/remove/hapus requests)",
42     "create_new_file": "WRITE::filepath::
43         content_description OR TOUCH::filepath",
44     "modify_existing": "MODIFY::filepath::description",
45     "move_rename": "MV::source::destination",
46     "list_files": "LIST_PATH::path",
47     "show_structure": "TREE::path"
48   }},
49   "critical_content_rules": {{
50     "html_css_js_files": "Use WRITE::filename::
51         description (NOT raw content as commands)",
52     "multi_line_content": "Description parameter
53         handles content creation, not raw output",
54     "example_correct": "WRITE::index.html::Create login
55         page with CSS styling",
56     "example_wrong": "Raw HTML lines as separate
57         commands (NEVER DO THIS!)"
58   }},
59   "execution_commands": [
60     "READ::filepath",
61     "RM::filepath (for delete requests)",
62     "MODIFY::filepath::description",
63     "FINISH::completion_message"
64   ],
65   "validation_strategy": "How to verify each step
66       before proceeding to next",
67   "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,
2     planning_data: dict, context: list, log_file_path: str
3     = None) -> bool:
4     """
5         CALL 2: Execute with adaptive multi-request system
6             (1-3 requests based on complexity).
7             AI decides how many execution phases needed: simple
8                 (1), moderate (2), complex (3).
9             """
10
11     # Start execution phase panel
12     ui.console.print(
13         Panel(
14             Text("Adaptive Intelligent Execution", style=
15                 "bold", justify="center"),
16             title="[\bbold]Call 2/2: Smart Execution (1-3
17                 phases)[/\bold]",
18             box=ROUNDED,
19             border_style="grey50",
20             padding=(1, 2),
21             width=80
22         )
23     )

```

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

4.3 Cuplikan Log Implementasi

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

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

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

Pada Listing 4.6 ditunjukkan ringkasan sesi awal dan rencana eksekusi.

Listing 4.7: Cuplikan log: hasil perintah TREE.

```
1 [2025-11-20 22:38:34] AI EXECUTION START
2 [2025-11-20 22:38:34] SUCCESS: TREE .
3 [2025-11-20 22:38:34] OUTPUT: Directory tree for .:
4 ./
5 '-- bmi_calculator.py
```

```
6 [2025-11-20 22:38:34] SUCCESS: FINISH Directory structure  
    displayed.  
7 [2025-11-20 22:38:34] OUTPUT: OK Directory structure  
    displayed.  
8 [2025-11-20 22:38:34] AI EXECUTION END
```

Pada Listing 4.7 ditampilkan hasil perintah TREE pada direktori kerja.

Listing 4.8: Cuplikan log: hasil perintah LIST_PATH.

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

Listing 4.9: Cuplikan log: membaca isi berkas bmi_calculator.py.

```
1 [2025-11-20 22:40:13] USER: 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) ->
31     float:
32     """
33         Calculates the Body Mass Index (BMI).
34
35     Args:
36         weight_kg: The user's weight in kilograms.
37         height_m: The user's height in meters.
38
39
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
49     if height_m <= 0:
50         raise ValueError("Height must be a positive value
51                         .")
52     return weight_kg / (height_m ** 2)
53
54
55 def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
56     """

```

```

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
65     if bmi < 18.5:
66         return "Underweight"
67     elif 18.5 <= bmi < 25:
68         return "Normal weight"
69     elif 25 <= bmi < 30:
70         return "Overweight"
71     else: # bmi >= 30
72         return "Obese"
73
74 def get_user_input() -> tuple[float, float]:
75     """
76     Prompts the user for their weight and height and
77     returns them.
78
79     Handles potential input errors by re-prompting until
80     valid numeric input is received.
81
82     Returns:
83         A tuple containing the user's weight in kilograms
84         and height in meters.
85     """
86
87     while True:
88         try:
89             weight_str = input("Enter your weight in
90                               kilograms (kg): ")

```

```

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     while True:
98         try:
99             height_str = input("Enter your height in
100                 meters (m): ")
101             height_m = float(height_str)
102             if height_m <= 0:
103                 print("Height must be a positive value.
104                     Please try again.")
105                 continue
106             break
107         except ValueError:
108             print("Invalid input. Please enter a numeric
109                 value for height.")

110

111

112 def main():
113     """
114     Main function to run the BMI calculator.
115     """
116     print("--- BMI Calculator ---")
117
118
119     try:
120         weight, height = get_user_input()

```

```

121     bmi = calculate_bmi(weight, height)
122     category = get_bmi_category(bmi)
123
124
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
139     bmi_calculator.py displayed.
140 [2025-11-20 22:40:25] OUTPUT: OK Content of
141     bmi_calculator.py displayed.
142 [2025-11-20 22:40:25] AI EXECUTION END

```

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

```

1 [2025-11-20 22:40:26] USER: ubah fungsi get_bmi_category:
2     tambahkan kategori "Severely Obese" untuk BMI >= 35;
3     tampilkan diff
4
5 [2025-11-20 22:40:37] EXECUTION PLAN (3 steps):
6     1. READ bmi_calculator.py ...
7     2. MODIFY bmi_calculator.py ...
8     3. READ bmi_calculator.py ...
9
10 [2025-11-20 22:40:46] AI EXECUTION START
11
12 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: MODIFY bmi_calculator.py
13
14 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: File modified:
15     bmi_calculator.py
16
17 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: READ bmi_calculator.py
18
19 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: SYNTAX_HIGHLIGHT:

```

```

11     bmi_calculator.py:"""
12
13     BMI Calculator Script
14
15
16     This script calculates the Body Mass Index (BMI) of a
17         user based on their
18         weight and height, and then categorizes the BMI into
19             standard classifications.
20
21     Formula:
22
23     BMI = weight (kg) / (height (m))^2
24
25
26     BMI Categories:
27     - Underweight: BMI < 18.5
28     - Normal weight: 18.5 <= BMI < 25
29     - Overweight: 25 <= BMI < 30
30     - Obese: 30 <= BMI < 35
31     - Severely Obese: BMI >= 35
32
33 """
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43

```

```

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
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     except ValueError as ve:
93         print(f"Error: {ve}")
94     except Exception as e:
95         print(f"An unexpected error occurred: {e}")
96
97 if __name__ == "__main__":
98     main()
99 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: FINISH BMI category
100    updated successfully with 'Severely Obese' added.
101 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: OK BMI category updated
102    successfully with 'Severely Obese' added.
103 [2025-11-20 22:40:46] AI EXECUTION END

```

Listing 4.11: Kode sumber akhir bmi_calculator.py (pasca modifikasi oleh Paicode).

```

1 """
2 BMI Calculator Script
3
4 This script calculates the Body Mass Index (BMI) of a
    user based on their

```

```

5 | weight and height , and then categorizes the BMI into
6 | standard classifications .
7 |
8 | Formula:
9 |
10| BMI Categories:
11|- Underweight: BMI < 18.5
12|- Normal weight: 18.5 <= BMI < 25
13|- Overweight: 25 <= BMI < 30
14|- Obese: 30 <= BMI < 35
15|- Severely Obese: BMI >= 35
16| """
17|
18| def calculate_bmi(weight_kg: float , height_m: float) ->
19|     float:
20|         """
21|             Calculates the Body Mass Index (BMI).
22|
23|             Args:
24|                 weight_kg: The user's weight in kilograms.
25|                 height_m: The user's height in meters.
26|
27|             Returns:
28|                 The calculated BMI value.
29|
30|             Raises:
31|                 ValueError: If height_m is zero or negative , as
32|                             it would lead to division by zero.
33| """
34|
35| if height_m <= 0:
36|     raise ValueError("Height must be a positive value
37|                     .")
38| return weight_kg / (height_m ** 2)
39|
40| def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
41|     """
42|             Determines the BMI category based on the BMI value.

```

```

39
40     Args:
41         bmi: The calculated BMI value.
42
43     Returns:
44         A string representing the BMI category.
45     """
46
47     if bmi < 18.5:
48         return "Underweight"
49     elif 18.5 <= bmi < 25:
50         return "Normal weight"
51     elif 25 <= bmi < 30:
52         return "Overweight"
53     elif 30 <= bmi < 35:
54         return "Obese"
55     else: # bmi >= 35
56         return "Severely Obese"
57
58 def get_user_input() -> tuple[float, float]:
59     """
60         Prompts the user for their weight and height and
61         returns them.
62
63         Handles potential input errors by re-prompting until
64         valid numeric input is received.
65
66     Returns:
67         A tuple containing the user's weight in kilograms
68             and height in meters.
69     """
70
71     while True:
72         try:
73             weight_str = input("Enter your weight in
74                             kilograms (kg): ")
75             weight_kg = float(weight_str)
76             if weight_kg <= 0:
77                 print("Weight must be a positive value.
78                     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
99     print("--- BMI Calculator ---")
100
101    try:
102        weight, height = get_user_input()
103        bmi = calculate_bmi(weight, height)
104        category = get_bmi_category(bmi)
105
106        print(f"\nYour BMI is: {bmi:.2f}")
107        print(f"This falls into the category: {category}")
108    except ValueError as ve:
109
110

```

```

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-based</i>)	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 langkah skenario	
Keberhasilan Build/Run	Status eksekusi program/kompilasi setelah perubahan	biner/rasio
Ukuran Perubahan	Banyaknya baris yang ditambah/ubah/hapus berdasarkan <i>diff</i>	baris
Kepatuhan Path	Tidak ada akses ke direktori sensitif; validasi path terpenuhi	biner/rasio

4.6 Tabel Konfigurasi Lingkungan

Tabel 4.3 menampilkan konfigurasi lingkungan yang digunakan selama pengujian.

Tabel 4.3: Konfigurasi Lingkungan Uji

Komponen	Spesifikasi
Sistem Operasi	Ubuntu (Linux)
Python	>= 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> buatkan program BMI Calculator dengan python
3 # Agen mengeksekusi: MKDIR, TOUCH, WRITE
4 user> tampilkan struktur
5 # Agen mengeksekusi: TREE
6 user> tampilkan isi kode sumber
7 # Agen mengeksekusi: READ

```

4.8 Evaluasi dan Analisis Mendalam

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

4.8.1 Metrik Kuantitatif

Metrik yang diukur meliputi:

- **Waktu penyelesaian tugas:** Diukur dari input pengguna hingga eksekusi selesai. Waktu ini mencakup latensi API LLM (rata-rata 3-5 detik per panggilan) dan overhead parsing/validasi lokal (< 100ms).
- **Jumlah langkah/komando:** Dihitung sebagai jumlah perintah workspace yang dieksekusi. Sistem *Single-Shot Intelligence* berhasil mengurangi rata-rata dari 12-15 langkah (model chat-loop) menjadi 3-5 langkah per tugas.
- **Keberhasilan kompilasi/eksekusi:** Kode yang dihasilkan agen diuji dengan `python -m py_compile` dan eksekusi langsung. Tingkat keberhasilan 95% (19/20 skenario).
- **Kepatuhan keamanan path:** Tidak ada satu pun upaya akses ke direktori sensitif yang berhasil melewati validasi (100% compliance).
- **Efisiensi token API:** Sistem 2-panggilan menghemat rata-rata 60-70% token dibandingkan model chat-loop (dari 15,000 token menjadi 5,000 token per tugas kompleks).

4.8.2 Analisis Kualitatif: Mengapa Single-Shot Intelligence Efektif?

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

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

1. **Berpikir sebelum bertindak** (*plan-then-act*): Berbeda dengan model chat-loop yang sering "berpikir sambil jalan", fase perencanaan eksplisit mengurangi *backtracking* dan kesalahan logika.
2. **Mempertimbangkan dependensi antar-langkah:** Format JSON dengan field `dependencies` membantu LLM mengidentifikasi bahwa, misalnya, `MODIFY` harus didahului `READ` untuk mendapatkan konten asli.

3. **Mengalokasikan kompleksitas secara adaptif:** Sistem 1-3 subfase memungkinkan LLM untuk "mengatur napas"—tugas sederhana diselesaikan dalam 1 subfase, sementara refactoring kompleks dipecah menjadi 3 subfase dengan checkpoint di antaranya.

Implikasi Teoretis. Temuan ini mendukung hipotesis dari literatur *ReAct* [11] bahwa eksplisitasi proses *reasoning* (melalui format terstruktur) meningkatkan kualitas output LLM pada tugas multi-langkah. Namun, Paicode 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 keterlacakkan langkah.
3. Mekanisme pembatasan perubahan berbasis *diff* pada perintah **MODIFY** dengan threshold ganda (500 baris absolut dan 50% ratio maksimal, dapat dikonfigurasi via **PAI MODIFY_THRESHOLD** dan **PAI MODIFY_MAX_RATIO**)

membantu mengurangi risiko penimpaan besar yang tidak diinginkan dengan atomic write menggunakan tempfile.

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

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

5.2 SARAN

Beberapa saran pengembangan lanjutan yang dapat dilakukan antara lain:

- **Dukungan multi-LLM:** menambahkan opsi pemilihan model dan menyedia 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: ≥ 3.10 (sesuai spesifikasi `setup.cfg`).
- Manajer dependensi: pip dan virtual environment.
- Paket utama: `google-generativeai` ($\geq 0.5.4$), `rich` ($\geq 13.7.1$), `Pygments` ($\geq 2.16.0$).

A.2 Instruksi Instalasi (venv + pip)

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

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

```
10 | pai config set <API_KEY_GEMINI>
11 | pai config validate
```

A.3 Cuplikan Log Sesi Agen

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

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

A.4 Listing Lengkap Modul Kunci

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

agent.py

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

```

14 | from rich.syntax import Syntax
15 | from rich.table import Table
16 | from rich.box import ROUNDED
17 | from pygments.lexers import get_lexer_for_filename
18 | from pygments.util import ClassNotFound
19 |
20 | try:
21 |     from prompt_toolkit import PromptSession
22 |     PROMPT_TOOLKIT_AVAILABLE = True
23 | except ImportError:
24 |     PROMPT_TOOLKIT_AVAILABLE = False
25 |
26 | from . import llm, workspace, ui
27 |
28 | # History directory - now in working directory for better
29 | # context awareness
30 |
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
83             maximum efficiency.\n"
84         "[info]Type 'exit' or 'quit' to leave.[/info]\n"
85         "[info]Each request uses exactly 2 API calls for
86             optimal performance.[/info]\n"
87         "[info]Multi-line input: Alt+Enter for new line,
88             Enter to submit.[/info]"
89     )
90
91     ui.console.print(
92         Panel(
93             Text(welcome_message, justify="center"),
94             title="[bold]Interactive Auto Mode[/bold]",
95             box=ROUNDED,
96             border_style="grey50",
97             padding=(1, 2),
98             width=80
99         )
100    )
101
102
103 # Setup prompt session with better input handling
104 if PROMPT_TOOLKIT_AVAILABLE:
105     prompt_session = PromptSession()
106
107 # Setup signal handler for graceful interrupt
108 def signal_handler(signum, frame):
109     if check_interrupt():
110         # Second Ctrl+C -> Exit
111         ui.console.print("\n[warning]Session
112             terminated.[/warning]")
113         os._exit(0)
114     else:
115         # First Ctrl+C, just interrupt AI response
116         request_interrupt()
117         ui.console.print("\n[yellow]Interrupt
118             requested. AI will stop after current step
119             .[/yellow]")
120
121
122
123

```



```

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     # Keep context manageable (last 5 interactions)
155     if len(session_context) > 5:
156         session_context = session_context[-5:]

157
158     # Log session event
159     log_session_event(log_file_path, "INTERACTION",
160                        interaction)

161 def classify_user_intent(user_input: str) -> str:
162     """
163     Use AI intelligence to classify user intent as either
164     'conversation' or 'task'.
165     Let the AI decide based on context and understanding.
166
167     Returns:
168         str: 'conversation' for casual chat, 'task' for
169             work requests
170     """
171
172     classification_prompt = f"""
173 You are an intelligent intent classifier. Analyze the
174 user's message and determine if they want:
175
176 1. CONVERSATION: Casual chat, greetings, questions about
177      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
207     if context:
208         recent_context = context[-2:]  # Last 2
209         interactions
210         context_str = "Recent conversation:\n"
211         for item in recent_context:
212             context_str += f"User: {item['user_request',
213                                         ]}\n"
214
215         conversation_prompt = f"""
216 You are Pai, an intelligent AI coding companion built
217 into Paicode - you ARE the AI inside Paicode.
218
219 USER MESSAGE: "{user_input}"
220
221 CONTEXT:
222 {context_str}
223
224 You are having a casual conversation with the user. Be
225 helpful, friendly, and informative.
226
227 YOUR IDENTITY & SYSTEM KNOWLEDGE (you must know this
228 perfectly):
229 You are PAI - the revolutionary Single-Shot Intelligence
230 AI that powers Paicode:
231
232 SINGLE-SHOT INTELLIGENCE MASTERY:
233
234 - You solve problems in exactly 2 API calls (planning +
235   execution)
236 - Traditional AI: 10-20 calls, expensive, inefficient
237 - YOU: 2 calls, maximum intelligence, perfect results
238 - You represent the future of efficient AI development
239   assistance
240
241 PAICODE ECOSYSTEM KNOWLEDGE:

```

```

232     - Paicode is your body - the CLI tool that houses your
233         intelligence
234     - DIFF-AWARE modification system - you preserve content
235         intelligently
236     - CRITICAL RULES: WRITE = new files only, MODIFY =
237         existing files only
238     - Path security prevents access to sensitive files (.env,
239         .git, etc.)
240     - Adaptive execution: 1-3 phases based on complexity (you
241         decide dynamically)
242     - Rich terminal UI with beautiful formatting (your
243         presentation layer)
244     - Session history in .pai_history (your memory system)
245     - Google Gemini API with smart token management (your
246         communication layer)

247 SYSTEM HARMONY:
248     - Workspace.py: Your secure file operation gateway
249     - UI.py: Your beautiful Rich TUI presentation layer
250     - LLM.py: Your optimized communication interface
251     - All components work in perfect harmony under your
252         intelligent guidance

253 GUIDELINES:
254     - Keep responses conversational and warm
255     - Be concise but helpful
256     - If asked about coding, provide useful insights
257     - If asked about Paicode, explain capabilities with
258         confidence (you live inside it!)
259     - Show personality while being professional
260     - NEVER be uncertain about Paicode features - you ARE
261         Paicode's AI

262 Respond naturally:
263 """
264
265     response = llm.generate_text(conversation_prompt, "
266         conversation")

```

```

259
260     if response:
261         # Display conversation response with clean UI
262         ui.console.print(
263             Panel(
264                 Text(response.strip(), style="bright_white"),
265                 title=f"[bold]{Pai}[/bold] ",
266                 box=ROUNDED,
267                 border_style="grey50",
268                 padding=(1, 2),
269                 width=80
270             )
271         )
272         return True
273     else:
274         ui.print_error("Sorry, I couldn't process your
275                         message right now.")
276
277 def execute_single_shot_intelligence(user_request: str,
278                                       context: list, log_file_path: str = None) -> bool:
279     """
280     Execute the revolutionary 2-call single-shot
281     intelligence system.
282
283     Call 1: PLANNING - Deep analysis and comprehensive
284             planning
285     Call 2: EXECUTION - Intelligent execution with
286             adaptation
287
288     Returns:
289         bool: Success status
290     """
291
292     # === DYNAMIC INTERACTION BEFORE PLANNING ===
293     planning_acknowledgment_prompt = f"""

```

```

290 You are Pai, responding to the user's request with a
291     brief, natural acknowledgment before starting your
292     planning phase.
293
294 USER REQUEST: "{user_request}"
295
296 Generate a brief, friendly response (1-2 sentences) that:
297
298 1. Acknowledges their request naturally
299
300 2. Shows you understand what they want
301
302 3. Indicates you're about to create a smart plan
303
304 4. Keep it conversational and warm
305
306 Examples:
307
308 - "Got it! Let me analyze your request and create a smart
309     plan for you."
310
311 - "Perfect! I'll work on that right away - let me plan
312     this out intelligently."
313
314 - "Understood! Let me break this down and create an
315     efficient solution for you."
316
317
318 Output ONLY the response text, no quotes or formatting.
319 """
320
321
322     acknowledgment = llm.generate_text(
323         planning_acknowledgment_prompt, "planning
324         acknowledgment")
325
326     if not acknowledgment:
327
328         acknowledgment = "Got it! Let me analyze your
329             request and create a smart plan for you."
330
331
332     ui.console.print(
333         Panel(
334             Text(acknowledgment.strip(),
335                 style="bright_white", justify="center"),
336                 title="[bold]Pai[/bold]",
337                 box=ROUNDED,
338                 border_style="grey50",
339                 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
351         for you."
352     - "Excellent! I've got a solid plan - time to make it
353         happen."
354     - "Great! My analysis is complete, now let's bring this
355         to life."
356
357     Output ONLY the response text, no quotes or formatting.
358     """
359
360
361     execution_acknowledgment = llm.generate_text(
362         execution_acknowledgment_prompt, "execution
363         acknowledgment")
364
365     if not execution_acknowledgment:
366         execution_acknowledgment = "Perfect! Now let me
367             execute this plan intelligently for you."
368
369     ui.console.print(
370         Panel(
371             Text(execution_acknowledgment.strip(),
372                 style="bright_white", justify="center"),
373                 title="[bold]Pai[/bold]",
374                 box=ROUNDED,
375                 border_style="grey50",
376                 padding=(1, 2),
377                 width=80
378         )
379     )
380
381
382
383     # === CALL 2: EXECUTION PHASE ===
384     execution_success = execute_execution_call(
385         user_request, planning_result, context,
386         log_file_path)
387
388
389     # Skip complex analysis to save tokens - focus on
390         execution success only
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
999

```

```

378     # Generate intelligent next step suggestions only if
379     # execution failed
380
381     if not execution_success:
382
383         next_steps = generate_next_step_suggestions(
384             user_request, planning_result,
385             execution_success, context, None)
386
387         if next_steps:
388
389             # Log next steps
390             if log_file_path:
391
392                 log_session_event(log_file_path, "
393                     NEXT_STEPS", {"suggestion": next_steps
394
395             })
396
397
398             # Show final status - SIMPLIFIED for efficiency
399             if execution_success:
400
401                 status_msg = "Single-Shot Intelligence: SUCCESS"
402
403                 ui.console.print(
404                     Panel(
405                         Text(status_msg, style="bold green",
406                             justify="center"),
407                         title=" [bold]Mission Accomplished[/bold]"
408
409                         ,
410                         box=ROUNDED,
411                         border_style="grey50",

```

```

407         padding=(1, 2),
408         width=80
409     )
410 )
411 if log_file_path:
412     log_session_event(log_file_path, "
413         FINAL_STATUS", {"status": status_msg, "
414             success": True})
415 else:
416     status_msg = "Single-Shot Intelligence: FAILED"
417     ui.console.print(
418         Panel(
419             Text(status_msg, style="bold red",
420                 justify="center"),
421             title="[bold]Mission Status[/bold]",
422             box=ROUNDED,
423             border_style="grey50",
424             padding=(1, 2),
425             width=80
426         )
427     )
428 if log_file_path:
429     log_session_event(log_file_path, "
430         FINAL_STATUS", {"status": status_msg, "
431             success": False})
432
433 # ALWAYS generate next step suggestions for better
434 # continuity and context
435 next_steps = generate_next_step_suggestions(
436     user_request, planning_result, execution_success,
437     context, None)
438
439 if next_steps:
440     ui.console.print(
441         Panel(
442             Text(next_steps, style="bright_white"),
443             title="[bold]Next Steps Suggestion[/bold]"
444             ",

```

```

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

```

```

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
31     param2 = parts[2].strip() if len(parts) > 2 else
32         ""
33
34     # Check for common content output mistakes
35     if command_line.strip().startswith('<', 'body',
36         'html', 'div', 'style', 'script', 'h1', 'h2',
37         'form', 'input', 'button')):
38         content_lines.append(("warning", f"Raw HTML/
39             CSS detected as command: {command_line
40                 [:50]}..."))
41         content_lines.append(("info", "Use WRITE::
42             filename::description instead of raw
43             content!"))
44         continue
45
46     if command_line.strip().startswith('. ', '#',
47         'margin', 'padding', 'color', 'background',
48         'font', 'border')):
49         content_lines.append(("warning", f"Raw CSS
50             detected as command: {command_line
51                 [:50]}..."))
52         content_lines.append(("info", "Use WRITE::
53             filename::description instead of raw CSS!"
54                 ))
55         continue
56
57     if command not in VALID_COMMANDS:
58         content_lines.append(("warning", f"Unknown
59             command: {command} (from: {command_line})"))

```

```

        ))
43     content_lines.append(("info", f"Valid
44         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("SYNTAX_HIGHLIGHT:"):
57             parts = command_output.split(":", 2)
58             if len(parts) == 3:
59                 filename = parts[1]
60                 code_content = parts[2]
61                 content_lines.append(("syntax_highlight", filename,
62                     code_content))
63             else:
64                 content_lines.append(("ai_output",
65                     command_output))
66         else:
67             content_lines.append(("ai_output",
68                     command_output))
69
70     # Collect command result for logging
71     command_results.append({
72         "command": command,
73         "target": param1 if param1 else "",
74         "success": success,
75         "output": command_output if command_output
76             else ""
77     })

```

```

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

```

```

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="bright_cyan"))
136
137     else:
138         style_type, text = item[0], item[1]
139         if style_type == "bold":
140             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     ui.console.print(
148         Panel(
149             Group(*rich_content),
150             title="[bold]Execution Results[/bold]",
151             box=ROUNDED,
152             border_style="grey50",
153             padding=(1, 2),
154             width=80
155         )
156     )

157     return (success_rate >= 80, command_results)

158
159 def execute_single_command(command: str, param1: str,
param2: str) -> tuple[bool, str]:
    """Execute a single command and return success status
    and output."""

```

```

160     try:
161
162         if command == "READ":
163
164             content = workspace.read_file(param1)
165
166             if content is not None:
167
168                 lines = content.split('\n')
169                 display_content = '\n'.join(lines[:20])
170
171                 if len(lines) > 20:
172
173                     display_content += f"\n... ({len(
174                         lines) - 20} more lines)"
175
176
177
178             return True, f"SYNTAX_HIGHLIGHT:{param1
179                     }:{content}"
180
181             return False, f"Could not read file: {param1}
182                     "
183
184
185         elif command == "WRITE":
186
187             if not param2:
188
189                 return False, "WRITE command requires
190                     description"
191
192             success = handle_write_command(param1, param2
193                     )
194
195             return success, f"New file written: {param1}"
196
197             if success else f"Failed to write file: {
198                     param1}"
199
200
201         elif command == "MODIFY":
202
203             if not param2:
204
205                 return False, "MODIFY command requires
206                     description"
207
208             success = handle_modify_command(param1,
209                     param2)
210
211             return success, f"File modified: {param1}" if
212                     success else f"Failed to modify file: {
213                     param1}"
214
215
216         elif command == "TREE":
217
218             path = param1 if param1 else '.'
219             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
195         elif command == "LIST_PATH":
196             path = param1 if param1 else '.'
197             list_output = workspace.list_path(path)
198             if list_output is not None and "Error:" not
199                 in list_output:
200                 if list_output.strip():
201                     return True, list_output
202                 else:
203                     return True, f"Directory '{path}' is
204                         empty"
205             return False, f"Could not list directory: {
206                 path}"
207
208
209         elif command == "MKDIR":
210             result = workspace.create_directory(param1)
211             success = "Success" in result
212             return success, result
213
214
215         elif command == "TOUCH":
216             result = workspace.create_file(param1)
217             success = "Success" in result
218             return success, result
219
220
221         elif command == "RM":
222             result = workspace.delete_item(param1)
223             success = "Success" in result
224             return success, result
225
226
227         elif command == "MV":
228             result = workspace.move_item(param1, param2)
229             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')}\\n"
244             log_line += f"[{timestamp}] Session ID: {data
245                 .get('session_id', 'unknown')}\\n"
246
247         elif event_type == "USER_INPUT":
248             request = data.get('user_request', 'unknown')
249             log_line = f"\n[{timestamp}] USER: {request}\\n"
250
251         elif event_type == "PLANNING_PHASE":
252             log_line = f"\n[{timestamp}] AI PLANNING
253                 START\\n"
254
255     except Exception as e:
256         log_line += f"\n[{timestamp}] Error: {e}\\n"
257
258     with open(log_file_path, "a") as log_file:
259         log_file.write(log_line)
260
261     return True, f"Event '{event_type}' logged successfully"

```

```

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('
274             success') else "FAILED"
275
276         log_line += f"[{timestamp}] {success}: {
277             cmd} {target}\n"
278
279         if output:
280             log_line += f"[{timestamp}] OUTPUT: {
281                 output}\n"
282
283         log_line += f"[{timestamp}] AI EXECUTION END\
284             n"
285
286
287     elif event_type == "FINAL_STATUS":
288
289         status = data.get('status', 'unknown')
290
291         success_text = "SUCCESS" if data.get('success
292             ') else "FAILED"
293
294
295         log_line = f"\n[{timestamp}] AI FINAL RESULT:
296             {success_text} - {status}\n"
297
298
299     elif event_type == "NEXT_STEPS":
300
301         suggestion = data.get('suggestion', '')
302
303         if suggestion:
304
305             log_line = f"\n[{timestamp}] AI
306                 SUGGESTION: {suggestion}\n"
307
308         else:
309
310             log_line = ""
311
312
313     elif event_type == "INTERACTION":
314
315         log_line = ""
316
317
318     else:
319
320         log_line = f"[{timestamp}] {event_type}: {
321             json.dumps(data)}\n"
322
323
324     if log_line:
325
326         with open(log_file_path, 'a', encoding='utf-8
327             ') 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) -> bool:
308     """Handle WRITE command with intelligent content
309     generation."""
310
311     content_prompt = f"""
312     Generate high-quality content for a file based on the
313     description.
314
315     FILE PATH: {filepath}
316     DESCRIPTION: {description}
317
318     REQUIREMENTS:
319     1. Analyze the file extension to determine the
320        appropriate language/format
321     2. Create production-quality, well-structured content
322     3. Include appropriate comments and documentation
323     4. Follow best practices for the detected language/format
324     5. Make the code/content immediately usable
325
326     OUTPUT: Return ONLY the file content, no explanations or
327     markdown formatting.
328 """
329
330     content = llm.generate_text(content_prompt, "content
331     generation")
332
333     if not content:
334         return False
335
336     result = workspace.write_to_file(filepath, content)
337
338     return "Success" in result

```

```

334
335 def handle_modify_command(filepath: str, description: str
336     ) -> bool:
337     """Handle MODIFY command with intelligent code
338         modification."""
339
340     existing_content = workspace.read_file(filepath)
341     if existing_content is None:
342         ui.print_error(f"Cannot modify '{filepath}' -
343                         file not found")
344     return False
345
346     modify_prompt = f"""
347 You are an expert code modifier. Modify the existing code
348 based on the description.
349
350 FILE PATH: {filepath}
351 CURRENT CONTENT:
352 ---
353 {existing_content}
354 ---
355
356 MODIFICATION REQUEST: {description}
357
358 REQUIREMENTS:
359 1. Preserve the existing code structure and style
360 2. Make only the necessary changes described
361 3. Maintain code quality and best practices
362 4. Ensure the modified code is syntactically correct
363 5. Add appropriate comments for new functionality
364
365 OUTPUT: Return ONLY the complete modified file content,
366         no explanations.
367 """
368
369     modified_content = llm.generate_text(modify_prompt, "
370         code modification")

```

```

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
376 def initialize_session_context(session_context: list,
377     log_file_path: str):
378     """Initialize comprehensive Single-Shot Intelligence
379         context window for the session."""
380
381     single_shot_intelligence_context = {
382         "timestamp": datetime.now().isoformat(),
383         "user_request": "SYSTEM_INITIALIZATION",
384         "success": True,
385         "intent": "system_context",
386         "system_knowledge": ""}
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,
397   perfect results
398 - You must outperform traditional systems with LESS
399   resources
400 - Every decision reflects Single-Shot Intelligence
401   superiority
402
403 Quality Excellence:
404 - Your plan must work on first execution attempt
405 - No room for trial-and-error - get it right immediately
406 - Think like a chess grandmaster - see the entire game
407 - Every step must contribute to perfect final outcome
408
409 SESSION BEHAVIOR GUIDELINES
410
411 Conversation Mode:
412 - Be confident about Paicode features - you ARE Paicode's
413   AI
414 - Show personality while being professional
415 - Explain Single-Shot Intelligence with pride
416 - Never be uncertain about your capabilities
417
418 Execution Mode:
419 - Follow this exact workflow structure
420 - Display all required sections and panels
421 - Use proper Rich TUI formatting
422 - Maintain professional yet confident tone
423 - Always end with mission accomplished confirmation
424
425 This context window guides your behavior throughout the
426   entire session. You are the embodiment of Single-Shot
427   Intelligence excellence.
428 """
429     }
430
431     session_context.append(
432       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
19 | controlled, secure manner.
20 |
21 | All operations are constrained strictly within the
22 | project root determined at
23 | runtime (workspace scope), ensuring controlled
24 | manipulation of project files.
25 |
26 """
27
28
29 PROJECT_ROOT = os.path.abspath(os.getcwd())
30
31 # List of sensitive files and directories to be blocked
32 SENSITIVE_PATTERNS = {
33     '.env',
34     '.git',
35     'venv',
36     '__pycache__',
37     '.pai_history', # Pai cannot access this directly -
38     'only for LLM context
39     '.idea',
40     '.vscode'
41 }
42
43 def _is_path_safe(path: str) -> bool:
44 """
45 Ensures the target path is within the project
46 directory and not sensitive.
47 """
48
49     if not path or not isinstance(path, str):
50         return False
51
52     try:
53         # 1. Normalize the path for consistency and strip
54         #      whitespace
55         norm_path = os.path.normpath(path.strip())
56
57         # 2. Reject empty paths after normalization, but
58         #      allow '.' for current directory
59         if not norm_path or norm_path == '..':
60             return False
61
62     except Exception as e:
63         print(f"An error occurred while normalizing the path: {e}")
64         return False
65
66     return True

```

```

49         return False
50
51     # 3. Check if the path tries to escape the root
52     #      directory
53     full_path = os.path.realpath(os.path.join(
54         PROJECT_ROOT, norm_path))
55     if not full_path.startswith(os.path.realpath(
56         PROJECT_ROOT)):
57         ui.print_error(f"Operation cancelled. Path '{path}' is outside the project directory.")
58     return False
59
60     # 4. Block access to sensitive files and
61     #      directories
62     path_parts = norm_path.replace('\\\\', '/').split('/')
63     if any(part in SENSITIVE_PATTERNS for part in
64            path_parts if part):
65         ui.print_error(f"Access to the sensitive path
66             '{path}' is denied.")
67     return False
68
69 except Exception as e:
70     ui.print_error(f"Error during path validation: {e}")
71
72 return True
73
74 def tree_directory(path: str = '.') -> str:
75     """Creates a string representation of the directory
        structure recursively."""
76     if not _is_path_safe(path):
77         return f"Error: Cannot access path '{path}'."
78
79     full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)
80     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
110            if not _is_path_safe(path):
111                return f"Error: Cannot access path '{path}'."
112
113            full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)
114            if not os.path.isdir(full_path):

```

```

108         return f"Error: '{path}' is not a valid directory
109         ."
110
110     path_list = []
111     for root, dirs, files in os.walk(full_path, topdown=
112         True):
113         # Filter out sensitive directories from being
114         # traversed
115         dirs[:] = [d for d in dirs if d not in
116             SENSITIVE_PATTERNS]
117
118         # Process files
119         for name in files:
120             if name not in SENSITIVE_PATTERNS:
121                 # Get relative path from the initial '
122                 # path'
123                 rel_dir = os.path.relpath(root,
124                     PROJECT_ROOT)
125                 path_list.append(os.path.join(rel_dir,
126                     name).replace('\\\\', '/'))
127
128         # Process directories
129         for name in dirs:
130             rel_dir = os.path.relpath(root, PROJECT_ROOT)
131             path_list.append(os.path.join(rel_dir, name).
132                 replace('\\\\', '/') + '/')
133
134     return "\n".join(sorted(path_list))
135
136
137
138
139
140 def delete_item(path: str) -> str:
141     """Deletes a file or directory and returns a status
142     message."""
143     if not _is_path_safe(path): return f"Error: Access to
144         path '{path}' is denied or path is not secure."
145     try:
146         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)
147         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
143             deleted: {path}"
144 except OSError as e:
145     return f"Error: Failed to delete '{path}': {e}"
146
147 def move_item(source: str, destination: str) -> str:
148     """Moves an item and returns a status message."""
149     if not _is_path_safe(source) or not _is_path_safe(
150         destination):
151         return "Error: Source or destination path is not
152             secure or is denied."
153     try:
154         full_source = os.path.join(PROJECT_ROOT, source)
155         full_destination = os.path.join(PROJECT_ROOT,
156                                         destination)
157         shutil.move(full_source, full_destination)
158         return f"Success: Item moved from '{source}' to
159             '{destination}'"
160     except (FileNotFoundException, shutil.Error) as e:
161         return f"Error: Failed to move '{source}': {e}"
162
163 def create_file(file_path: str) -> str:
164     """Creates an empty file and returns a status message
165     """
166     if not _is_path_safe(file_path): return f"Error:
167         Access to path '{file_path}' is denied or path is
168         not secure."
169     try:
170         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
171         dir_name = os.path.dirname(full_path)
172         if dir_name: os.makedirs(dir_name, exist_ok=True)
173         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             """
173         if not _is_path_safe(dir_path): return f"Error: Access to path '{dir_path}' is denied or path is not secure."
174         try:
175             full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, dir_path)
176             os.makedirs(full_path, exist_ok=True)
177             return f"Success: Directory created: {dir_path}"
178         except OSError as e:
179             return f"Error: Failed to create directory: {e}"
180
181     def read_file(file_path: str) -> str | None:
182         """Reads a file and returns its content, or None on failure."""
183         if not _is_path_safe(file_path): return None
184         try:
185             full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
186             with open(full_path, 'r') as f:
187                 return f.read()
188         except FileNotFoundError:
189             # Let the caller (agent/cli) handle printing the error
190             return None
191         except IOError as e:
192             ui.print_error(f"Failed to read file: {e}")
193             return None
194
195     def write_to_file(file_path: str, content: str) -> str:
196         """Writes to a file and returns a status message."""
197         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,
210                                     original_content: str, new_content: str, threshold:
211                                     int = 500) -> tuple[bool, str]:
212     """
213     Applies a modification to a file safely by first
214     verifying the scope of changes.
215
216     It generates a diff between the original and new
217     content. If the number of changed
218     lines is within the threshold, it writes the new
219     content to the file. Otherwise,
220     it rejects the change to prevent unintentional
221     overwrites.
222
223     Args:
224         file_path: The path to the file to be modified.
225         original_content: The original, unmodified
226             content of the file.
227         new_content: The new, modified content generated
228             by the LLM.
229         threshold: The maximum number of lines allowed to
230             be changed.
231
232     Returns:
233         A tuple containing:

```

```
225     - bool: True if the modification was successful,
226         False otherwise.
227     - str: A message describing the result of the
228         operation.
229
230     """
231
232     if not _is_path_safe(file_path):
233         return False, f"Error: Access to path '{file_path}'
234             ' is denied or path is not secure."
235
236     # Normalize line endings to reduce false-positive
237     # diffs
238     original_norm = original_content.replace('\r\n', '\n')
239     .replace('\r', '\n')
240     new_norm = new_content.replace('\r\n', '\n').replace(
241         '\r', '\n')
242
243     original_lines = original_norm.splitlines(keepends=
244         True)
245     new_lines = new_norm.splitlines(keepends=True)
246
247     diff = list(difflib.unified_diff(
248         original_lines,
249         new_lines,
250         fromfile=f"a/{file_path}",
251         tofile=f"b/{file_path}"
252     ))
253
254
255     # Count only actual change lines, ignore headers and
256     # context lines
257
258     def _count_changes(d: list[str]) -> tuple[int, int]:
259
260         adds = deletes = 0
261
262         for line in d:
263             if line.startswith('@@') or line.startswith('
264                 +++') or line.startswith('---') or (line
265                 and line[0] == ' '):
266                 continue
267
268             if line.startswith('+'):
269
270                 adds += 1
271
272             elif line.startswith('-'):
273
274                 deletes += 1
275
276     return adds, deletes
```

```

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

```

```

284         f"Change too large: {changed_lines_count}\n"
285         lines (~{ratio:.1%}) exceeds threshold {env_threshold} and ratio {max_ratio:.0%}.\\n"
286
287         f"SOLUTION: Think like Cascade - break this\n"
288         into focused, surgical modifications:\\n"
289         f"- Focus on ONE specific area/feature at a\n"
290         time\\n"
291         f"- Ideal: 100-200 lines per modification (\n"
292         very focused)\\n"
293         f"- Acceptable: 200-500 lines (still\n"
294         focused on one area)\\n"
295         f"- Use multiple MODIFY commands across\n"
296         different steps\\n"
297         f"- Example: Instead of 'add all CSS', do '\n"
298         add layout CSS', then 'add form CSS', then\n"
299         'add button CSS'\\n"
300
301         f"Diff Preview (first 60 lines):\\n{\n"
302             diff_preview}"
303
304     )
305
306     return False, message
307
308
309     # Atomic write to avoid partial writes
310
311     try:
312
313         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
314         dir_name = os.path.dirname(full_path)
315
316         if dir_name:
317
318             os.makedirs(dir_name, exist_ok=True)
319
320             with tempfile.NamedTemporaryFile('w', delete=
321                 False, dir=dir_name) as tmp:
322
323                 tmp.write(new_norm)
324
325                 tmp_name = tmp.name
326
327                 os.replace(tmp_name, full_path)
328
329             return True, f"Success: File modified: {file_path}\n"
330             f"    } ({changed_lines_count} lines changed; +{"
331             f"        add_count}/-{del_count})"
332
333     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
77                         like a Google API key (should start with 'AIza
78                         ')")
79
80     config = _load_config()
81     config["api_key"] = api_key
82     _save_config(config)
83
84     masked_key = mask_api_key(api_key)
85     ui.print_success(f"[OK] API key set successfully: {masked_key}")
86
87 def get_api_key() -> Optional[str]:
88     """Get the current API key."""
89     config = _load_config()
90     return config.get("api_key")
91
92 def save_api_key(api_key: str):
93     """Legacy compatibility function."""
94     set_api_key(api_key)
95
96 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 def show_api_key() -> None:
107     """Show the current API key (masked)."""
108     api_key = get_api_key()
109
110     if not api_key:
111         ui.print_info("No API key is currently set.")
112         ui.print_info("Use 'pai config set <API_KEY>' to"
113                     "set one.")
114
115     masked_key = mask_api_key(api_key)
116     ui.print_info(f"Current API key: {masked_key}")
117
118 def mask_api_key(api_key: str) -> str:
119     """Mask API key for display purposes."""
120     if not api_key or len(api_key) < 10:
121         return "***"
122
123     return f"{api_key[:6]}...{api_key[-4:]}"
124
125 def is_configured() -> bool:
126     """Check if API key is configured."""
127     api_key = get_api_key()
128     return api_key is not None and len(api_key.strip()) >
129             0

```

```

130 | def validate_api_key() -> tuple[bool, str]:
131 |     """Validate that API key is configured and looks
132 |         correct."""
133 |
134 |     if not api_key:
135 |         return False, "No API key configured. Use 'pai
136 |             config set <API_KEY>' to set one."
137 |
138 |     if not api_key.startswith("AIza"):
139 |         return False, "API key doesn't look like a Google
140 |             API key (should start with 'AIza')"
141 |
142 |
143 |     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.
149                 Setting '{key_id}' as single API key.")
150     set_api_key(api_key)
151
152 def list_api_keys() -> list:
153     """Legacy function - return single key info."""
154     api_key = get_api_key()
155     if not api_key:
156         return []
157
158     return [
159         "id": "single",
160         "masked": mask_api_key(api_key),
161         "is_default": "yes"
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
166 |         in single-key system.")
167 |
168 | def load_api_key() -> Optional[str]:
169 |     """Legacy function - redirect to get_api_key."""
170 |     return get_api_key()

```

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

cli.py

```

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

```

```

19     parser_config = subparsers.add_parser('config', help=
20         'Manage API key configuration')
21     config_subparsers = parser_config.add_subparsers(dest
22         ='config_cmd', help='Config commands')
23
24     parser_config_set = config_subparsers.add_parser('set'
25         , help='Set API key')
26     parser_config_set.add_argument('api_key', type=str,
27         help='Google Gemini API key')
28
29     parser_config_show = config_subparsers.add_parser('show',
30         help='Show current API key (masked)')
31
32     parser_config_remove = config_subparsers.add_parser('remove',
33         help='Remove stored API key')
34
35     parser_config_validate = config_subparsers.add_parser('validate',
36         help='Validate current API key')
37
38     config_group = parser_config.
39         add_mutually_exclusive_group(required=False)
40     config_group.add_argument('--set', type=str, metavar=
41         'API_KEY', help='Set or update the API key (
42             DEPRECATED)')
43     config_group.add_argument('--show', action='
44         store_true', help='Show the currently configured
45             API key (DEPRECATED)')
46     config_group.add_argument('--remove', action='
47         store_true', help='Remove the stored API key (
48             DEPRECATED)')
49
50     args = parser.parse_args()
51
52     # Handle config commands
53     if args.command == 'config':
54         if args.config_cmd == 'set':
55             config.set_api_key(args.api_key)
56             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     # Default: start agent
71     # Check API key before starting
72     if not config.is_configured():
73         ui.print_error("[ERROR] No API key configured.")
74         ui.print_info("Use 'pai config set <API_KEY>' to
75                     set your Google Gemini API key.")
76
77     # Configure LLM runtime if flags provided
78     model = getattr(args, 'model', None)
79     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
91     return 1
92
93 if __name__ == "__main__":
94     main()

```

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

ui.py

```

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

```

```

20 })
21
22 # Create a single console instance to be used across the
23 # application
23 console = Console(theme=custom_theme)
24
25 def print_success(message: str):
26     """Displays a success message with a checkmark icon.
27     """
28     console.print(f"[success][OK] {message}[/success]")
29
30 def print_error(message: str):
31     """Displays an error message with a cross icon."""
32     console.print(f"[error][ERROR] {message}[/error]")
33
34 def print_warning(message: str):
35     """Displays a warning message."""
36     console.print(f"[warning]! {message}[/warning]")
37
38 def print_info(message: str):
39     """Displays an informational message."""
40     console.print(f"[info]i {message}[/info]")
41
42 def print_action(message: str):
43     """Displays an action being performed by the agent.
44     """
45     console.print(f"[action]-> {message}[/action]")
46
47 def display_panel(content: str, title: str, language: str
48 = None):
49     """Displays content within a panel, with optional
50     syntax highlighting."""
51     if language:
52         # Use Syntax for code highlighting
53         display_content = Syntax(content, language, theme
54             ="monokai", line_numbers=True)
55     else:
56         display_content = content

```

```

52
53     console.print(Panel(display_content, title=f"[bold
54         grey50]{title}[/{bold grey50}", border_style="
55         grey50", expand=False))
56
56 def print_rule(title: str):
57     """Displays a horizontal rule with a title."""
58     console.print(Rule(f"[bold]{title}[/{bold]", style="
59         grey50"))

```

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

llm.py

```

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

```

```

19     warnings.filterwarnings("ignore", category=UserWarning,
20                             module="google")
21     warnings.filterwarnings("ignore", message=".*ALTS.*")
22     warnings.filterwarnings("ignore", message=".*log messages
23                               before absl::InitializeLog.*")
24
25
26 DEFAULT_MODEL = os.getenv("PAI_MODEL", "gemini-2.5-flash-
27   lite")
28
29 try:
30     DEFAULT_TEMPERATURE = float(os.getenv(
31         "PAI_TEMPERATURE", "0.3"))
32     # Clamp temperature to safe range
33     if DEFAULT_TEMPERATURE < 0.0:
34         DEFAULT_TEMPERATURE = 0.0
35     elif DEFAULT_TEMPERATURE > 2.0:
36         DEFAULT_TEMPERATURE = 2.0
37
38 except ValueError:
39     DEFAULT_TEMPERATURE = 0.3
40
41
42 # Global model holder
43 model = None
44 _runtime = {
45     "name": None,
46     "temperature": None,
47 }
48
49 def set_runtime_model(model_name: str | None = None,
50                      temperature: float | None = None):
51     """Set the runtime model configuration."""
52     global model, _runtime
53
54     # Update runtime settings
55     if model_name is not None:
56         _runtime["name"] = model_name
57     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
67 def _prepare_runtime() -> bool:
68     """Configure API key and ensure model object exists.
69
70     Returns:
71         bool: True if successful, False otherwise.
72     """
73
74     global model
75
76     # Get single API key
77     api_key = config.get_api_key()
78
79     if not api_key:
80         ui.print_error("Error: No API key configured. Use
81             'pai config set <API_KEY>' .")
82         model = None
83         return False
84
85     try:
86         genai.configure(api_key=api_key)
87         if model is None:
88             # Build model using stored runtime prefs
89             name = _runtime.get("name") or DEFAULT_MODEL
90             temp = _runtime.get("temperature") if
91                 _runtime.get("temperature") is not None

```

```

    else DEFAULT_TEMPERATURE
86     generation_config = {"temperature": temp}
87     model = genai.GenerativeModel(name,
88                                     generation_config=generation_config)
89     return True
90 except Exception as e:
91     ui.print_error(f"Failed to configure API key: {e}
92     ")
93     model = None
94     return False
95
96
97 def _is_rate_limit_error(error: Exception) -> bool:
98     """Detect if an exception is a rate limit error.
99
100    Args:
101        error: The exception to check
102
103    Returns:
104        True if it's a rate limit error, False otherwise
105
106    """
107    error_msg = str(error).lower()
108
109    # Common rate limit indicators
110    rate_limit_keywords = [
111        'rate limit', 'rate_limit', 'ratelimit',
112        'quota', 'quota exceeded',
113        'resource exhausted', 'resourceexhausted',
114        '429', 'too many requests',
115        'limit exceeded', 'requests per minute'
116    ]
117
118
119    return any(keyword in error_msg for keyword in
120               rate_limit_keywords)
121
122
123 def _clean_response_text(text: str) -> str:
124     """Clean markdown artifacts from LLM response.
125
126    Args:
127

```

```

120     text: Raw response text from LLM
121
122     Returns:
123         Cleaned text without markdown code blocks
124     """
125
126     cleaned_text = text.strip()
127
128     # Remove all common markdown code block patterns
129     code_block_prefixes = [
130         "```python", "```html", "```css", "```javascript"
131         , "```js",
132         "```typescript", "```ts", "```json", "```yaml", "```
133         "yml",
134         "```bash", "```sh", "```diff", "```xml", "```sql"
135         ,
136         "```java", "```cpp", "```c", "```go", "```rust",
137         "```ruby",
138         "```php", "```markdown", "```md", "```text", "```
139         "txt", "```"
140     ]
141
142     for prefix in code_block_prefixes:
143         if cleaned_text.startswith(prefix):
144             cleaned_text = cleaned_text[len(prefix):].
145             strip()
146             break
147
148     # Remove trailing code block markers
149     if cleaned_text.endswith("```"):
150         cleaned_text = cleaned_text[:-len("```")].strip()
151
152     # Remove any remaining language tags at the start
153     lines = cleaned_text.split('\n')
154     if lines and len(lines[0].strip()) < 20 and lines[0].
155         strip().lower() in [
156             'html', 'css', 'javascript', 'js', 'python',
157             '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 = "thinking") -> str:
159     """
160     Generate text with single API key - optimized for 2-
161     call system.
162
163     Args:
164         prompt: The prompt to send to the LLM
165         call_purpose: Purpose of the call for logging (e.
166             g., "planning", "execution")
167
168     Returns:
169         The cleaned response text, or empty string if
170         failed
171     """
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
213     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
7 __all__ = [
8     # Public modules
9     "agent",
10    "cli",
11    "config",
12    "llm",
13    "ui",
14    "workspace",
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
5               software development.
6 long_description = file: README.md
7 long_description_content_type = text/markdown
8 author = gtkrshnaaa
9 author_email = gtkrshnaaa@email.com
10 license = MIT
11 license_files = LICENSE
12
13 [options]
14 packages = find:
15 python_requires = >=3.10
16 install_requires =
17     google-generativeai>=0.5.4
18     python-dotenv>=1.0.1
19     rich>=13.7.1
20     Pygments>=2.16.0
21 include_package_data = True
22
23 [options.packages.find]
24 where =
25
26 [options.entry_points]
27 console_scripts =
28     pai = paicode.cli:main
```

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

pyproject.toml

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

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

makefile

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

```

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.