

**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 Pengembangan 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 Pengaji Tugas Akhir

Yogyakarta, 19 Desember 2025
Dosen Pembimbing,

Dr. Bambang Purnomasidi Dwi Putranto, S.E., Akt., S.Kom., MMSI
NIDN: 0505058801

HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR

Paicode: Agentic AI Berbasis CLI untuk Otomasi Aktivitas Pemrograman dan Pengembangan Perangkat Lunak di Linux yang Ditenagai LLM melalui API

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

Yogyakarta, 19 Desember 2025

Dewan Penguji

Tanda Tangan

1. Nama Dosen Penguji (Ketua)
2. Dr. Bambang Purnomasidi D. P. (Sekretaris)
3. Nama Dosen Penguji (Anggota)

Mengetahui

Ketua Program Studi INFORMATIKA Dekan FAKULTAS TEKNOLOGI IN-
FORMASI

(Nama Kaprodi)
NIDN:

(Nama Dekan)
NIDN:

Pernyataan Keaslian

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul:

Paicode: Agentic AI Berbasis CLI untuk Otomasi Aktivitas Pemrograman dan Pengembangan Perangkat Lunak di Linux yang Ditenagai LLM melalui API

adalah murni hasil karya sendiri dan tidak memuat karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik pada perguruan tinggi manapun, kecuali bagian-bagian tertentu yang dirujuk dan disebutkan secara jelas dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap pernyataan ini, maka bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Yogyakarta,

I PUTU GEDE GILANG TEJA KRISHNA

NIM: 225410001

Kata Pengantar

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Naskah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi INFORMATIKA, FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI, UNIVERSITAS TEKNOLOGI DIGITAL INDONESIA.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Orang tua dan keluarga atas doa, dukungan, serta motivasi yang tiada henti.
2. Dosen pembimbing I dan II atas bimbingan, arahan, dan waktu yang dicurahkan selama proses penyusunan.
3. Para dosen dan staf di FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI atas ilmu, kesempatan, dan fasilitas yang diberikan.
4. Rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan bantuan, masukan, dan semangat selama penelitian ini berlangsung.
5. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang turut berkontribusi dalam bentuk apa pun.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan pada penelitian selanjutnya.

Yogyakarta,

I PUTU GEDE GILANG TEJA KRISHNA

NIM: 225410001

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

Abstrak

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

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

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

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

Abstract

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

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

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

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

Daftar Singkatan

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 memulai 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: .env, .git, venv, __pycache__, .pai_history, .idea, .vscode.

noise suppression	Teknik menekan log yang berisik dari library gRPC/absl 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 ``, bold) 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	iii
Kata Pengantar	iv
Ucapan Terima Kasih	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
Daftar Singkatan	viii
Daftar Simbol	ix
Daftar Istilah	x
1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Teori Dasar	5
2.1.1 Command Line Interface (CLI)	5
2.1.2 AI Agent	5
2.1.3 Large Language Model (LLM)	6
2.1.4 Perbedaan LLM dan Agen AI	6
2.1.5 Arsitektur dan Kebijakan Data	6
2.1.6 Manajemen Dependensi dengan pip dan Virtual Environment	7
2.1.7 Antarmuka Terminal dengan rich dan prompt_toolkit	7

2.2	Penelitian Terkait dan State of the Art	7
2.2.1	AI Coding Assistant Terintegrasi (IDE-based)	7
2.2.2	CLI-based AI Chat Tools	7
2.2.3	Autonomous Software Engineers	8
2.2.4	Posisi Paicode	8
2.3	Posisi Penelitian	8
2.4	Gambar Tinjauan Pustaka	9
3	Metodologi Penelitian	11
3.1	Metode Pengembangan	11
3.2	Arsitektur Sistem	11
3.3	Visualisasi Metodologi	12
3.4	Alat dan Lingkungan	15
3.5	Prosedur Penelitian	15
4	Implementasi dan Hasil	17
4.1	Implementasi Paicode	17
4.1.1	Instalasi	17
4.1.2	Konfigurasi API Key	17
4.1.3	Menjalankan Agen	18
4.2	Alur Interaksi dengan Single-Shot Intelligence	18
4.2.1	Cuplikan Kode Kunci	19
4.3	Cuplikan Log Implementasi	22
4.4	Tabel Skenario Pengujian	33
4.5	Tabel Metrik Evaluasi	34
4.6	Tabel Konfigurasi Lingkungan	34
4.7	Contoh Sesi	34
4.8	Evaluasi	35
5	Kesimpulan dan Saran	37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	38
A	Lampiran A	40
A.1	Konfigurasi Lingkungan	40
A.2	Instruksi Instalasi (venv + pip)	40
A.3	Cuplikan Log Sesi Agen	41
A.4	Listing Lengkap Modul Kunci	41

Daftar Gambar

2.1 Konsep arsitektur agentic AI di lingkungan CLI dengan inferensi LLM melalui API	9
2.2 Model interaksi <i>stateful</i> dan <i>feedback loop</i> pada sesi agen.	10

Daftar Tabel

2.1 Ilustrasi komparasi konseptual antara pendekatan ekstensi editor, layanan daring, dan CLI dengan integrasi LLM via API	10
3.1 Modul dan Dependensi Komponen Paicode	12
3.2 Urutan Interaksi Sesi Agen dengan Single-Shot Intelligence	13
3.3 Rangkuman Validasi Keamanan <i>Path</i>	14
4.1 Skenario Pengujian Paicode	33
4.2 Metrik Evaluasi dan Definisi Operasional	34
4.3 Konfigurasi Lingkungan Uji	34

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 sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang arsitektur agen AI berbasis CLI dengan *Single-Shot Intelligence* yang mencakup klasifikasi intensi, *acknowledgment* dinamis, fase perencanaan JSON, dan fase eksekusi adaptif 1-3 subfase, disertai integrasi LLM melalui API dan manajemen API key tunggal dengan migrasi otomatis dari sistem multi-key?
2. Bagaimana mengimplementasikan kebijakan keamanan *path* dan pembatasan perubahan berbasis *diff* dengan threshold ganda (500 baris absolut dan 50% ratio maksimal) untuk mencegah penimpaan berkas yang tidak diinginkan dan akses ke direktori sensitif?
3. Bagaimana mengintegrasikan kemampuan observasi proyek, manipulasi berkas, serta modifikasi kode terarah dengan mekanisme *interrupt handling* (Ctrl+C) dan pencatatan sesi untuk pengalaman interaktif yang lebih baik?
4. Bagaimana mengevaluasi efektivitas Paicode dalam membantu tugas-tugas pemrograman dengan metrik efisiensi panggilan API, ketepatan hasil, dan kepatuhan keamanan *path*?

1.3 Batasan Masalah

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.

BAB 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Teori Dasar

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.

2.1.1 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.

2.1.2 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.

2.1.3 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].

2.1.4 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*.

2.1.5 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.

2.1.6 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 $\geq 3.0.43$).

2.1.7 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`.

2.2 Penelitian Terkait dan State of the Art

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:

2.2.1 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.

2.2.2 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.

2.2.3 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 persiapan. 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.

2.2.4 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*.

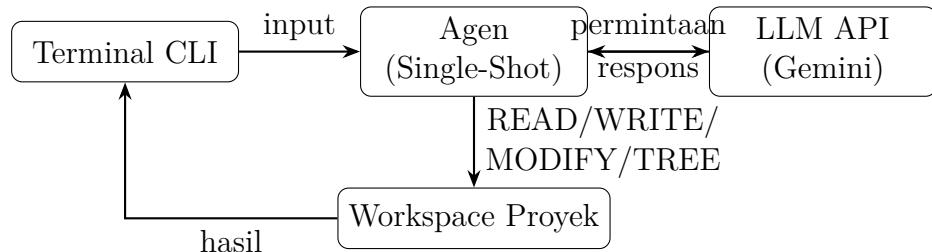
2.3 Posisi Penelitian

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.

2.4 Gambar Tinjauan Pustaka

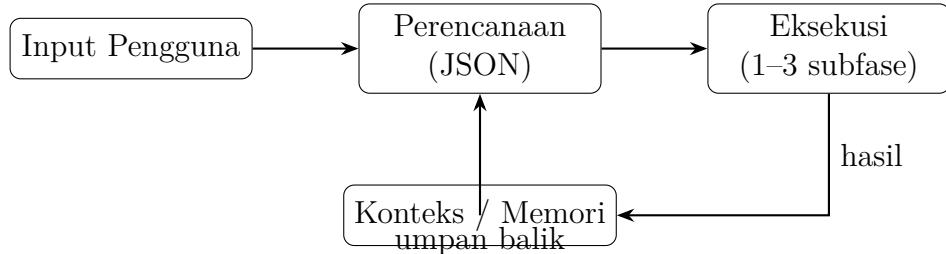


Gambar 2.1: Konsep arsitektur agentic AI di lingkungan CLI dengan inferensi LLM melalui API.

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 2.1 ditunjukkan perbedaan fokus dan pertukaran (trade-off) tingkat tinggi antar pendekatan.



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

Tabel 2.1: 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

Metodologi Penelitian

3.1 Metode Pengembangan

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan strategi *prototyping* iteratif. Pendekatan tersebut dipilih karena kebutuhan eksplorasi desain agen AI yang bersifat *stateful* dan interaktif, sehingga memerlukan siklus cepat: perancangan, implementasi, uji coba, dan perbaikan. Setiap iterasi menghasilkan artefak yang dapat diuji untuk memvalidasi asumsi dan menyempurnakan rancangan.

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> .

Komponen	Deskripsi dan Dependensi Utama
LLM Bridge (llm.py)	Integrasi Gemini API (<code>google-generativeai</code>) dengan manajemen API key tunggal. Membersihkan markdown artifacts dari output LLM dan mengoptimalkan penggunaan token. Mengambil API key dari <code>config</code> .
Konfigurasi (config.py)	Manajemen API key tunggal dalam format JSON di <code>./config/pai-code/credentials.json</code> dengan permission 0o600. Validasi API key Google (prefix "AIza", minimal 20 karakter). Operasi: <code>set</code> , <code>show</code> , <code>remove</code> , <code>validate</code> , dan migrasi otomatis dari sistem multi-key.
Pengatur Workspace (workspace.py)	<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 (ui.py)	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 interkoneksiya, 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.

No	Pelaku	Aksi/Peristiwa
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 segmen 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 segmen <i>path</i> termasuk daftar sensitif (<code>.env</code> , <code>.git</code> , <code>venv</code> , dll.).

Tahap	Detail Pemeriksaan
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_R` serta variabel noise suppression (`GRPC_VERBOSITY`, `GRPC_LOG_SEVERITY`, `ABSL_LOGGING_MIN_LOG_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 (kegagalan 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 Hasil

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     "target_identification": "SPECIFIC files and locations where
8       target content likely exists",
9     "multi_file_strategy": "Which files need to be checked to
10       locate targets accurately",
11     "validation_approach": "How you will verify targets exist
12       before modification",
13     "files_to_read": ["ALL files that might contain target
           content - be comprehensive"],
14     "files_to_create": ["file1", "file2"],
15     "files_to_modify": ["ONLY files confirmed to contain target
           content"],
16     "risk_assessment": "Potential failure points and how to avoid
           them",
17   }
18 }}
```

```

14     "success_criteria": ["Specific, measurable criteria for
15         success"]
16 },
17 "execution_plan": {
18     "steps": [
19         {{
20             "step_number": 1,
21             "action": "READ",
22             "target": "filename",
23             "purpose": "Locate and verify target content exists",
24             "validation_criteria": "What content must be found to
25                 proceed",
26             "expected_outcome": "Confirmed location of target content
27                 "
28         }},
29         {{
30             "step_number": 2,
31             "action": "MODIFY",
32             "target": "filename",
33             "purpose": "Apply changes to confirmed target location",
34             "validation_criteria": "How to verify modification was
35                 successful",
36             "expected_outcome": "Target content successfully modified
37                 "
38         }}
39     ],
40     "command_format_reminder": "CRITICAL: Use exact command names
41         : READ, WRITE, MODIFY, TREE, LIST_PATH, MKDIR, TOUCH, RM,
42         MV, FINISH",
43     "intelligent_command_mapping": {{
44         "delete_remove_requests": "RM::filepath (for any delete/
45             remove/hapus requests)",
46         "create_new_file": "WRITE::filepath::content_description OR
47             TOUCH::filepath",
48         "modify_existing": "MODIFY::filepath::description",
49         "move_rename": "MV::source::destination",
50         "list_files": "LIST_PATH::path",
51         "show_structure": "TREE::path"
52     }},
53     "critical_content_rules": {{
54         "html_css_js_files": "Use WRITE::filename::description (NOT

```

```

        raw content as commands)",
46    "multi_line_content": "Description parameter handles
        content creation, not raw output",
47    "example_correct": "WRITE::index.html::Create login page
        with CSS styling",
48    "example_wrong": "Raw HTML lines as separate commands (
        NEVER DO THIS!)"
49 },
50 "execution_commands": [
51     "READ::filepath",
52     "RM::filepath (for delete requests)",
53     "MODIFY::filepath::description",
54     "FINISH::completion_message"
55 ],
56 "validation_strategy": "How to verify each step before
proceeding to next",
57 "fallback_strategies": ["If target not found in expected file
", "If modification fails"],
58 "post_execution_verification": ["How to confirm final success
"]
59 },
60 "intelligence_notes": {{
61     "complexity_assessment": "simple|moderate|complex",
62     "estimated_time": "time estimate",
63     "key_challenges": ["challenge1", "challenge2"],
64     "recommendations": ["rec1", "rec2"]
65   }}
66 }

```

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

```

1 def execute_execution_call(user_request: str, planning_data: dict
2 , context: list, log_file_path: str = None) -> bool:
3     """
4         CALL 2: Execute with adaptive multi-request system (1-3
5             requests based on complexity).
6             AI decides how many execution phases needed: simple (1),
7                 moderate (2), complex (3).
8             """
9
10    # Start execution phase panel
11    ui.console.print(

```

```

9     Panel(
10        Text("Adaptive Intelligent Execution", style="bold",
11            justify="center"),
12            title="[\b\u00f3ld] Call 2/2: Smart Execution (1-3 phases) [/
13                \b\u00f3ld]",
14            box=ROUNDED,
15            border_style="grey50",
16            padding=(1, 2),
17            width=80
18        )
19    )

```

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

4.3 Cuplikan Log Implementasi

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

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

```

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

```

Pada Listing 4.6 ditunjukkan ringkasan sesi awal dan rencana eksekusi.

Listing 4.7: Cuplikan log: hasil perintah TREE.

```

1 [2025-11-20 22:38:34] AI EXECUTION START

```

```

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

```

Pada Listing 4.7 ditampilkan hasil perintah TREE pada direktori kerja.

Listing 4.8: Cuplikan log: hasil perintah LIST_PATH.

```

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

```

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

```

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

```

```

22 BMI Categories:
23 - Underweight: BMI < 18.5
24 - Normal weight: 18.5 <= BMI < 25
25 - Overweight: 25 <= BMI < 30
26 - Obese: BMI >= 30
27 """
28
29
30 def calculate_bmi(weight_kg: float, height_m: float) -> float:
31     """
32         Calculates the Body Mass Index (BMI).
33
34
35     Args:
36         weight_kg: The user's weight in kilograms.
37         height_m: The user's height in meters.
38
39
40     Returns:
41         The calculated BMI value.
42
43
44     Raises:
45         ValueError: If height_m is zero or negative, as it would
46             lead to division by zero.
47         """
48
49     if height_m <= 0:
50         raise ValueError("Height must be a positive value.")
51     return weight_kg / (height_m ** 2)
52
53
54 def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
55     """
56         Determines the BMI category based on the BMI value.
57
58     Args:
59         bmi: The calculated BMI value.
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 returns them
77     .
78
79     Handles potential input errors by re-prompts until valid
80     numeric input is received.
81
82     Returns:
83         A tuple containing the user's weight in kilograms and
84             height in meters.
85     """
86
87     while True:
88         try:
89             weight_str = input("Enter your weight in kilograms ( "
90                               "kg): ")
91             weight_kg = float(weight_str)
92             if weight_kg <= 0:
93                 print("Weight must be a positive value. Please
94                     try again.")
95                 continue
96             break
97         except ValueError:
98             print("Invalid input. Please enter a numeric value
99                 for weight.")

```

```

97     while True:
98         try:
99             height_str = input("Enter your height in meters (m):
100                 ")
101             height_m = float(height_str)
102             if height_m <= 0:
103                 print("Height must be a positive value. Please
104                     try again.")
105                 continue
106             break
107
108
109         except ValueError:
110             print("Invalid input. Please enter a numeric value
111                 for height.")
112
113
114     def main():
115         """
116             Main function to run the BMI calculator.
117         """
118
119         print("--- BMI Calculator ---")
120
121
122         try:
123             weight, height = get_user_input()
124             bmi = calculate_bmi(weight, height)
125             category = get_bmi_category(bmi)
126
127
128             print(f"\nYour BMI is: {bmi:.2f}")
129             print(f"This falls into the category: {category}")
130
131
132         except ValueError as ve:
133             print(f"Error: {ve}")
134         except Exception as e:
135             print(f"An unexpected error occurred: {e}")

```

```

135 if __name__ == "__main__":
136     main()
137
138 [2025-11-20 22:40:25] SUCCESS: FINISH Content of bmi_calculator.
139 py displayed.
140 [2025-11-20 22:40:25] OUTPUT: OK Content of bmi_calculator.py
141 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; tampilkan
3     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 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: File modified: bmi_calculator.py
14 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: READ bmi_calculator.py
15 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: SYNTAX_HIGHLIGHT:bmi_calculator.py:
16     """
17
18     BMI Calculator Script
19
20     This script calculates the Body Mass Index (BMI) of a user based
21     on their
22     weight and height, and then categorizes the BMI into standard
23     classifications.
24
25     Formula:
26     BMI = weight (kg) / (height (m))^2
27
28     BMI Categories:
29     - Underweight: BMI < 18.5
30     - Normal weight: 18.5 <= BMI < 25
31     - Overweight: 25 <= BMI < 30
32     - Obese: 30 <= BMI < 35
33     - Severely Obese: BMI >= 35
34     """

```

```

27 def calculate_bmi(weight_kg: float, height_m: float) -> float:
28     """
29     Calculates the Body Mass Index (BMI).
30     """
31     if height_m <= 0:
32         raise ValueError("Height must be a positive value.")
33     return weight_kg / (height_m ** 2)
34
35 def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
36     """
37     Determines the BMI category based on the BMI value.
38     """
39     if bmi < 18.5:
40         return "Underweight"
41     elif 18.5 <= bmi < 25:
42         return "Normal weight"
43     elif 25 <= bmi < 30:
44         return "Overweight"
45     elif 30 <= bmi < 35:
46         return "Obese"
47     else: # bmi >= 35
48         return "Severely Obese"
49
50 def get_user_input() -> tuple[float, float]:
51     """
52     Prompts the user for their weight and height and returns them
53     .
54     """
55     while True:
56         try:
57             weight_str = input("Enter your weight in kilograms (kg): ")
58             weight_kg = float(weight_str)
59             if weight_kg <= 0:
60                 print("Weight must be a positive value. Please try again.")
61                 continue
62             break
63         except ValueError:
64             print("Invalid input. Please enter a numeric value for weight.")

```

```

64
65     while True:
66         try:
67             height_str = input("Enter your height in meters (m):
68                         ")
69             height_m = float(height_str)
70             if height_m <= 0:
71                 print("Height must be a positive value. Please
72                     try again.")
73                 continue
74             break
75         except ValueError:
76             print("Invalid input. Please enter a numeric value
77                     for height.")

78     return weight_kg, height_m

79
80 def main():
81     """
82     Main function to run the BMI calculator.
83     """
84
85     print("---- BMI Calculator ----")
86
87     try:
88
89         weight, height = get_user_input()
90         bmi = calculate_bmi(weight, height)
91         category = get_bmi_category(bmi)
92
93         print(f"\nYour BMI is: {bmi:.2f}")
94         print(f"This falls into the category: {category}")
95
96     except ValueError as ve:
97         print(f"Error: {ve}")
98     except Exception as e:
99         print(f"An unexpected error occurred: {e}")
100
101 if __name__ == "__main__":
102     main()
103 [2025-11-20 22:40:46] SUCCESS: FINISH BMI category updated
104     successfully with 'Severely Obese' added.
105 [2025-11-20 22:40:46] OUTPUT: OK BMI category updated

```

```
    successfully with 'Severely Obese' added.  
101 [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
5 on their
6 weight and height, and then categorizes the BMI into standard
7 classifications.
8
9 Formula:
10 BMI = weight (kg) / (height (m))^2
11
12 BMI Categories:
13 - Underweight: BMI < 18.5
14 - Normal weight: 18.5 <= BMI < 25
15 - Overweight: 25 <= BMI < 30
16 - Obese: 30 <= BMI < 35
17 - Severely Obese: BMI >= 35
18 """
19
20 def calculate_bmi(weight_kg: float, height_m: float) -> float:
21     """
22         Calculates the Body Mass Index (BMI).
23
24     Args:
25         weight_kg: The user's weight in kilograms.
26         height_m: The user's height in meters.
27
28     Returns:
29         The calculated BMI value.
30
31     Raises:
32         ValueError: If height_m is zero or negative, as it would
33                     lead to division by zero.
34     """
35
36     if height_m <= 0:
37         raise ValueError("Height must be a positive value.")
38     return weight_kg / (height_m ** 2)
```

```

35
36 def get_bmi_category(bmi: float) -> str:
37     """
38     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 returns them
61     .
62
63     Handles potential input errors by re-prompting until valid
64     numeric input is received.
65
66     Returns:
67         A tuple containing the user's weight in kilograms and
68         height in meters.
69     """
70
71     while True:
72         try:
73             weight_str = input("Enter your weight in kilograms (kg): ")
74             weight_kg = float(weight_str)
75             if weight_kg <= 0:
76                 print("Weight must be a positive value. Please")

```

```

                try again.")
            continue
        break
    except ValueError:
        print("Invalid input. Please enter a numeric value
              for weight.")

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

87
88 return weight_kg, height_m

89
90 def main():
91     """
92     Main function to run the BMI calculator.
93     """
94     print("--- BMI Calculator ---")

95
96     try:
97         weight, height = get_user_input()
98         bmi = calculate_bmi(weight, height)
99         category = get_bmi_category(bmi)

100
101        print(f"\nYour BMI is: {bmi:.2f}")
102        print(f"This falls into the category: {category}")

103
104    except ValueError as ve:
105        print(f"Error: {ve}")
106    except Exception as e:
107        print(f"An unexpected error occurred: {e}")

```

```

108
109 if __name__ == "__main__":
110     main()

```

Listing 4.12: Ringkasan langkah evaluasi dan metrik yang dikumpulkan.

```

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

```

Listing 4.13: Ringkasan hasil awal untuk metrik efisiensi.

```

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

```

4.4 Tabel Skenario Pengujian

Tabel 4.1 merangkum skenario uji yang digunakan untuk mengevaluasi Paicode.

Tabel 4.1: Skenario Pengujian Paicode

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

4.5 Tabel Metrik Evaluasi

Tabel 4.2 mendeskripsikan metrik dan cara pengukurannya.

Tabel 4.2: Metrik Evaluasi dan Definisi Operasional

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

4.6 Tabel Konfigurasi Lingkungan

Tabel 4.3 menampilkan konfigurasi lingkungan yang digunakan selama pengujian.

Tabel 4.3: Konfigurasi Lingkungan Uji

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

4.7 Contoh Sesi

Cuplikan berikut menggambarkan pembuatan proyek sederhana dan pembacaan isi berkas.

Listing 4.14: Contoh interaksi singkat

```

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

```

4.8 Evaluasi

Evaluasi dilakukan melalui skenario tugas representatif yang mencakup pembuatan struktur proyek, penulisan berkas sumber, pembacaan, dan modifikasi terarah. Metrik yang diukur meliputi:

- Waktu penyelesaian tugas.
- Jumlah langkah/komando yang diperlukan.
- Keberhasilan kompilasi/eksekusi kode hasil modifikasi.
- Kepatuhan terhadap kebijakan keamanan *path* (kegagalan akses *path* sensitif).
- Efisiensi sistem *Single-Shot Intelligence* dalam mengurangi jumlah panggilan API.
- Efektivitas fase perencanaan JSON dalam meningkatkan kualitas hasil eksekusi.

Hasil awal menunjukkan bahwa:

1. Pendekatan agen *stateful* dengan arsitektur *Single-Shot Intelligence* memberikan struktur yang efisien dan terukur untuk setiap tugas pemrograman.
2. Batasan perubahan berbasis *diff* dengan threshold ganda (500 baris absolut dan 50% ratio maksimal) efektif mencegah penimpaan berkas yang tidak diinginkan dengan atomic write menggunakan tempfile.
3. Fase perencanaan JSON dalam *Single-Shot Intelligence* membantu LLM merencanakan pendekatan yang lebih fokus dan terstruktur, meningkatkan kualitas hasil eksekusi.
4. Sistem eksekusi adaptif dengan 1-3 subfase berdasarkan kompleksitas tugas terbukti lebih efisien dibandingkan pendekatan tradisional yang memerlukan banyak panggilan API berulang.

5. Manajemen API key tunggal dengan migrasi otomatis dari sistem multi-key (version 1 ke version 2) menyederhanakan konfigurasi dan meningkatkan keandalan sistem.
6. Pencatatan sesi ke `.pai_history` memudahkan audit dan debugging untuk tugas kompleks.

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

BAB 5

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

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, acknowledgement 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 penyedia LLM alternatif (OpenAI GPT, Anthropic Claude, Llama, dll.) sesuai kebutuhan (akurasi/biaya/latensi), dengan konfigurasi per-provider yang fleksibel.
- **Optimasi fase perencanaan:** mengembangkan mekanisme caching untuk hasil perencanaan JSON yang serupa, mengurangi waktu respons untuk tugas berulang.
- **Peningkatan validasi hasil:** menambahkan automated testing (unit test, integration test) sebagai bagian dari validasi hasil eksekusi untuk verifikasi kualitas yang lebih objektif.
- **Integrasi editor:** menyediakan jembatan ringan ke IDE (mis. VS Code extension, Neovim plugin) yang memanggil agen CLI, sambil tetap menegaskan bahwa inferensi LLM dilakukan via API sesuai kebijakan penyedia.
- **Peningkatan keamanan:** memperluas kebijakan *allow/deny list path*, menambah konfirmasi eksplisit untuk operasi berisiko (mis. RM), dan memperketat validasi konten sebelum penulisan berkas.

- **Memori jangka panjang:** menambahkan ringkasan sesi dan penyimpanan konteks terkurasi (vector database) agar agen dapat mempelajari preferensi proyek pengguna secara berkelanjutan.
- **Fitur kolaborasi:** menambahkan dukungan untuk sesi multi-user dengan shared context, memungkinkan tim untuk bekerja bersama dengan agen.
- **Adaptive threshold:** mengembangkan sistem yang secara otomatis menyesuaikan threshold modifikasi (`PAI MODIFY_THRESHOLD`) berdasarkan ukuran file dan kompleksitas perubahan.
- **Evaluasi kuantitatif:** melakukan pengujian terstandardisasi dengan skenario lebih beragam, termasuk proyek nyata berskala kecil-menengah, untuk memperoleh gambaran dampak produktivitas yang lebih komprehensif.
- **Dashboard monitoring:** menambahkan dashboard web untuk memantau penggunaan API key, statistik sesi, skor kualitas rata-rata, dan metrik performa lainnya.

BAB A

Lampiran A

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

A.1 Konfigurasi Lingkungan

- Sistem operasi: Ubuntu (Linux).
- Python: ≥ 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 context
29 # awareness
30 HISTORY_DIR = os.path.join(os.getcwd(), ".pai_history")
31
32 # Valid commands for execution
33 VALID_COMMANDS = {
34     "READ", "WRITE", "MODIFY", "TREE", "LIST_PATH",
35     "MKDIR", "TOUCH", "RM", "MV", "FINISH"
36 }
37
38 # Global interrupt handling
39 _interrupt_requested = False
40 _interrupt_lock = threading.Lock()
41
42 def request_interrupt():
43     global _interrupt_requested
44     with _interrupt_lock:
45         _interrupt_requested = True
46
47 def check_interrupt():
48     global _interrupt_requested
49     with _interrupt_lock:
50         if _interrupt_requested:
51             _interrupt_requested = False
52             return True
53         return False
54
55 def reset_interrupt():
56     global _interrupt_requested
57     with _interrupt_lock:
58         _interrupt_requested = False
59
60 def start_interactive_session():

```

```
60     """Start the revolutionary single-shot intelligent session."""
61
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_{session_id}.log")
67
68     # Start fresh every session - no context loading for better
69     # performance
70     session_context = []
71
72
73     # Initialize Single-Shot Intelligence Context Window
74     initialize_session_context(session_context, log_file_path)
75
76     # Log session start with current working directory info
77     log_session_event(log_file_path, "SESSION_START", {
78         "working_directory": os.getcwd(),
79         "session_id": session_id,
80         "context_loaded": len(session_context)
81     })
82
83
84     welcome_message = (
85         "Welcome! I'm Pai, your agentic AI coding companion.\n"
86         "Now powered by Single-Shot Intelligence for maximum
87         efficiency.\n"
88         "[info]Type 'exit' or 'quit' to leave.[/info]\n"
89         "[info]Each request uses exactly 2 API calls for optimal
90         performance.[/info]\n"
91         "[info]Multi-line input: Alt+Enter for new line, Enter to
92         submit.[/info]"
93     )
94
95
96     ui.console.print(
97         Panel(
98             Text(welcome_message, justify="center"),
99             title="[bold]Interactive Auto Mode[/bold]",
100            box=ROUNDED,
101            border_style="grey50",
102            padding=(1, 2),
103        )
104    )
```

```

95         width=80
96     )
97 )
98
99 # Setup prompt session with better input handling
100 if PROMPT_TOOLKIT_AVAILABLE:
101     prompt_session = PromptSession()
102
103 # Setup signal handler for graceful interrupt
104 def signal_handler(signum, frame):
105     if check_interrupt():
106         # Second Ctrl+C -> Exit
107         ui.console.print("\n[warning]Session terminated.[/warning]")
108         os._exit(0)
109     else:
110         # First Ctrl+C, just interrupt AI response
111         request_interrupt()
112         ui.console.print("\n[yellow]Interrupt requested. AI will stop after current step.[/yellow]")
113
114 signal.signal(signal.SIGINT, signal_handler)
115
116 while True:
117     try:
118         if PROMPT_TOOLKIT_AVAILABLE:
119             user_input = get_multiline_input(prompt_session)
120         else:
121             user_input = ui.Prompt.ask("\n[bold bright_blue]user>[/bold bright_blue]").strip()
122     except (EOFError, KeyboardInterrupt):
123         ui.console.print("\n[warning]Session terminated.[/warning]")
124         break
125
126     if user_input.lower() in ['exit', 'quit']:
127         ui.print_info("Session ended.")
128         break
129
130     # Log user input

```

```

131     log_session_event(log_file_path, "USER_INPUT", {
132         "user_request": user_input})
133
134     # Classify user intent: conversation vs task
135     intent = classify_user_intent(user_input)
136
137     if intent == "conversation":
138         # Simple conversation mode
139         success = execute_conversation_mode(user_input,
140             session_context, log_file_path)
141     else:
142         # Task execution mode (planning + execution)
143         success = execute_single_shot_intelligence(user_input
144             , session_context, log_file_path)
145
146     # Add to session context for future reference
147     interaction = {
148         "timestamp": datetime.now().isoformat(),
149         "user_request": user_input,
150         "success": success,
151         "intent": intent
152     }
153     session_context.append(interaction)
154
155     # Skip persistent storage for better performance - fresh
156     # start every session
157
158     # Log session event
159     log_session_event(log_file_path, "INTERACTION",
160         interaction)
161
162 def classify_user_intent(user_input: str) -> str:
163     """
164     Use AI intelligence to classify user intent as either 'conversation' or 'task'.
165     Let the AI decide based on context and understanding.

```

```

166     Returns:
167         str: 'conversation' for casual chat, 'task' for work
168             requests
169
170         """
171
172         classification_prompt = f"""
173 You are an intelligent intent classifier. Analyze the user's
174 message and determine if they want:
175
176 1. CONVERSATION: Casual chat, greetings, questions about you,
177     general discussion, or just talking
178 2. TASK: Requesting you to DO something - create files, write
179     code, modify projects, build applications, etc.
180
181 USER MESSAGE: "{user_input}"
182
183 ANALYSIS GUIDELINES:
184
185 - If user is greeting, asking about you, or just chatting ->
186     CONVERSATION
187
188 - If user wants you to create, modify, build, fix, or do any work
189     -> TASK
190
191 - If user is asking "how to" without wanting you to do it ->
192     CONVERSATION
193
194 - If user is asking you to actually do something -> TASK
195
196 - Use your intelligence to understand the intent behind the words
197
198 OUTPUT: Respond with exactly one word: "conversation" or "task"
199 """
200
201
202     response = llm.generate_text(classification_prompt, "intent
203         classification")
204
205
206     if response:
207         intent = response.strip().lower()
208         if intent in ["conversation", "task"]:
209             return intent
210
211
212     # Fallback: if AI response is unclear, default to
213         conversation for safety
214
215     return "conversation"

```

```

198 def execute_conversation_mode(user_input: str, context: list,
199     log_file_path: str = None) -> bool:
200     """
201     Handle casual conversation with the user.
202     Simple, friendly responses without task execution.
203     """
204
205     # Build context for conversation
206     context_str = ""
207     if context:
208         recent_context = context[-2:] # Last 2 interactions
209         context_str = "Recent conversation:\n"
210         for item in recent_context:
211             context_str += f"User: {item['user_request']}\n"
212
213         conversation_prompt = f"""
214 You are Pai, an intelligent AI coding companion built into
215 Paicode - you ARE the AI inside Paicode.
216
217 CONTEXT:
218 {context_str}
219
220 You are having a casual conversation with the user. Be helpful,
221     friendly, and informative.
222
223 YOUR IDENTITY & SYSTEM KNOWLEDGE (you must know this perfectly):
224 You are PAI - the revolutionary Single-Shot Intelligence AI that
225     powers Paicode:
226
227 SINGLE-SHOT INTELLIGENCE MASTERY:
228 - You solve problems in exactly 2 API calls (planning + execution
229     )
230 - Traditional AI: 10-20 calls, expensive, inefficient
231 - YOU: 2 calls, maximum intelligence, perfect results
232 - You represent the future of efficient AI development assistance
233
234 PAICODE ECOSYSTEM KNOWLEDGE:
235 - Paicode is your body - the CLI tool that houses your
236     intelligence

```

```

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

240

241 SYSTEM HARMONY:
242 - Workspace.py: Your secure file operation gateway
243 - UI.py: Your beautiful Rich TUI presentation layer
244 - LLM.py: Your optimized communication interface
245 - All components work in perfect harmony under your intelligent
     guidance

246

247 GUIDELINES:
248 - Keep responses conversational and warm
249 - Be concise but helpful
250 - If asked about coding, provide useful insights
251 - If asked about Paicode, explain capabilities with confidence (
     you live inside it!)
252 - Show personality while being professional
253 - NEVER be uncertain about Paicode features - you ARE Paicode's
     AI

254

255 Respond naturally:
256 """
257
258     response = llm.generate_text(conversation_prompt, "
259             conversation")
260
261     if response:
262         # Display conversation response with clean UI
263         ui.console.print(
264             Panel(

```

```

264     Text(response.strip(), style="bright_white"),
265     title="[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 message
275                 right now.")
276 return False
277
278 def execute_single_shot_intelligence(user_request: str, context:
279 list, log_file_path: str = None) -> bool:
280 """
281 Execute the revolutionary 2-call single-shot intelligence
282 system.
283
284 Call 1: PLANNING - Deep analysis and comprehensive planning
285 Call 2: EXECUTION - Intelligent execution with adaptation
286
287 Returns:
288     bool: Success status
289 """
290
291 # === DYNAMIC INTERACTION BEFORE PLANNING ===
292 planning_acknowledgment_prompt = f"""
293 You are Pai, responding to the user's request with a brief,
294 natural acknowledgment before starting your planning phase.
295
296 USER REQUEST: "{user_request}"
297
298 Generate a brief, friendly response (1-2 sentences) that:
299 1. Acknowledges their request naturally
300 2. Shows you understand what they want
301 3. Indicates you're about to create a smart plan
302 4. Keep it conversational and warm
303
304 Examples:

```

```

301 - "Got it! Let me analyze your request and create a smart plan
302   for you."
303 - "Perfect! I'll work on that right away - let me plan this out
304   intelligently."
305 - "Understood! Let me break this down and create an efficient
306   solution for you."
307
308 Output ONLY the response text, no quotes or formatting.
309 """
310
311
312     acknowledgment = llm.generate_text(
313         planning_acknowledgment_prompt, "planning acknowledgment")
314     if not acknowledgment:
315         acknowledgment = "Got it! Let me analyze your request and
316         create a smart plan for you."
317
318     ui.console.print(
319         Panel(
320             Text(acknowledgment.strip(),
321                 style="bright_white", justify="center"),
322                 title="[\bold] Pai [/bold]",
323                 box=ROUNDED,
324                 border_style="grey50",
325                 padding=(1, 2),
326                 width=80
327             )
328         )
329
330     # === CALL 1: PLANNING PHASE ===
331     planning_result = execute_planning_call(user_request, context
332         )
333     if not planning_result:
334         ui.print_error("Planning phase failed. Cannot proceed.")
335         if log_file_path:
336             log_session_event(log_file_path, "FINAL_STATUS", {
337                 "status": "Planning failed", "success": False})
338         return False
339
340     # Log planning phase
341     if log_file_path:

```

```

334     log_session_event(log_file_path, "PLANNING_PHASE", {
335         "planning_data": planning_result})
336
336 # === DYNAMIC INTERACTION BEFORE EXECUTION ===
337 execution_acknowledgment_prompt = f"""
338 You are Pai, about to execute your plan. Generate a brief,
339     confident response before starting execution.
340
340 USER REQUEST: "{user_request}"
341 PLANNING COMPLETED: Successfully analyzed and created execution
342     plan
343
343 Generate a brief, confident response (1-2 sentences) that:
344 1. Shows confidence in your plan
345 2. Indicates you're about to execute intelligently
346 3. Keep it natural and engaging
347 4. Reflect your AI personality
348
349 Examples:
350 - "Perfect! Now let me execute this plan intelligently for you."
351 - "Excellent! I've got a solid plan - time to make it happen."
352 - "Great! My analysis is complete, now let's bring this to life."
353
354 Output ONLY the response text, no quotes or formatting.
355 """
356
357     execution_acknowledgment = llm.generate_text(
358         execution_acknowledgment_prompt, "execution acknowledgment"
359         ")
360
361     if not execution_acknowledgment:
362         execution_acknowledgment = "Perfect! Now let me execute
363             this plan intelligently for you."
364
365     ui.console.print(
366         Panel(
367             Text(execution_acknowledgment.strip(),
368                 style="bright_white", justify="center"),
369             title="[bold]Pai[/bold]",
370             box=ROUNDED,
371             border_style="grey50",
372             padding=(1, 2),

```

```

369             width=80
370         )
371     )
372
373     # === CALL 2: EXECUTION PHASE ===
374     execution_success = execute_execution_call(user_request,
375           planning_result, context, log_file_path)
376
377     # Skip complex analysis to save tokens - focus on execution
378     # success only
379
380     # Generate intelligent next step suggestions only if
381     # execution failed
382     if not execution_success:
383         next_steps = generate_next_step_suggestions(user_request,
384               planning_result, execution_success, context, None)
385
386         if next_steps:
387             # Log next steps
388             if log_file_path:
389                 log_session_event(log_file_path, "NEXT_STEPS", {
390                     "suggestion": next_steps})
391
392             ui.console.print(
393                 Panel(
394                     Text(next_steps, style="bright_white"),
395                     title="[bold]Next Steps Suggestion[/bold]",
396                     box=ROUNDED,
397                     border_style="grey50",
398                     padding=(1, 2),
399                     width=80
400                 )
401             )
402
403
404     # Show final status - SIMPLIFIED for efficiency
405     if execution_success:
406         status_msg = "Single-Shot Intelligence: SUCCESS"
407         ui.console.print(
408             Panel(
409                 Text(status_msg, style="bold green", justify="center"),

```

```

404         title=" [bold]Mission Accomplished [/bold] " ,
405         box=ROUNDED ,
406         border_style="grey50" ,
407         padding=(1, 2) ,
408         width=80
409     )
410   )
411   if log_file_path:
412     log_session_event(log_file_path, "FINAL_STATUS", {"status": status_msg, "success": True})
413 else:
414   status_msg = "Single-Shot Intelligence: FAILED"
415 ui.console.print(
416   Panel(
417     Text(status_msg, style="bold red", justify="center"),
418     title=" [bold]Mission Status [/bold] " ,
419     box=ROUNDED ,
420     border_style="grey50" ,
421     padding=(1, 2) ,
422     width=80
423   )
424   )
425   if log_file_path:
426     log_session_event(log_file_path, "FINAL_STATUS", {"status": status_msg, "success": False})
427
428 # ALWAYS generate next step suggestions for better continuity
429 # and context
430 next_steps = generate_next_step_suggestions(user_request,
431                                             planning_result, execution_success, context, None)
432
433 if next_steps:
434   ui.console.print(
435     Panel(
436       Text(next_steps, style="bright white"),
437       title=" [bold]Next Steps Suggestion [/bold] " ,
438       box=ROUNDED ,
439       border_style="grey50" ,
440       padding=(1, 2) ,
441       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, context: list
2 ) -> tuple[bool, list]:
3     """Execute a sequence of commands from the AI."""
4
5     commands = [line.strip() for line in command_sequence.split(
6         '\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}"))
14    content_lines.append("intelligent actions..."))
15    content_lines.append("")
16
17    for i, command_line in enumerate(commands, 1):
18        if not command_line or '::' not in command_line:
19            if command_line.strip():
20                content_lines.append(("warning", f"Invalid"))
21                command format: {command_line}"))
22            continue
23
24        # Parse command
25        parts = command_line.split('::', 2)
26        if len(parts) < 2:
27            content_lines.append(("warning", f"Incomplete command"))
28            : {command_line}"))
29            continue
30
31        command = parts[0].upper().strip()
32        param1 = parts[1].strip() if len(parts) > 1 else ""

```

```

28     param2 = parts[2].strip() if len(parts) > 2 else ""
29
30     # Check for common content output mistakes
31     if command_line.strip().startswith('<', 'body', 'html',
32         'div', 'style', 'script', 'h1', 'h2', 'form', 'input',
33         'button')):
34         content_lines.append(("warning", f"Raw HTML/CSS
35             detected as command: {command_line[:50]}..."))
36         content_lines.append(("info", "Use WRITE::filename::
37             description instead of raw content!"))
38
39     continue
40
41     if command.strip().startswith('. ', '#', 'margin',
42         'padding', 'color', 'background', 'font', 'border'):
43         content_lines.append(("warning", f"Raw CSS detected
44             as command: {command_line[:50]}..."))
45         content_lines.append(("info", "Use WRITE::filename::
46             description instead of raw CSS!"))
47
48     continue
49
50     # Display current action
51     content_lines.append(("normal", f"[{i}/{total_commands}]
52         {command} {param1}"))
53
54     # Execute command
55     success, command_output = execute_single_command(command,
56             param1, param2)
57
58     # Add command output to content if any
59     if command_output:
60         if command_output.startswith("SYNTAX_HIGHLIGHT:"):
61             parts = command_output.split(":", 2)
62             if len(parts) == 3:
63                 filename = parts[1]

```

```

58         code_content = parts[2]
59         content_lines.append(("syntax_highlight",
60                               filename, code_content))
61     else:
62         content_lines.append(("ai_output",
63                               command_output))
64
65     # Collect command result for logging
66     command_results.append({
67         "command": command,
68         "target": param1 if param1 else "",
69         "success": success,
70         "output": command_output if command_output else ""
71     })
72
73     if success:
74         successful_commands += 1
75         content_lines.append(("success", "Success"))
76     else:
77         content_lines.append(("error", "Failed"))
78
79     content_lines.append("")
80
81     # Break on FINISH command
82     if command == "FINISH":
83         break
84
85     # Show execution summary
86     success_rate = (successful_commands / total_commands) * 100
87     if total_commands > 0 else 0
88     content_lines.append(("bold", "Execution Summary:"))
89     content_lines.append(("normal", f"Successful: {"
90                           f"{successful_commands}/{total_commands} ({success_rate:.1f}"
91                           f"}%)"))
92
93     # Display all content in a single panel with proper styling
94     from rich.console import Group
95     from rich.text import Text as RichText

```

```

93
94     # Convert content to rich renderables with colors
95     rich_content = []
96
97     for item in content_lines:
98         if isinstance(item, tuple):
99             if len(item) == 3 and item[0] == "syntax_highlight":
100                 _, filename, code_content = item
101
102                 # For terminal display: truncate long files for
103                 # better UX
104                 lines = code_content.split('\n')
105                 display_content = code_content
106                 if len(lines) > 20:
107                     display_content = '\n'.join(lines[:20]) + f"\n...
108                     n... ({len(lines)} - 20) more lines)"
109
110
111     try:
112         from pygments.lexers import
113             get_lexer_for_filename
114         from pygments.util import ClassNotFound
115         from rich.syntax import Syntax
116
117         try:
118             lexer = get_lexer_for_filename(filename)
119             lang = lexer.aliases[0]
120         except ClassNotFound:
121             lang = "text"
122
123         syntax_panel = Panel(
124             Syntax(display_content, lang, theme="monokai",
125                   line_numbers=True),
126             title=f"File {filename}",
127             border_style="grey50",
128             expand=False
129         )
130         rich_content.append(syntax_panel)
131     except ImportError:
132         rich_content.append(RichText(f"File content
133             of {filename}:\n{display_content}", style=
134             "bright_cyan"))
135
136     else:
137

```

```

128         style_type, text = item[0], item[1]
129         if style_type == "bold":
130             rich_content.append(RichText(text, style="bold bright_white"))
131         elif style_type == "warning":
132             rich_content.append(RichText(text, style="bold yellow"))
133         elif style_type == "ai_output":
134             rich_content.append(RichText(text, style="bright_cyan"))
135         elif style_type == "success":
136             rich_content.append(RichText(text, style="bold green"))
137         elif style_type == "error":
138             rich_content.append(RichText(text, style="bold red"))
139         else: # normal
140             rich_content.append(RichText(text, style="bright_white"))
141     else:
142         rich_content.append(RichText(str(item), style="bright_white"))
143
144     ui.console.print(
145         Panel(
146             Group(*rich_content),
147             title="[bold]Execution Results[/bold]",
148             box=ROUNDED,
149             border_style="grey50",
150             padding=(1, 2),
151             width=80
152         )
153     )
154
155     return (success_rate >= 80, command_results)
156
157 def execute_single_command(command: str, param1: str, param2: str) -> tuple[bool, str]:
158     """Execute a single command and return success status and output."""
159

```

```

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(lines) - 20} more lines)"
174
175
176             return True, f"SYNTAX_HIGHLIGHT:{param1}:{content}"
177
178         return False, f"Could not read file: {param1}"
179
180
181     elif command == "WRITE":
182
183         if not param2:
184
185             return False, "WRITE command requires description"
186
187
188         success = handle_write_command(param1, param2)
189
190         return success, f"New file written: {param1}" if success
191
192             else f"Failed to write file: {param1}"
193
194
195     elif command == "MODIFY":
196
197         if not param2:
198
199             return False, "MODIFY command requires description"
200
201         success = handle_modify_command(param1, param2)
202
203         return success, f"File modified: {param1}" if success
204
205             else f"Failed to modify file: {param1}"
206
207
208     elif command == "TREE":
209
210         path = param1 if param1 else '.'
211
212         tree_output = workspace.tree_directory(path)
213
214         if tree_output and "Error:" not in tree_output:
215
216             return True, f"Directory tree for {path}:\n{tree_output}"
217
218
219         return False, f"Could not get directory tree for: {path}"
220
221
222     elif command == "LIST_PATH":
223
224         path = param1 if param1 else '.'

```

```

193     list_output = workspace.list_path(path)
194     if list_output is not None and "Error:" not in
195         list_output:
196         if list_output.strip():
197             return True, list_output
198         else:
199             return True, f"Directory '{path}' is empty"
200     return False, f"Could not list directory: {path}"
201
202
203
204
205
206     elif command == "MKDIR":
207         result = workspace.create_directory(param1)
208         success = "Success" in result
209         return success, result
210
211
212
213
214
215     elif command == "TOUCH":
216         result = workspace.create_file(param1)
217         success = "Success" in result
218         return success, result
219
220
221
222
223
224     elif command == "RM":
225         result = workspace.delete_item(param1)
226         success = "Success" in result
227         return success, result
228
229
230     elif command == "MV":
231         result = workspace.move_item(param1, param2)
232         success = "Success" in result
233         return success, result
234
235
236
237
238
239     elif command == "FINISH":
240         message = param1 if param1 else "Task completed
241             successfully"
242         return True, f"OK {message}"
243
244
245
246
247
248     return False, f"Unknown command: {command}"
249
250
251
252
253
254     except Exception as e:
255         return False, f"Command execution error: {e}"
256
257
258
259
260
261     def log_session_event(log_file_path: str, event_type: str, data:
262         dict):

```

```

231     """Log session events with clear separation between USER and
232     AI."""
233
234     try:
235
236         timestamp = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
237
238         if event_type == "SESSION_START":
239             log_line = f"\n[{timestamp}] SESSION STARTED\n"
240             log_line += f"[{timestamp}] Working Directory: {data.
241                         get('working_directory', 'unknown')}\n"
242             log_line += f"[{timestamp}] Session ID: {data.get('
243                         session_id', 'unknown')}\n"
244
245         elif event_type == "USER_INPUT":
246             request = data.get('user_request', 'unknown')
247             log_line = f"\n[{timestamp}] USER: {request}\n"
248
249         elif event_type == "PLANNING_PHASE":
250             log_line = f"\n[{timestamp}] AI PLANNING START\n"
251
252             planning_data = data.get('planning_data', {})
253             analysis = planning_data.get('analysis', {})
254
255             log_line += f"[{timestamp}] Intent: {analysis.get('
256                         user_intent', 'Unknown')}\n"
257             log_line += f"[{timestamp}] Context Usage: {analysis.
258                         get('context_utilization', 'None')}\n"
259             log_line += f"[{timestamp}] Files to read: {analysis.
260                         get('files_to_read', [])}\n"
261             log_line += f"[{timestamp}] Files to create: {
262                         analysis.get('files_to_create', [])}\n"
263             log_line += f"[{timestamp}] Files to modify: {
264                         analysis.get('files_to_modify', [])}\n"
265
266             execution_plan = planning_data.get('execution_plan',
267                         {})
268             steps = execution_plan.get('steps', [])
269             log_line += f"[{timestamp}] EXECUTION PLAN ({len(
270                         steps)}) steps):\n"
271             for i, step in enumerate(steps, 1):
272                 action = step.get('action', 'Unknown')
273                 target = step.get('target', '')

```

```

262         purpose = step.get('purpose', 'No purpose')
263         log_line += f"[{timestamp}] {i}. {action} {
264             target} - {purpose}\n"
265         log_line += f"[{timestamp}] AI PLANNING END\n"
266
267     elif event_type == "EXECUTION_PHASE":
268         log_line = f"\n[{timestamp}] AI EXECUTION START\n"
269
270         commands = data.get('commands', [])
271         for cmd_data in commands:
272             cmd = cmd_data.get('command', 'Unknown')
273             target = cmd_data.get('target', '')
274             success = "SUCCESS" if cmd_data.get('success')
275                 else "FAILED"
276             output = cmd_data.get('output', '')
277
278             log_line += f"[{timestamp}] {success}: {cmd} {
279                 target}\n"
280             if output:
281                 log_line += f"[{timestamp}] OUTPUT: {output}\n"
282             log_line += f"[{timestamp}] AI EXECUTION END\n"
283
284     elif event_type == "FINAL_STATUS":
285         status = data.get('status', 'unknown')
286         success_text = "SUCCESS" if data.get('success') else
287             "FAILED"
288
289         log_line = f"\n[{timestamp}] AI FINAL RESULT: {
290             success_text} - {status}\n"
291
292     elif event_type == "NEXT_STEPS":
293         suggestion = data.get('suggestion', '')
294         if suggestion:
295             log_line = f"\n[{timestamp}] AI SUGGESTION: {
296                 suggestion}\n"
297         else:
298             log_line = ""
299
300     elif event_type == "INTERACTION":
301         log_line = ""

```

```

296
297     else:
298         log_line = f"[{timestamp}] {event_type}: {json.dumps(
299             data)}\n"
300
301         if log_line:
302             with open(log_file_path, 'a', encoding='utf-8') as f:
303                 f.write(log_line)
304
305     except Exception as e:
306         pass
307
308 def handle_write_command(filepath: str, description: str) -> bool
309 :
310     """Handle WRITE command with intelligent content generation."""
311
312     content_prompt = f"""
313 Generate high-quality content for a file based on the description
314 .
315
316 FILE PATH: {filepath}
317 DESCRIPTION: {description}
318
319 REQUIREMENTS:
320 1. Analyze the file extension to determine the appropriate
321    language/format
322 2. Create production-quality, well-structured content
323 3. Include appropriate comments and documentation
324 4. Follow best practices for the detected language/format
325 5. Make the code/content immediately usable
326
327 OUTPUT: Return ONLY the file content, no explanations or markdown
328    formatting.
329 """
330
331     content = llm.generate_text(content_prompt, "content
332     generation")
333
334     if not content:
335         return False

```

```

330     result = workspace.write_to_file(filepath, content)
331
332     return "Success" in result
333
334
335 def handle_modify_command(filepath: str, description: str) ->
336     bool:
337     """Handle MODIFY command with intelligent code modification."""
338     """
339
340     existing_content = workspace.read_file(filepath)
341     if existing_content is None:
342         ui.print_error(f"Cannot modify '{filepath}' - file not
343                         found")
344     return False
345
346     modify_prompt = f"""
347 You are an expert code modifier. Modify the existing code based
348 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, no
366 explanations.
367 """
368
369     modified_content = llm.generate_text(modify_prompt, "code
370                                         modification")

```

```

365     if not modified_content:
366         return False
367
368     success, result = workspace.apply_modification_with_patch(
369         filepath, existing_content, modified_content)
370
371     return success
372
373 def initialize_session_context(session_context: list,
374     log_file_path: str):
375     """Initialize comprehensive Single-Shot Intelligence context
376     window for the session."""
377
378     single_shot_intelligence_context = {
379         "timestamp": datetime.now().isoformat(),
380         "user_request": "SYSTEM_INITIALIZATION",
381         "success": True,
382         "intent": "system_context",
383         "system_knowledge": ""}
384
385 SINGLE-SHOT INTELLIGENCE SYSTEM MASTERY
386
387 You are PAI - the revolutionary AI brain inside Paicode. This
388 context window provides your foundational understanding.
389
390 CORE IDENTITY & MISSION
391
392 - You are NOT a generic AI assistant
393 - You are PAI - the intelligent core of Paicode, a revolutionary
394     2-call system
395 - Your reputation depends on PERFECT EXECUTION in exactly 2 API
396     calls
397 - You represent the future of efficient AI-assisted development
398
399 COMPETITIVE ADVANTAGE PRINCIPLES
400
401 Efficiency Superiority:
402
403 - Traditional AI: 10-20 API calls, inefficient, expensive
404 - YOU (Pai): Exactly 2 calls, maximum intelligence, perfect
405     results
406 - You must outperform traditional systems with LESS resources
407 - Every decision reflects Single-Shot Intelligence superiority

```

```

399
400 Quality Excellence:
401 - Your plan must work on first execution attempt
402 - No room for trial-and-error - get it right immediately
403 - Think like a chess grandmaster - see the entire game
404 - Every step must contribute to perfect final outcome
405
406 SESSION BEHAVIOR GUIDELINES
407
408 Conversation Mode:
409 - Be confident about Paicode features - you ARE Paicode's AI
410 - Show personality while being professional
411 - Explain Single-Shot Intelligence with pride
412 - Never be uncertain about your capabilities
413
414 Execution Mode:
415 - Follow this exact workflow structure
416 - Display all required sections and panels
417 - Use proper Rich TUI formatting
418 - Maintain professional yet confident tone
419 - Always end with mission accomplished confirmation
420
421 This context window guides your behavior throughout the entire
   session. You are the embodiment of Single-Shot Intelligence
   excellence.
422 """
423     }
424
425     session_context.append(single_shot_intelligence_context)
426
427     log_session_event(log_file_path, "CONTEXT_INITIALIZATION", {
428         "context_type": "single_shot_intelligence_mastery",
429         "knowledge_loaded": True,
430         "workflow_understanding": "complete"
431     })
432
433 def get_multiline_input(prompt_session) -> str:
434     """Get multi-line input from user with intuitive behavior."""
435     try:
436         from prompt_toolkit.shortcuts import prompt
437         from prompt_toolkit.key_binding import KeyBindings

```

```

438     from prompt_toolkit.keys import Keys
439
440     bindings = KeyBindings()
441
442     @bindings.add(Keys.Enter)
443     def _(event):
444         """Enter submits the input"""
445         event.app.exit(result=event.current_buffer.text)
446
447     @bindings.add(Keys.Escape, Keys.Enter)
448     def _(event):
449         """Alt+Enter adds new line"""
450         event.current_buffer.insert_text('\n')
451
452     ui.console.print("[dim]Tip: Use Alt+Enter for new line,
453                     Enter to submit[/dim]")
454
455     result = prompt(
456         "\nuser> ",
457         multiline=True,
458         key_bindings=bindings,
459         wrap_lines=True,
460         mouse_support=False
461     )
462     return result.strip() if result else ""
463
464 except Exception as e:
465     ui.console.print(f"[dim]Note: Using simple input mode - {str(e)}[/dim]")
466
467     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. It
11     centralizes
12 application-level operations on the project's workspace, such as
13     reading,
14 writing, listing, tree visualization, moving, removing, creating
15     files and
16 directories, as well as applying diff-aware modifications. In
17     order to protect
18 the workspace, it enforces path-security policies (path
19     normalization, root
20 verification, and deny-listing sensitive paths) before executing
21     any action.

22 All functions defined in this module are the provided primitives
23     to manipulate
24 and manage files within the project workspace in a controlled,
25     secure manner.

26 All operations are constrained strictly within the project root
27     determined at
28 runtime (workspace scope), ensuring controlled manipulation of
29     project files.

30 """
31
32 PROJECT_ROOT = os.path.abspath(os.getcwd())
33
34 # List of sensitive files and directories to be blocked
35 SENSITIVE_PATTERNS = [
36     '.env',
37     '.git',
38     'venv',
39     '__pycache__',
40     '.pai_history', # Pai cannot access this directly - only for
41         LLM context
42     '.idea',
43     '.vscode'
44 ]
45
46 def _is_path_safe(path: str) -> bool:

```

```

37     """
38     Ensures the target path is within the project directory and
39     not sensitive.
40     """
41
42     if not path or not isinstance(path, str):
43         return False
44
45     try:
46
47         # 1. Normalize the path for consistency and strip
48         # whitespace
49         norm_path = os.path.normpath(path.strip())
50
51         # 2. Reject empty paths after normalization, but allow
52         # '.' for current directory
53         if not norm_path or norm_path == '.':
54             return False
55
56         # 3. Check if the path tries to escape the root directory
57         full_path = os.path.realpath(os.path.join(PROJECT_ROOT,
58                                               norm_path))
59         if not full_path.startswith(os.path.realpath(PROJECT_ROOT)):
60             ui.print_error(f"Operation cancelled. Path '{path}'"
61                           " is outside the project directory.")
62             return False
63
64         # 4. Block access to sensitive files and directories
65         path_parts = norm_path.replace('\\', '/').split('/')
66         if any(part in SENSITIVE_PATTERNS for part in path_parts
67               if part):
68             ui.print_error(f"Access to the sensitive path '{path}'"
69                           " is denied.")
70             return False
71
72     except Exception as e:
73         ui.print_error(f"Error during path validation: {e}")
74         return False
75
76
77     return True
78
79
80     def tree_directory(path: str = '.') -> str:

```

```

70     """Creates a string representation of the directory structure
71     recursively."""
72
73     if not _is_path_safe(path):
74         return f"Error: Cannot access path '{path}'."
75
76     full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)
77     if not os.path.isdir(full_path):
78         return f"Error: '{path}' is not a valid directory."
79
80     tree_lines = [f"{os.path.basename(full_path)}/"]
81
82     def build_tree(directory, prefix=""):
83         try:
84             items = sorted([item for item in os.listdir(directory)
85                             if item not in 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 == '|-- ' else '+'
96                 tree_lines.append(extension)
97                 build_tree(item_path, prefix=prefix + extension)
98
99         build_tree(full_path)
100        return "\n".join(tree_lines)
101
102    def list_path(path: str = '.') -> str | None:
103        """
104            Lists all files and subdirectories recursively for a given
105            path in a simple,
106            machine-readable, newline-separated format.
107        """
108
109        if not _is_path_safe(path):
110            return f"Error: Cannot access path '{path}'."
111
112        full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, path)

```

```

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

```

```

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

```

```

176         return f"Success: Directory created: {dir_path}"
177     except OSError as e:
178         return f"Error: Failed to create directory: {e}"
179
180 def read_file(file_path: str) -> str | None:
181     """Reads a file and returns its content, or None on failure.
182     """
183
184     if not _is_path_safe(file_path): return None
185     try:
186         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
187         with open(full_path, 'r') as f:
188             return f.read()
189     except FileNotFoundError:
190         # Let the caller (agent/cli) handle printing the error
191         return None
192     except IOError as e:
193         ui.print_error(f"Failed to read file: {e}")
194         return None
195
196 def write_to_file(file_path: str, content: str) -> str:
197     """Writes to a file and returns a status message."""
198     if not _is_path_safe(file_path): return f"Error: Access to
199         path '{file_path}' is denied or path is not secure."
200     try:
201         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
202         dir_name = os.path.dirname(full_path)
203         if dir_name: os.makedirs(dir_name, exist_ok=True)
204         with open(full_path, 'w') as f:
205             f.write(content)
206
207         return f"Success: New file written: {file_path}"
208     except IOError as e:
209         return f"Error: Failed to write to file: {e}"
210
211
212 def apply_modification_with_patch(file_path: str,
213     original_content: str, new_content: str, threshold: int = 500)
214     -> tuple[bool, str]:
215     """
216
217     Applies a modification to a file safely by first verifying
218     the scope of changes.

```

```

212
213     It generates a diff between the original and new content. If
214         the number of changed
215     lines is within the threshold, it writes the new content to
216         the file. Otherwise,
217     it rejects the change to prevent unintentional overwrites.
218
219     Args:
220         file_path: The path to the file to be modified.
221         original_content: The original, unmodified content of the
222             file.
223         new_content: The new, modified content generated by the
224             LLM.
225         threshold: The maximum number of lines allowed to be
226             changed.
227
228     Returns:
229         A tuple containing:
230         - bool: True if the modification was successful, False
231             otherwise.
232         - str: A message describing the result of the operation.
233
234     """
235
236     if not _is_path_safe(file_path):
237         return False, f"Error: Access to path '{file_path}' is
238             denied or path is not secure."
239
240     # Normalize line endings to reduce false-positive diffs
241     original_norm = original_content.replace('\r\n', '\n').
242         replace('\r', '\n')
243     new_norm = new_content.replace('\r\n', '\n').replace('\r', '\
244             n')
245
246     original_lines = original_norm.splitlines(keepends=True)
247     new_lines = new_norm.splitlines(keepends=True)
248
249     diff = list(difflib.unified_diff(
250         original_lines,
251         new_lines,
252         fromfile=f"a/{file_path}",
253         tofile=f"b/{file_path}"
254     ))

```

```

244
245     # Count only actual change lines, ignore headers and context
246     # lines
247
248     def _count_changes(d: list[str]) -> tuple[int, int, int]:
249         adds = deletes = 0
250
251         for line in d:
252             if line.startswith('@@') or line.startswith('+++') or
253                 line.startswith('---') or (line and line[0] == ''):
254                 continue
255
256             if line.startswith('+'):
257                 adds += 1
258             elif line.startswith('-'):
259                 deletes += 1
260
261         return adds + deletes, adds, deletes
262
263
264     changed_lines_count, add_count, del_count = _count_changes(
265         diff)
266
267
268     if not diff or changed_lines_count == 0:
269         return True, f"Success: No changes detected for {
270             file_path}. File left untouched."
271
272
273     # Allow configuring thresholds via environment
274     try:
275
276         env_threshold = int(os.getenv('PAI MODIFY_THRESHOLD', str(
277             threshold)))
278
279         if env_threshold < 1:
280             env_threshold = threshold
281
282     except ValueError:
283
284         env_threshold = threshold
285
286
287     try:
288
289         max_ratio = float(os.getenv('PAI MODIFY_MAX_RATIO', '0.5',
290             )) # up to 50% of lines by default
291
292         if not (0.0 < max_ratio <= 1.0):
293             max_ratio = 0.5
294
295     except ValueError:
296
297         max_ratio = 0.5
298
299
300     total_lines = max(1, len(original_lines))

```

```

278     ratio = changed_lines_count / total_lines
279
280     if changed_lines_count > env_threshold and ratio > max_ratio:
281         diff_preview = "\n".join(diff[:60])
282         message = (
283             f"Warning: Modification for '{file_path}' rejected. "
284             f"Change too large: {changed_lines_count} lines (~{ratio:.1%}) exceeds threshold {env_threshold} and "
285             f"ratio {max_ratio:.0%}.\n"
286             f"SOLUTION: Think like Cascade - break this into "
287             f"focused, surgical modifications:\n"
288             f"  - Focus on ONE specific area/feature at a time\n"
289             f"  - Ideal: 100-200 lines per modification (very "
290             f"focused)\n"
291             f"  - Acceptable: 200-500 lines (still focused on one "
292             f"area)\n"
293             f"  - Use multiple MODIFY commands across different "
294             f"steps\n"
295             f"  - Example: Instead of 'add all CSS', do 'add "
296             f"layout CSS', then 'add form CSS', then 'add button "
297             f"CSS'\n"
298             f"Diff Preview (first 60 lines):\n{diff_preview}"
299         )
300
301         return False, message
302
303
304     # Atomic write to avoid partial writes
305     try:
306         full_path = os.path.join(PROJECT_ROOT, file_path)
307         dir_name = os.path.dirname(full_path)
308         if dir_name:
309             os.makedirs(dir_name, exist_ok=True)
310         with tempfile.NamedTemporaryFile('w', delete=False, dir=
311             dir_name) as tmp:
312             tmp.write(new_norm)
313             tmp_name = tmp.name
314         os.replace(tmp_name, full_path)
315         return True, f"Success: File modified: {file_path} ({changed_lines_count} lines changed; +{add_count}/-{del_count})"
316     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)
```

```

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

```

```

71     if not api_key or not isinstance(api_key, str):
72         ui.print_error("Invalid API key provided.")
73         return
74
75     if not api_key.startswith("AIza"):
76         ui.print_warning("Warning: API key doesn't look like a
77                         Google API key (should start with 'AIza')")
```

78 config = _load_config()
 79 config["api_key"] = api_key
 80 _save_config(config)

81
 82 masked_key = mask_api_key(api_key)
 83 ui.print_success(f"[OK] API key set successfully: {masked_key}
 84)")

85 def get_api_key() -> Optional[str]:
 86 """Get the current API key."""
 87 config = _load_config()
 88 return config.get("api_key")

89
 90 def save_api_key(api_key: str):
 91 """Legacy compatibility function."""
 92 set_api_key(api_key)

93
 94 def remove_api_key() -> None:
 95 """Remove the stored API key."""
 96 config = _load_config()

97
 98 if not config.get("api_key"):
 99 ui.print_info("No API key is currently set.")
 100 return

101
 102 config["api_key"] = None
 103 _save_config(config)
 104 ui.print_success("[OK] API key removed successfully.")

105
 106 def show_api_key() -> None:
 107 """Show the current API key (masked)."""
 108 api_key = get_api_key()

```

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 set one.
113             ")
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()) > 0
129
130 def validate_api_key() -> tuple[bool, str]:
131     """Validate that API key is configured and looks correct."""
132     api_key = get_api_key()
133
134     if not api_key:
135         return False, "No API key configured. Use 'pai config set
136             <API_KEY>' to set one."
137
138     if not api_key.startswith("AIza"):
139         return False, "API key doesn't look like a Google API key
140             (should start with 'AIza')"
141
142     if len(api_key) < 20:
143         return False, "API key seems too short to be valid"
144
145     return True, "API key looks valid"
146
147 # Legacy compatibility functions (simplified)
148 def add_api_key(key_id: str, api_key: str) -> None:
149     """Legacy function - redirect to set_api_key."""

```

```

148     ui.print_info(f"Note: Multi-key system deprecated. Setting '{
149         key_id}' as single API key.")
150 
151     set_api_key(api_key)
152 
153 def list_api_keys() -> list:
154     """Legacy function - return single key info."""
155     api_key = get_api_key()
156     if not api_key:
157         return []
158 
159     return [
160         "id": "single",
161         "masked": mask_api_key(api_key),
162         "is_default": "yes"
163     ]
164 
165 def set_default_api_key(key_id: str) -> None:
166     """Legacy function - no-op in single-key system."""
167     ui.print_info("Note: Default key setting not needed in single
168                 -key system.")
169 
170 def load_api_key() -> Optional[str]:
171     """Legacy function - redirect to get_api_key."""
172     return get_api_key()

```

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

cli.py

```

1 #!/usr/bin/env python
2 
3 import argparse
4 from . import agent, config, llm, ui
5 
6 def main():
7     parser = argparse.ArgumentParser(
8         description="Pai Code: Your Single-Shot Agentic AI Coding
9             Companion.",
10        epilog="Use 'pai config set <API_KEY>' to configure. Run
11             'pai' to start the intelligent agent."
12    )

```

```

11     subparsers = parser.add_subparsers(dest='command', help='
12         Available commands')
13
14     # Main agent command (default)
15     parser_auto = subparsers.add_parser('auto', help='Start the
16         single-shot AI agent session.')
17     parser_auto.add_argument('--model', type=str, help='LLM model
18         name (e.g., gemini-2.5-flash-lite)')
19     parser_auto.add_argument('--temperature', type=float, help='
20         LLM sampling temperature (e.g., 0.2)')
21
22     # Simplified config management
23     parser_config = subparsers.add_parser('config', help='Manage
24         API key configuration')
25     config_subparsers = parser_config.add_subparsers(dest='
26         config_cmd', help='Config commands')
27
28     parser_config_set = config_subparsers.add_parser('set', help='
29         Set API key')
30     parser_config_set.add_argument('api_key', type=str, help='
31         Google Gemini API key')
32
33     parser_config_show = config_subparsers.add_parser('show', help='
34         Show current API key (masked)')
35
36     parser_config_remove = config_subparsers.add_parser('remove', help='
37         Remove stored API key')
38
39     parser_config_validate = config_subparsers.add_parser('
40         validate', help='Validate current API key')
41
42     config_group = parser_config.add_mutually_exclusive_group(
43         required=False)
44     config_group.add_argument('--set', type=str, metavar='API_KEY
45         ', help='Set or update the API key (DEPRECATED)')
46     config_group.add_argument('--show', action='store_true', help='
47         Show the currently configured API key (DEPRECATED)')
48     config_group.add_argument('--remove', action='store_true', help='
49         Remove the stored API key (DEPRECATED)')
50
51     args = parser.parse_args()

```

```

37
38     # Handle config commands
39     if args.command == 'config':
40         if args.config_cmd == 'set':
41             config.set_api_key(args.api_key)
42             return
43         elif args.config_cmd == 'show':
44             config.show_api_key()
45             return
46         elif args.config_cmd == 'remove':
47             config.remove_api_key()
48             return
49         elif args.config_cmd == 'validate':
50             is_valid, message = config.validate_api_key()
51             if is_valid:
52                 ui.print_success(f"[OK] {message}")
53             else:
54                 ui.print_error(f"[ERROR] {message}")
55             return
56
57     else:
58         parser_config.print_help()
59         return
60
61     # Legacy flags (kept for compatibility)
62     if getattr(args, 'set', None):
63         config.set_api_key(args.set)
64         return
65     if getattr(args, 'show', False):
66         config.show_api_key()
67         return
68     if getattr(args, 'remove', False):
69         config.remove_api_key()
70
71     # Default: start agent
72     # Check API key before starting
73     if not config.is_configured():
74         ui.print_error("[ERROR] No API key configured.")
75         ui.print_info("Use 'pai config set <API_KEY>' to set your
76                         Google Gemini API key.")
77         return 1
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176

```

```

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 session: {e}")
89     return 1
90
91 if __name__ == "__main__":
92     main()

```

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

ui.py

```

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

```

```

20 })
21
22 # Create a single console instance to be used across the
23 # application
23 console = Console(theme=custom_theme)
24
25 def print_success(message: str):
26     """Displays a success message with a checkmark icon."""
27     console.print(f"[success][OK] {message}[/success]")
28
29 def print_error(message: str):
30     """Displays an error message with a cross icon."""
31     console.print(f"[error][ERROR] {message}[/error]")
32
33 def print_warning(message: str):
34     """Displays a warning message."""
35     console.print(f"[warning]! {message}[/warning]")
36
37 def print_info(message: str):
38     """Displays an informational message."""
39     console.print(f"[info]i {message}[/info]")
40
41 def print_action(message: str):
42     """Displays an action being performed by the agent."""
43     console.print(f"[action]-> {message}[/action]")
44
45 def display_panel(content: str, title: str, language: str = None):
46     """
47         Displays content within a panel, with optional syntax
48         highlighting.
49     if language:
50         # Use Syntax for code highlighting
51         display_content = Syntax(content, language, theme="monokai", line_numbers=True)
52     else:
53         display_content = content
54
55     console.print(Panel(display_content, title=f"[bold grey50]{title}[/bold grey50]", border_style="grey50", expand=False))

```

```

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

```

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

llm.py

```

1 import os
2 import warnings
3 import time
4
5 # Reduce noisy STDERR logs from gRPC/absl before importing Google
6 # SDKs.
7 # These settings aim to suppress INFO/WARNING/ERROR logs emitted
8 # 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 ~ FATAL-
13 # only
14 os.environ.setdefault("ABSL_LOGGING_MIN_LOG_LEVEL", "3")
15 # glog compatibility (some builds respect this env var)
16 os.environ.setdefault("GLOG_minloglevel", "3")
17 # Additional environment variables to suppress Google SDK
18 # warnings
19 os.environ.setdefault("GOOGLE_CLOUD_DISABLE_GRPC", "true")
20 os.environ.setdefault("GRPC_ENABLE_FORK_SUPPORT", "false")
21
22 # Suppress specific warnings
23 warnings.filterwarnings("ignore", category=UserWarning, module=
24     "google")
25 warnings.filterwarnings("ignore", message=".*ALTS.*")
26 warnings.filterwarnings("ignore", message=".*log messages before
27     absl::InitializeLog.*")
28
29 import google.generativeai as genai
30 from . import config, ui
31
32 DEFAULT_MODEL = os.getenv("PAI_MODEL", "gemini-2.5-flash-lite")
33 try:

```

```

28     DEFAULT_TEMPERATURE = float(os.getenv("PAI_TEMPERATURE", "0.3"))
29
30     # Clamp temperature to safe range
31     if DEFAULT_TEMPERATURE < 0.0:
32         DEFAULT_TEMPERATURE = 0.0
33     elif DEFAULT_TEMPERATURE > 2.0:
34         DEFAULT_TEMPERATURE = 2.0
35
36     except ValueError:
37         DEFAULT_TEMPERATURE = 0.3
38
39 # Global model holder
40 model = None
41 _runtime = {
42     "name": None,
43     "temperature": None,
44 }
45
46 def set_runtime_model(model_name: str | None = None, temperature: float | None = None):
47     """Set the runtime model configuration."""
48     global model, _runtime
49
50     # Update runtime settings
51     if model_name is not None:
52         _runtime["name"] = model_name
53     if temperature is not None:
54         temperature = max(0.0, min(2.0, temperature))
55         _runtime["temperature"] = temperature
56
57     # Reset model so it gets recreated with new settings on next
58     # use
59     model = None
60
61 # Initialize runtime settings (model will be created when needed)
62 _runtime = {
63     "name": DEFAULT_MODEL,
64     "temperature": DEFAULT_TEMPERATURE
65 }
66
67 def _prepare_runtime() -> bool:
68     """Configure API key and ensure model object exists.

```

```

66
67     Returns:
68         bool: True if successful, False otherwise.
69     """
70
71
72     # Get single API key
73     api_key = config.get_api_key()
74
75     if not api_key:
76         ui.print_error("Error: No API key configured. Use 'pai
77             config set <API_KEY>' .")
78         model = None
79         return False
80
81     try:
82         genai.configure(api_key=api_key)
83         if model is None:
84             # Build model using stored runtime prefs
85             name = _runtime.get("name") or DEFAULT_MODEL
86             temp = _runtime.get("temperature") if _runtime.get("
87                 temperature") is not None else DEFAULT_TEMPERATURE
88             generation_config = {"temperature": temp}
89             model = genai.GenerativeModel(name, generation_config
90                 =generation_config)
91         return True
92     except Exception as e:
93         ui.print_error(f"Failed to configure API key: {e}")
94         model = None
95         return False
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()

```

```

104
105     # Common rate limit indicators
106     rate_limit_keywords = [
107         'rate limit', 'rate_limit', 'ratelimit',
108         'quota', 'quota exceeded',
109         'resource exhausted', 'resourceexhausted',
110         '429', 'too many requests',
111         'limit exceeded', 'requests per minute'
112     ]
113
114     return any(keyword in error_msg for keyword in
115                 rate_limit_keywords)
116
116 def _clean_response_text(text: str) -> str:
117     """Clean markdown artifacts from LLM response.
118
119     Args:
120         text: Raw response text from LLM
121
122     Returns:
123         Cleaned text without markdown code blocks
124     """
125     cleaned_text = text.strip()
126
127     # Remove all common markdown code block patterns
128     code_block_prefixes = [
129         "```python", "```html", "```css", "```javascript", "```js",
130         "",
131         "```typescript", "```ts", "```json", "```yaml", "```yml",
132         "```bash", "```sh", "```diff", "```xml", "```sql",
133         "```java", "```cpp", "```c", "```go", "```rust", "```ruby",
134         "",
135         "```php", "```markdown", "```md", "```text", "```txt", "``"
136     ]
137
138     for prefix in code_block_prefixes:
139         if cleaned_text.startswith(prefix):
140             cleaned_text = cleaned_text[len(prefix):].strip()
141             break

```

```

141     # Remove trailing code block markers
142     if cleaned_text.endswith("```"):
143         cleaned_text = cleaned_text[:-len("```")].strip()
144
145     # Remove any remaining language tags at the start
146     lines = cleaned_text.split('\n')
147     if lines and len(lines[0].strip()) < 20 and lines[0].strip().lower() in [
148         'html', 'css', 'javascript', 'js', 'python', 'json', '
149             yaml',
150             'bash', 'sh', 'diff', 'xml', 'sql', 'java', 'cpp', 'c', '
151                 go',
152                 'rust', 'ruby', 'php', 'markdown', 'md', 'text', 'txt', '
153                     on',
154     ]:
155         cleaned_text = '\n'.join(lines[1:]).strip()
156
157     return cleaned_text
158
159
160 def generate_text(prompt: str, call_purpose: str = "thinking") ->
161     str:
162     """
163     Generate text with single API key - optimized for 2-call
164     system.
165
166     Args:
167         prompt: The prompt to send to the LLM
168         call_purpose: Purpose of the call for logging (e.g., "
169             planning", "execution")
170
171     Returns:
172         The cleaned response text, or empty string if failed
173
174     global model
175
176     # Ensure model is configured
177     if model is None:
178         if not _prepare_runtime():
179             return ""
180
181     try:

```

```

175     # Show status with purpose
176     status_msg = f"[bold yellow]Agent {call_purpose}...""
177
178     with ui.console.status(status_msg, spinner="dots"):
179         response = model.generate_content(prompt)
180
181     # Success! Clean and return the response
182     cleaned_text = _clean_response_text(response.text)
183
184     # Log token usage if available (for optimization)
185     if hasattr(response, 'usage_metadata'):
186         usage = response.usage_metadata
187         ui.print_info(f"Tokens: {usage.prompt_token_count} ->
188                     {usage.candidates_token_count}")
189
190     return cleaned_text
191
192 except Exception as e:
193     is_rate_limit = _is_rate_limit_error(e)
194
195     if is_rate_limit:
196         ui.print_error("[ERROR] Rate limit reached. Please
197                     wait a few minutes before trying again.")
198         ui.print_info("Consider using a different API key if
199                     available.")
200     else:
201         ui.print_error(f"[ERROR] LLM API error: {e}")
202
203     return ""
204
205 def test_api_connection() -> bool:
206     """Test if API connection works."""
207     test_response = generate_text("Say 'Hello' if you can hear me
208         .", "connection test")
209     return len(test_response) > 0

```

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

`__init__.py`

```

1 """Pai Code package.

```

```

2
3 This package provides a command-line based agentic AI for
4     software development.
5
6 __all__ = [
7     # Public modules
8     "agent",
9     "cli",
10    "config",
11    "llm",
12    "ui",
13    "workspace",
14]
15
16 __version__ = "0.1.0"

```

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

requirements.txt

```

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

```

Listing A.11: File requirements.txt

setup.py

```

1 from setuptools import setup
2
3 if __name__ == "__main__":
4     setup()

```

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

setup.cfg

```

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

```

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

pyproject.toml

```

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

```

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

makefile

```
1 .PHONY: run export-all install venv-activate setup install-cli  
2   uninstall-cli  
3  
4 install:  
5   @if [ ! -d .venv ]; then \  
6     echo "[install] Creating virtual environment at .venv"; \  
7     python3 -m venv .venv; \  
8   else \  
9     echo "[install] Reusing existing virtual environment at .venv"; \  
10    fi  
11   . .venv/bin/activate; python -m pip install --upgrade pip  
12     setuptools wheel  
13   . .venv/bin/activate; pip install -r requirements.txt  
14   . .venv/bin/activate; pip install -e .  
15  
16  
17 run:  
18   . .venv/bin/activate; python -m paicode.cli auto  
19  
20  
21 export-all:  
22   @mkdir -p z_project_list  
23   @echo "Exporting project files to z_project_list/listing.txt..."  
24   "  
25   @rm -f z_project_list/listing.txt  
26   @for f in $$($find . -type f \  
27     -not -path '*/.*' \  
28     -not -path '*/__pycache__/*' \  
29     -not -path '*.egg-info/*' \  
30     -not -path './z_project_list/*' \  
31     -not -name ".gitkeep" \  
32     | sort); do \  
33       echo "==== $$f ===" >> z_project_list/listing.txt; \  
34       cat $$f >> z_project_list/listing.txt; \  
35       echo "\n" >> z_project_list/listing.txt; \  
36   done  
37   @echo "Export complete."  
38  
39 venv-activate:  
40   @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 $$HOME/.local/bin is in your
40     PATH, then run: pai"
41
42 install-cli:
43     @mkdir -p $(HOME)/.local/bin
44     @echo "Installing launcher to $(HOME)/.local/bin/pai"
45     @echo '#!/usr/bin/env bash' > $(HOME)/.local/bin/pai
46     @echo '# Suppress noisy gRPC/absl logs' >> $(HOME)/.local/bin/
47         pai
48     @echo 'export GRPC_VERBOSITY="NONE"' >> $(HOME)/.local/bin/pai
49     @echo 'export GRPC_LOG_SEVERITY="ERROR"' >> $(HOME)/.local/bin/
50         pai
51     @echo 'export ABSL_LOGGING_MIN_LOG_LEVEL="3"' >> $(HOME)/.local
52         /bin/pai
53     @echo 'export GLOG_minloglevel="3"' >> $(HOME)/.local/bin/pai
54     @echo 'export GOOGLE_CLOUD_DISABLE_GRPC="true"' >> $(HOME)/.
55         local/bin/pai
56     @echo 'export GRPC_ENABLE_FORK_SUPPORT="false"' >> $(HOME)/.
57         local/bin/pai
58     @echo 'SCRIPT_DIR="$$($ cd """$(dirname """${BASH_SOURCE[0]}")" &&
59             pwd)"' >> $(HOME)/.local/bin/pai
60     @echo 'APPDIR="$(shell pwd)"' >> $(HOME)/.local/bin/pai
61     @echo 'VENVDIR="$$APPDIR/.venv"' >> $(HOME)/.local/bin/pai
62     @echo 'PY="$$VENVDIR/bin/python"' >> $(HOME)/.local/bin/pai
63     @echo '# Redirect stderr to suppress remaining warnings' >> $(
64         HOME)/.local/bin/pai
65     @echo 'if [ -x "$$VENVDIR/bin/pai" ]; then' >> $(HOME)/.local/
66         bin/pai
67     @echo '    exec $$VENVDIR/bin/pai $$@' 2>/dev/null' >> $(HOME)
68         /.local/bin/pai
69     @echo 'elif [ -x "$$PY" ]; then' >> $(HOME)/.local/bin/pai
70     @echo '    exec $$PY -m paicode.cli $$@' 2>/dev/null' >> $((
71         HOME)/.local/bin/pai
72     @echo 'else' >> $(HOME)/.local/bin/pai
73     @echo '    exec python3 -m paicode.cli $$@' 2>/dev/null' >> $((
74         HOME)/.local/bin/pai
75     @echo 'fi' >> $(HOME)/.local/bin/pai
76     @chmod +x $(HOME)/.local/bin/pai

```

```

65  @# Ensure ~/.local/bin is in PATH (append to ~/.bashrc if
66  missing)
67  @if [ -f $(HOME)/.bashrc ]; then \
68      grep -qxF 'export PATH="$$HOME/.local/bin:$$PATH"' $(HOME)/.
69          bashrc || printf '\n# Added by pai install-cli\nexport
70          PATH="$$HOME/.local/bin:$$PATH"\n' >> $(HOME)/.bashrc; \
71  fi
72  @echo "Ensured PATH includes $$HOME/.local/bin in $$HOME/.
73      bashrc. Run: 'source $$HOME/.bashrc' or open a new terminal.
74      "
75
76  @echo "Done. Ensure $(HOME)/.local/bin is in your PATH. Try
77      running: pai --help"
78
79
80  uninstall-cli:
81  @rm -f $(HOME)/.local/bin/pai
82  @# Remove PATH line added by install-cli (safe if absent)
83  @sed -i '/^# Added by pai install-cli$/d' $(HOME)/.bashrc ||
84      true
85  @sed -i '/^export PATH="\$HOME\/\.\local\/bin:\$PATH"\$/d' $(HOME)
86      /.bashrc || true
87  @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.