

Operating System Course Report - First Half of the Semester

A class

October 3, 2024

Contents

1	Introduction	3
2	Course Overview	3
2.1	Objectives	3
2.2	Course Structure	3
3	Topics Covered	4
3.1	Basic Concepts and Components of Computer Systems	4
3.2	System Performance and Metrics	4
3.3	System Architecture of Computer Systems	4
3.4	Process Description and Control	4
3.5	Scheduling Algorithms	5
3.6	Process Creation and Termination	5
3.7	Introduction to Threads	5
3.8	File Systems	5
3.9	Input and Output Management	6
3.10	Deadlock Introduction and Prevention	6
3.10.1	Deadlock Conditions	6
3.10.2	Pencegahan Terhadap Deadlock	6
3.11	User Interface Management	14
3.12	Virtualization in Operating Systems	14
4	Assignments and Practical Work	15
4.1	Assignment 1: Process Scheduling	15
4.1.1	Group 1	15
4.2	Assignment 2: Deadlock Handling	15
4.3	Assignment 3: Multithreading and Amdahl's Law	15
4.4	Assignment 4: Simple Command-Line Interface (CLI) for User Interface Management	16
4.4.1	Group 11	16
4.5	Assignment 5: File System Access	20
5	Conclusion	20

1 Introduction

This report summarizes the topics covered during the first half of the Operating System course. It includes theoretical concepts, practical implementations, and assignments. The course focuses on the fundamentals of operating systems, including system architecture, process management, CPU scheduling, and deadlock handling.

2 Course Overview

2.1 Objectives

The main objectives of this course are:

- To understand the basic components and architecture of a computer system.
- To learn process management, scheduling, and inter-process communication.
- To explore file systems, input/output management, and virtualization.
- To study the prevention and handling of deadlocks in operating systems.

2.2 Course Structure

The course is divided into two halves. This report focuses on the first half, which covers:

- Basic Concepts and Components of Computer Systems
- System Performance and Metrics
- System Architecture of Computer Systems
- Process Description and Control
- Scheduling Algorithms
- Process Creation and Termination

- Introduction to Threads
- File Systems
- Input and Output Management
- Deadlock Introduction and Prevention
- User Interface Management
- Virtualization in Operating Systems

3 Topics Covered

3.1 Basic Concepts and Components of Computer Systems

This section explains the fundamental components that make up a computer system, including the CPU, memory, storage, and input/output devices.

3.2 System Performance and Metrics

This section introduces various system performance metrics used to measure the efficiency of a computer system, including throughput, response time, and utilization.

3.3 System Architecture of Computer Systems

Describes the architecture of modern computer systems, focusing on the interaction between hardware and the operating system.

3.4 Process Description and Control

Processes are a central concept in operating systems. This section covers:

- Process states and state transitions
- Process control block (PCB)
- Context switching

3.5 Scheduling Algorithms

This section covers:

- First-Come, First-Served (FCFS)
- Shortest Job Next (SJN)
- Round Robin (RR)

It explains how these algorithms are used to allocate CPU time to processes.

3.6 Process Creation and Termination

Details how processes are created and terminated by the operating system, including:

- Process spawning
- Process termination conditions

3.7 Introduction to Threads

This section introduces the concept of threads and their relation to processes, covering:

- Single-threaded vs. multi-threaded processes
- Benefits of multithreading

Seperti yang terlihat pada Gambar 1, inilah cara menambahkan gambar dengan keterangan.

3.8 File Systems

File systems provide a way for the operating system to store, retrieve, and manage data. This section explains:

- File system structure
- File access methods
- Directory management

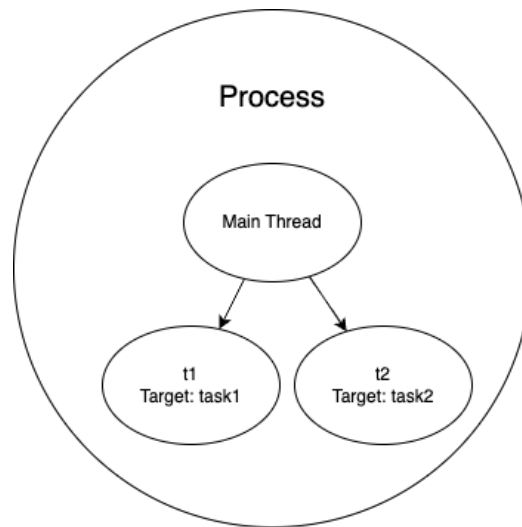


Figure 1: Ini adalah gambar contoh dari multithreading.

3.9 Input and Output Management

Input and output management is key for handling the interaction between the system and external devices. This section includes:

- Device drivers
- I/O scheduling

3.10 Deadlock Introduction and Prevention

Explores the concept of deadlocks and methods for preventing them:

3.10.1 Deadlock Conditions

3.10.2 Pencegahan Terhadap Deadlock

3.10.2.3 Kelebihan dan Kekurangan dari Pencegahan Deadlock

1. Resource Allocation Denial

Kelebihan dari pencegahan ini, yaitu :

a. Menjamin bahwa sistem tidak akan masuk ke keadaan deadlock

Dengan menggunakan metode ini, sistem memastikan bahwa tidak ada proses yang diberikan sumber daya jika pengalokasian tersebut berpotensi menyebabkan deadlock. Artinya, sebelum sumber daya dialokasikan, sistem melakukan pengecekan apakah alokasi tersebut aman atau tidak. Hal ini sangat penting terutama untuk sistem kritis di mana downtime akibat deadlock bisa mengakibatkan kerugian besar atau risiko keamanan tinggi.

b. Algoritma Banker's memberikan solusi optimal dalam pengalokasian sumber daya

Algoritma Banker's bekerja dengan memperhitungkan kebutuhan maksimum dari setiap proses dan hanya mengalokasikan sumber daya jika sistem tetap berada dalam keadaan aman. Ini menjamin bahwa semua proses dapat menyelesaikan eksekusinya tanpa menunggu sumber daya secara terus-menerus, sehingga mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang ada di sistem.

c. Cocok untuk sistem yang memprioritaskan kestabilan dan keamanan pengelolaan sumber daya

Sistem yang sangat sensitif terhadap kegagalan atau memiliki risiko tinggi jika terjadi deadlock akan sangat diuntungkan dengan pendekatan ini. Metode ini memberikan keamanan tambahan karena setiap pengalokasian dipastikan aman, menjadikannya sangat ideal untuk sistem seperti layanan kesehatan atau sistem keuangan.

d. Mengurangi risiko kelambatan atau deadlock pada sistem yang membutuhkan kontrol ketat

Dalam sistem di mana sumber daya terbatas dan pengelolaannya membutuhkan kontrol ketat, metode ini bisa mengurangi kemungkinan proses berhenti akibat deadlock. Hal ini karena semua pengalokasian sumber daya dilakukan hanya jika sudah diverifikasi aman, sehingga proses bisa berjalan lebih lancar tanpa gangguan yang disebabkan oleh deadlock.

Kekurangan dari pencegahan ini, yaitu:

a. Overhead komputasi tinggi

Kelemahan terbesar dari metode ini adalah kebutuhan akan sumber daya komputasi yang signifikan untuk memeriksa apakah setiap alokasi aman. Sistem harus menghitung ulang setiap kali ada permintaan sumber daya baru, yang bisa memakan waktu dan mempengaruhi performa, terutama pada sistem yang memiliki banyak proses dan sumber daya.

b. Tidak praktis untuk sistem besar dengan banyak proses dan sumber daya

Untuk sistem yang melibatkan banyak proses dan sumber daya yang saling bersaing, metode ini menjadi sangat tidak praktis. Setiap kali proses meminta sumber daya, sistem harus mengecek keadaan aman, yang menyebabkan overhead besar. Dalam sistem besar, ini bisa memperlambat kinerja dan menambah kompleksitas.

c. Memerlukan informasi lengkap tentang jumlah sumber daya yang dibutuhkan setiap proses, yang bisa sulit diestimasi

Algoritma ini membutuhkan informasi lengkap mengenai kebutuhan maksimum dari setiap proses. Namun, dalam praktiknya, seringkali sulit atau tidak mungkin untuk memprediksi dengan akurat berapa jumlah sumber daya yang benar-benar dibutuhkan oleh setiap proses, terutama pada sistem dinamis di mana kebutuhan bisa berubah-ubah.

d. Tidak fleksibel

Metode ini kurang fleksibel dalam menghadapi perubahan. Jika ada sedikit perubahan dalam kebutuhan sumber daya proses, sistem mungkin menolak pengalokasian karena dianggap tidak aman. Hal ini bisa membuat beberapa proses ditolak secara berlebihan, meskipun sebenarnya mereka hanya membutuhkan sedikit penyesuaian alokasi.

2. Resource Ordering

Kelebihan dari pencegahan ini, yaitu :

a. Sederhana dan efektif dalam mencegah deadlock

Salah satu kelebihan terbesar dari metode ini adalah kesederhanaannya. Dengan menetapkan urutan tertentu dalam pengalokasian sumber daya, sistem bisa mencegah deadlock tanpa memerlukan algoritma yang rumit. Setiap proses harus meminta sumber daya sesuai urutan yang sudah ditentukan, se-

hingga menghindari potensi deadlock yang bisa terjadi jika proses meminta sumber daya dalam urutan acak.

b. Tidak memerlukan pengecekan kondisi sistem seperti metode avoidance (penghindaran)

Berbeda dengan metode yang lebih kompleks seperti avoidance, resource ordering tidak memerlukan pengecekan terus-menerus terhadap kondisi sistem. Ini membuat metode ini lebih ringan secara komputasi, karena sistem tidak perlu menghitung apakah alokasi sumber daya aman atau tidak sebelum melakukan pengalokasian.

c. Meminimalkan kebutuhan pengawasan sumber daya secara dinamis, sehingga mengurangi overhead pada sistem

Karena sumber daya dialokasikan berdasarkan urutan tetap, tidak ada kebutuhan untuk melakukan pengawasan terus-menerus terhadap status sumber daya atau proses. Ini mengurangi overhead yang biasanya terjadi pada metode yang lebih kompleks, di mana sistem harus memantau pengalokasian sumber daya secara dinamis.

d. Sederhana untuk diimplementasikan dalam sistem dengan sedikit sumber daya

Dalam sistem yang memiliki sedikit jenis sumber daya, metode ini sangat efektif. Implementasinya tidak memerlukan kompleksitas tambahan karena jumlah sumber daya yang terbatas mempermudah pengelolaan dan penetapan urutan alokasi. Sistem bisa berjalan dengan lancar karena urutan alokasi mudah diatur.

Kekurangan dari pencegahan ini, yaitu :

a. Membatasi fleksibilitas proses dalam meminta sumber daya

Dengan adanya urutan tetap dalam permintaan sumber daya, proses tidak bisa dengan bebas meminta sumber daya sesuai kebutuhan mereka secara dinamis. Ini bisa membatasi fleksibilitas proses, terutama jika kebutuhan sumber daya berubah di tengah jalan, yang membuat mereka harus menunggu lebih lama.

b. Tidak selalu efisien

Salah satu kekurangan utama dari metode ini adalah kurangnya efisiensi

dalam beberapa situasi. Jika satu proses memerlukan banyak sumber daya tetapi harus mengikuti urutan yang ditetapkan, proses tersebut mungkin harus menunggu lebih lama dibandingkan dengan metode lain yang lebih fleksibel.

c. Tidak skalabel dalam sistem yang lebih kompleks dengan banyak jenis sumber daya

Metode ini kurang cocok untuk sistem yang lebih besar dan lebih kompleks di mana ada banyak jenis sumber daya yang berbeda. Mengatur urutan tetap untuk banyak sumber daya bisa menjadi sangat rumit dan tidak efisien, sehingga metode ini tidak efektif untuk sistem besar dengan berbagai kebutuhan.

d. Pengurutan sumber daya statis mungkin tidak efektif jika pola penggunaan sumber daya berubah secara dinamis

Jika pola penggunaan sumber daya di sistem berubah secara dinamis, metode ini bisa menjadi tidak efektif. Urutan yang ditetapkan sebelumnya mungkin tidak relevan dengan pola penggunaan baru, menyebabkan sistem menjadi kurang efisien atau bahkan rentan terhadap deadlock jika urutan tidak bisa diikuti.

3. Avoidance of Hold-and-Wait Conditions

Kelebihan dari pencegahan ini, yaitu :

a. Mencegah kondisi deadlock dengan menghilangkan salah satu dari empat kondisi deadlock (hold-and-wait)

Metode ini mencegah deadlock dengan memastikan bahwa proses tidak akan memegang satu sumber daya sambil menunggu sumber daya lain. Semua sumber daya yang dibutuhkan oleh proses harus diminta sekaligus, sehingga menghindari situasi di mana satu proses menunggu sumber daya yang sedang dipegang oleh proses lain. Ini adalah pendekatan preventif yang sangat efektif dalam menghilangkan salah satu syarat terjadinya deadlock.

b. Lebih mudah diterapkan dalam beberapa sistem kecil atau dengan sumber daya terbatas

Dalam sistem yang memiliki jumlah sumber daya terbatas dan sedikit proses, pendekatan ini relatif mudah diterapkan. Karena jumlah proses dan

sumber daya yang harus diawasi lebih sedikit, aturan untuk meminta semua sumber daya sekaligus dapat diterapkan dengan lebih mudah, tanpa menimbulkan banyak overhead atau beban pada sistem.

c. Mengurangi kompleksitas dalam sistem yang memerlukan manajemen sumber daya yang sederhana

Sistem yang sederhana atau dengan pola penggunaan sumber daya yang tetap dapat memanfaatkan metode ini untuk mengurangi kompleksitas manajemen sumber daya. Tidak ada kebutuhan untuk melakukan pengecekan yang rumit atau algoritma yang kompleks, karena semua permintaan sumber daya dikelola secara bersamaan.

d. Meningkatkan transparansi alokasi sumber daya karena semua sumber daya diminta sekaligus

Dengan proses yang meminta semua sumber daya yang dibutuhkan di awal, transparansi alokasi meningkat. Administrator sistem dapat lebih mudah memonitor kebutuhan proses dan mencegah potensi konflik alokasi di masa depan. Ini juga membantu dalam merencanakan dan mengelola sumber daya secara lebih efektif.

Kekurangan dari pencegahan ini, yaitu :

a. Mungkin menghasilkan inefisiensi, karena proses harus menunggu lebih lama untuk mendapatkan semua sumber daya yang diperlukan

Salah satu kekurangan terbesar dari pendekatan ini adalah bahwa proses harus menunggu hingga semua sumber daya yang diperlukan tersedia sebelum dapat memulai. Jika salah satu sumber daya tidak tersedia, proses harus menunggu, yang bisa mengakibatkan penurunan efisiensi karena sumber daya yang lain sudah tersedia namun tidak digunakan.

b. Pemborosan sumber daya karena proses mungkin memegang sumber daya yang tidak segera digunakan

Karena semua sumber daya diminta sekaligus, ada kemungkinan beberapa sumber daya yang dialokasikan tidak langsung digunakan. Hal ini bisa menyebabkan pemborosan, di mana sumber daya yang sudah dialokasikan tidak dimanfaatkan dengan baik, sementara proses lain yang membutuhkan sumber daya tersebut harus menunggu.

c. Membatasi multitasking karena proses harus menunggu sampai semua sumber daya tersedia

Proses tidak dapat mulai menjalankan sebagian tugasnya sambil menunggu sisa sumber daya yang diperlukan. Ini membatasi kemampuan sistem untuk melakukan multitasking atau menjalankan beberapa proses secara bersamaan, karena setiap proses harus menunggu sampai semua sumber daya yang dibutuhkan tersedia.

d. Dalam kasus tertentu, bisa menyebabkan starvation (proses terus-menerus gagal mendapatkan sumber daya karena harus menunggu lama)

Jika ada proses yang membutuhkan banyak sumber daya, terutama di lingkungan dengan sumber daya terbatas, proses tersebut bisa mengalami starvation. Artinya, proses mungkin terus menunggu sumber daya yang tidak pernah tersedia karena dialokasikan ke proses lain, menyebabkan penundaan yang berkepanjangan.

4. Timeout

Kelebihan dari pencegahan ini, yaitu :

a. Mudah diimplementasikan dan tidak memerlukan pengaturan kompleks

Metode ini sangat sederhana dan mudah untuk diimplementasikan karena hanya memerlukan penetapan batas waktu untuk setiap proses yang sedang menunggu sumber daya. Jika batas waktu tersebut terlewati, proses akan dihentikan atau di-reset. Pendekatan ini tidak memerlukan algoritma rumit atau pengawasan kompleks, sehingga dapat diterapkan pada banyak jenis sistem tanpa membutuhkan modifikasi besar.

b. Memberikan jaminan bahwa proses tidak akan menunggu sumber daya selamanya

Salah satu kelebihan utama dari metode timeout adalah bahwa ia memberikan jaminan bahwa proses tidak akan terjebak menunggu sumber daya tanpa batas waktu. Jika sumber daya yang diperlukan tidak tersedia dalam jangka waktu tertentu, proses akan dihentikan atau di-reset, memberikan kesempatan bagi proses lain untuk mendapatkan akses ke sumber daya tersebut.

c. Mengoptimalkan waktu proses yang terjebak dalam antrian sumber

daya dengan memberikan kesempatan pada proses lain untuk berjalan

Dengan adanya batas waktu, proses yang terlalu lama menunggu sumber daya akan dihentikan atau dialihkan, sehingga menghindari bottleneck di sistem. Proses lain yang mungkin bisa berjalan dengan sumber daya yang tersedia dapat mulai berjalan lebih cepat, meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan.

d. Memungkinkan sistem tetap responsif dalam menghadapi deadlock sementara

Jika terjadi deadlock sementara di mana beberapa proses saling menunggu sumber daya, metode timeout dapat membantu memutus lingkaran deadlock tersebut. Ketika salah satu proses mencapai batas waktunya dan dihentikan, sumber daya yang terlibat dalam deadlock bisa dilepaskan, memungkinkan proses lain untuk melanjutkan eksekusi dan sistem tetap responsif.

Kekurangan dari pencegahan ini, yaitu :

a. Tidak menjamin bahwa deadlock benar-benar dihindari, hanya resolusi setelah terjadi

Salah satu kelemahan utama dari metode ini adalah bahwa deadlock tidak dicegah sejak awal. Proses bisa tetap terjebak dalam deadlock untuk sementara waktu sampai batas waktu tercapai. Metode ini lebih berfungsi sebagai solusi setelah deadlock terjadi, bukan sebagai pencegahan deadlock.

b. Proses mungkin harus dimulai ulang jika timeout, yang bisa menjadi inefisien dan menyebabkan penurunan kinerja sistem

Jika proses dihentikan karena timeout, ada kemungkinan besar bahwa proses tersebut harus dimulai ulang dari awal, terutama jika sumber daya yang dibutuhkan masih belum tersedia. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kinerja sistem karena waktu dan sumber daya yang sudah digunakan untuk proses tersebut terbuang sia-sia.

c. Menambah overhead untuk memonitor batas waktu pada setiap proses

Sistem harus terus memonitor waktu yang dihabiskan oleh setiap proses untuk memastikan apakah batas waktu sudah tercapai atau belum. Ini menambah overhead pada sistem, terutama jika ada banyak proses yang harus dipantau secara bersamaan, dan bisa mempengaruhi efisiensi keseluruhan sistem.

d. Batas waktu yang tidak tepat dapat menyebabkan proses yang memerlukan sumber daya besar mengalami kegagalan berulang

Jika batas waktu yang ditetapkan terlalu singkat, proses yang memerlukan banyak sumber daya mungkin tidak pernah mendapatkan cukup waktu untuk menyelesaikan tugasnya, dan terus menerus dihentikan. Ini bisa menyebabkan kegagalan berulang, di mana proses besar tidak pernah selesai, mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan.

References

- [1] Silberschatz, A., Galvin, P. B., & Gagne, G. (2018). *Operating system concepts* (10th ed.). Wiley.
- [2] Stallings, W. (2018). *Operating systems: Internals and design principles* (9th ed.). Pearson.
- [3] Tanenbaum, A. S., & Bos, H. (2014). *Modern operating systems* (4th ed.). Pearson.

3.11 User Interface Management

This section discusses the role of the operating system in managing the user interface. Topics covered include:

- Graphical User Interface (GUI)
- Command-Line Interface (CLI)
- Interaction between the user and the operating system

3.12 Virtualization in Operating Systems

Virtualization allows multiple operating systems to run concurrently on a single physical machine. This section explores:

- Concept of virtualization
- Hypervisors and their types

- Benefits of virtualization in modern computing

4 Assignments and Practical Work

4.1 Assignment 1: Process Scheduling

Students were tasked with implementing various process scheduling algorithms (e.g., FCFS, SJN, and RR) and comparing their performance under different conditions.

4.1.1 Group 1

```
class Process:
def __init__(self, pid, arrival_time, burst_time):
    self.pid = pid
    self.arrival_time = arrival_time
    self.burst_time = burst_time
    self.completion_time = 0
    self.turnaround_time = 0
    self.waiting_time = 0
```

Header 1	Header 2	Header 3
Row 1, Column 1	Row 1, Column 2	Row 1, Column 3
Row 2, Column 1	Row 2, Column 2	Row 2, Column 3

Table 1: Your table caption

4.2 Assignment 2: Deadlock Handling

In this assignment, students were asked to simulate different deadlock scenarios and explore various prevention methods.

4.3 Assignment 3: Multithreading and Amdahl's Law

This assignment involved designing a multithreading scenario to solve a computationally intensive problem. Students then applied **Amdahl's Law** to calculate the theoretical speedup of the program as the number of threads increased.

4.4 Assignment 4: Simple Command-Line Interface (CLI) for User Interface Management

Students were tasked with creating a simple **CLI** for user interface management. The CLI should support basic commands such as file manipulation (creating, listing, and deleting files), process management, and system status reporting.

4.4.1 Group 11

Soal

Andi bekerja sebagai seorang administrator sistem di sebuah perusahaan teknologi. Suatu hari, ia diminta oleh atasannya untuk membuat sebuah aplikasi sederhana berbasis Command-Line Interface (CLI) yang akan mempermudah timnya dalam mengelola proses yang berjalan di server.

Aplikasi tersebut harus mampu melakukan hal-hal berikut:

1. Melihat daftar proses yang sedang berjalan di server, termasuk menampilkan PID dan nama dari setiap proses.
2. Menghentikan proses tertentu berdasarkan PID jika proses tersebut menyebabkan masalah.
3. Menampilkan status sistem, seperti penggunaan CPU, memori, dan disk untuk memastikan server berjalan dalam kondisi optimal.

Bantulah Andi dengan membuat aplikasi CLI menggunakan Python yang dapat menyelesaikan tiga tugas di atas!

Jawaban

Untuk menyelesaikan masalah ini, kita akan menggunakan modul Python `psutil` untuk memantau proses dan status sistem, serta `argparse` untuk membuat interface command-line yang dapat menerima input dari pengguna.

Sebelum masuk ke kode python, pertama kita buka terminal dan input kode ini :

```
pip install psutil
```

Berikut adalah solusi Python untuk masalah yang dihadapi Andi:


```

import psutil
import argparse

def list_processes():
    processes = psutil.pids()
    print(f"Daftar proses yang berjalan di sistem:")
    for pid in processes:
        try:
            process = psutil.Process(pid)
            print(f"PID: {pid}, Nama: {process.name()}")
        except psutil.NoSuchProcess:
            pass

def kill_process(pid):
    try:
        process = psutil.Process(pid)
        process.terminate()
        print(f"Proses dengan PID {pid} berhasil
              dihentikan.")
    except psutil.NoSuchProcess:
        print(f"Tidak ada proses dengan PID {pid}.")
    except Exception as e:
        print(f"Gagal menghentikan proses: {e}")

def system_status():
    print(f"Penggunaan CPU: {psutil.cpu_percent()}%")
    print(f"Penggunaan RAM: {psutil.virtual_memory().
                    percent}%")
    print(f"Penggunaan Disk: {psutil.disk_usage('/').
                    percent}%")

if __name__ == "__main__":
    parser = argparse.ArgumentParser(description="CLI
                                         untuk manajemen proses
                                         dan status sistem")

    subparsers = parser.add_subparsers(dest='command')

    list_parser = subparsers.add_parser('list', help='
                                         Menampilkan daftar
                                         proses yang berjalan')

    kill_parser = subparsers.add_parser('kill', help='
                                         Menghentikan proses
                                         berdasarkan PID')

```

```

kill_parser.add_argument('pid', type=int, help='PID
                                dari proses yang akan
                                dihentikan')

status_parser = subparsers.add_parser('status', help=
                                'Menampilkan status
                                sistem')

args = parser.parse_args()

if args.command == 'list':
    list_processes()
elif args.command == 'kill':
    kill_process(args.pid)
elif args.command == 'status':
    system_status()

```

Penjelasan:

1. Daftar Proses

- Fungsi `list_processes()` mengambil semua PID dari proses yang berjalan menggunakan `psutil.pids()`. Untuk setiap PID, kita membuat objek proses dengan `psutil.Process(pid)` dan menampilkan PID serta nama prosesnya.

2. Menghentikan Proses

- Fungsi `kill_process()` menerima PID dari proses yang ingin dihentikan. Proses dihentikan menggunakan `process.terminate()`. Jika PID tidak ditemukan, akan ada pesan kesalahan yang ditampilkan.

3. Status Sistem

- Fungsi `system_status()` menampilkan penggunaan CPU, RAM, dan disk menggunakan fungsi `psutil` yang relevan seperti `cpu_percent()`, `virtual_memory().percent`, dan `disk_usage('/')`.

Andi dapat menjalankan aplikasi CLI ini di terminal dengan tiga perintah utama:

1. Melihat Daftar Proses

Untuk melihat daftar proses yang berjalan, Andi dapat menggunakan perintah berikut:

```
python cli.py list
```

Ini akan menampilkan semua proses yang berjalan dengan PID dan nama prosesnya.

2. Menghentikan Proses Berdasarkan PID

Untuk menghentikan proses berdasarkan PID, Andi dapat menjalankan perintah berikut:

```
python cli.py kill <PID>
```

Sebagai contoh, untuk menghentikan proses dengan PID 1234, Andi dapat mengetik:

```
python cli.py kill 1234
```

3. Melihat Status Sistem

Untuk melihat status sistem seperti penggunaan CPU, RAM, dan disk, Andi dapat menjalankan perintah berikut:

```
python cli.py status
```

Ini akan menampilkan informasi mengenai penggunaan CPU, RAM, dan disk pada server.

4.5 Assignment 5: File System Access

In this assignment, students implemented file system access routines, including:

- File creation and deletion
- Reading from and writing to files
- Navigating directories and managing file permissions

5 Conclusion

The first half of the course introduced core operating system concepts, including process management, scheduling, multithreading, and file system access. These topics provided a foundation for more advanced topics to be covered in the second half of the course.