

# **konsep**

Norah Jones

2025-08-07

## **Table of contents**

# 1 Part 1: The Primitive Knowledge Map

This is an excellent pedagogical approach for a signals and systems course, as it encourages students to move beyond rote memorization and develop a deeper, more integrated understanding of the subject. Your idea of creating two types of knowledge maps is well-supported by research on learning and problem-solving. Here's a breakdown of how you can implement this for your signals and systems course:

This map is about the “atomic” concepts of the course—the fundamental building blocks. It's a static representation of the core body of knowledge.

## 1. Identify Core Concepts and Principles:

Begin by outlining all the essential topics in your course. This should be a comprehensive list of all the “nodes” in your map. Examples for signals and systems would include:

- **Signals:** Continuous-time (CT) vs. discrete-time (DT), periodic vs. aperiodic, energy vs. power signals, common signals (unit step, impulse, ramp, sinusoids).
- **Systems:** CT vs. DT, linearity, time-invariance, causality, stability.
- **Transformations:** Fourier Series, Fourier Transform (CTFT and DTFT), Laplace Transform, Z-Transform.
- **Analysis:** Convolution, transfer functions, frequency response, pole-zero plots, sampling theorem.
- **Applications:** Filtering (low-pass, high-pass), modulation.

## 2. Define the Relationships (“Edges”):

This is the most crucial part of the primitive map. The “edges” connecting the concepts are the relationships between them. These relationships are the “vehicles” you mentioned. Labeling these connections is key to making the map useful.

- **Cause-and-Effect:** “A linear system *is defined by* additivity and homogeneity.”
- **Example/Instance:** “The unit step function *is an example of* a CT signal.”
- **Mathematical Equivalence:** “The transfer function  $H(s)$  *is the Laplace transform of* the impulse response  $h(t)$ .”

- **Generalization/Special Case:** “The Fourier Transform *is a generalization of* the Fourier Series.”
- **Analysis Tool:** “The pole-zero plot *is used to analyze* system stability.”

### 3. Visual Representation:

You can use a variety of formats, from simple mind maps to more structured concept maps. Encourage students to create their own. The act of building the map is a learning experience in itself.

- **Mind Map:** A central concept (e.g., “Signals and Systems”) with branches radiating out for major topics.
- **Concept Map:** A hierarchical network with nodes and labeled links. This is often more powerful for technical subjects as it forces students to explicitly state the relationship between concepts.
- **Collaborative Whiteboard:** Use a tool like Miro or a physical whiteboard in class to build a shared map with the students.

## 1.0.1 Part 2: The Problem-Solving Knowledge Map

This map is dynamic and process-oriented. It’s a collection of “routes” or problem-solving strategies, each built from a sequence of primitive knowledge. The “vehicles” here are the specific mathematical operations and concepts used to move from one state of knowledge to another.

### 1. Frame Problems as Gaps:

As you suggested, every problem starts with what’s known and ends with what’s asked.

- **Starting Point (Knowns):** The given information in the problem. For example, “A system is described by a differential equation.” or “The input signal is a sum of sinusoids.”
- **Ending Point (Asked):** The desired output or conclusion. For example, “Find the output signal  $y(t)$ ,” or “Determine if the system is stable.”

### 2. Develop “Routes” and “Vehicles”:

The routes are the sequence of steps, and the vehicles are the specific operations (e.g., convolution, Fourier transform, etc.) that connect the knowns to the unknowns. This is where you connect the primitive knowledge to practical application.

#### • Route 1: Time Domain Analysis

- **Starting Point:** System impulse response  $h(t)$  and input signal  $x(t)$ .

- **Vehicle:** Convolution integral:  $y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)d\tau$ .
- **Ending Point:** System output  $y(t)$ .

- **Route 2: Frequency Domain Analysis**

- **Starting Point:** System transfer function  $H(s)$  and input signal  $X(s)$ .
- **Vehicle 1:** Multiplication in the frequency domain:  $Y(s) = X(s)H(s)$ .
- **Vehicle 2:** Inverse Laplace Transform:  $y(t) = \mathcal{L}^{-1}\{Y(s)\}$ .
- **Ending Point:** System output  $y(t)$ .

- **Route 3: Stability Analysis**

- **Starting Point:** System transfer function  $H(s)$ .
- **Vehicle:** Find poles of  $H(s)$  by solving for roots of the denominator polynomial.
- **Ending Point:** Conclusion on stability (e.g., “System is stable if all poles are in the left-half of the s-plane”).

### 3. Teaching the Approach:

- **Model the Process:** During lectures, explicitly “walk the map.” When you introduce a problem, identify the starting and ending points. Then, show the students the possible routes (e.g., time domain vs. frequency domain) and the vehicles needed for each step.
- **Scaffolded Practice:** Start with simple problems where there is a clear, single best route. Gradually introduce more complex problems where students have to choose between multiple routes.
- **“Problem-Solving Checklists” (mini-maps):** For common problem types, have students create small “checklists” or mini-maps. For example, a checklist for “determining system properties” would be: “Test for Linearity (additivity, homogeneity) -> Test for Time-Invariance -> Test for Causality -> Test for Stability.”
- **Reflective Assignment:** Ask students to solve a problem and then, as a follow-up, write a short paragraph explaining their chosen route and why it was the best choice. This makes them metacognitive about their problem-solving process.

### 1.0.2 Summary: Your Two Maps

- **Primitive Knowledge Map:** This is the **encyclopedia**. It contains the definitions, properties, and fundamental relationships of all the concepts in the course. It's the reference material.
- **Problem-Solving Knowledge Map:** This is the **GPS**. It's the dynamic tool that guides a student through a problem. It helps them identify their current location (the knowns), their destination (the unknowns), and the best path to get there using the “vehicles” of the course.

By teaching students to create and use both types of maps, you empower them to not only understand the material but also to think like engineers—strategically and systematically.

## 2 Laporan Ahli: Konsep Dasar Sinyal dan Sistem: Peta Pengetahuan dan Kerangka Pemecahan Masalah

### 2.1 I. Pendahuluan: Fondasi Sinyal dan Sistem

Analisis sinyal dan sistem merupakan pilar fundamental dalam berbagai disiplin ilmu teknik, termasuk teknik elektro, telekomunikasi, kontrol, dan pemrosesan citra. Disiplin ini menyediakan kerangka kerja matematis untuk memahami, memodelkan, dan memanipulasi fenomena yang bervariasi terhadap waktu atau ruang. Inti dari konsep ini adalah interaksi antara sinyal input, sistem atau medium yang memprosesnya, dan sinyal output yang dihasilkan. Kemampuan untuk menganalisis dan memecahkan permasalahan yang melibatkan ketiga elemen ini sangat krusial dalam rekayasa sistem modern.

#### 2.1.1 A. Konsep Dasar Sinyal dan Sistem

Sinyal dan sistem adalah dua entitas yang saling terkait erat dalam studi teknik. Pemahaman yang mendalam tentang keduanya merupakan prasyarat untuk merancang dan menganalisis sistem yang kompleks.

##### 2.1.1.1 Definisi Sinyal

Sinyal didefinisikan sebagai representasi dari suatu fenomena fisik yang membawa informasi dan bervariasi terhadap satu atau lebih variabel independen, seperti waktu, ruang, atau variabel lainnya.<sup>1</sup> Secara matematis, sinyal sering dinyatakan sebagai fungsi, misalnya

$x(t)$  untuk sinyal waktu kontinu atau  $x[n]$  untuk sinyal waktu diskrit. Contoh umum sinyal meliputi gelombang suara, yang direpresentasikan sebagai perubahan tekanan akustik terhadap waktu; tegangan atau arus listrik dalam suatu rangkaian; atau citra digital, yang dapat digambarkan sebagai fungsi kecerahan dua variabel spasial (koordinat piksel).<sup>2</sup> Sinyal dapat memiliki nilai real atau skalar, dan karakteristiknya, seperti periodisitas, energi, daya, serta sifat genap atau ganjil, menjadi fokus utama dalam analisisnya.<sup>3</sup>

### 2.1.1.2 Definisi Sistem

Sistem adalah entitas atau proses yang berinteraksi dengan sinyal input untuk menghasilkan sinyal output atau respons.<sup>1</sup> Dalam konteks matematis, sistem dapat dipandang sebagai transformasi atau pemetaan yang mengubah sinyal input

$x$  menjadi sinyal output  $y$ , sering dinotasikan sebagai  $y=H\{x\}$ , di mana  $H$  adalah operator yang merepresentasikan aturan transformasi.<sup>7</sup> Sistem dapat berupa perangkat fisik (seperti rangkaian elektronik atau alat kesehatan) atau algoritma pemrosesan data.<sup>1</sup>

### 2.1.1.3 Hubungan Fundamental Input-Sistem-Output

Konsep dasar sinyal dan sistem berpusat pada tiga elemen utama yang saling terkait: sinyal input, sistem atau medium, dan sinyal output yang dihasilkan sebagai respons terhadap input [Query]. Sistem memproses sinyal input untuk menghasilkan sinyal output. Dalam analisis sistem, terdapat tiga permasalahan dasar yang sering dijumpai: (1) mencari sinyal output ketika sinyal input dan karakteristik sistem diketahui; (2) mencari karakteristik sistem ketika sinyal input dan sinyal output diketahui; dan (3) mencari sinyal input ketika karakteristik sistem dan sinyal output diketahui [Query].

Hubungan antara input, sistem, dan output dalam analisis sinyal dan sistem tidak hanya bersifat fungsional, tetapi juga melibatkan prinsip kausalitas yang mendalam. Sebuah sistem disebut kausal (non-antisipatif) jika outputnya pada waktu tertentu hanya bergantung pada nilai input dan/atau output pada waktu saat ini atau sebelumnya, tanpa bergantung pada nilai input atau output di masa depan.<sup>11</sup> Ini berarti bahwa output tidak dapat mendahului inputnya. Konsekuensi dari prinsip kausalitas ini sangat signifikan dalam rekayasa sistem nyata. Sistem fisik yang dapat diimplementasikan secara real-time harus bersifat kausal, karena mustahil bagi sistem untuk “mengetahui” atau “menggunakan” informasi dari masa depan. Misalnya, filter ideal yang dirancang untuk memiliki respons frekuensi yang sempurna seringkali bersifat non-kausal, yang berarti tidak dapat direalisasikan secara fisik. Oleh karena itu, dalam praktik, filter nyata selalu merupakan aproksimasi dari filter ideal yang bersifat kausal. Pemahaman tentang kausalitas ini menjadi batasan fundamental yang memandu desain dan analisis sistem di semua domain, memastikan bahwa model matematis yang dikembangkan sesuai dengan batasan fisik dan dapat diimplementasikan.

## 2.1.2 B. Enam Kawasan Analisis Sinyal dan Sistem

Untuk memahami karakteristik dan perilaku sinyal dan sistem secara komprehensif, analisis dilakukan dalam berbagai perspektif atau “kawasan.” Terdapat enam kawasan utama yang membentuk fondasi analisis ini: Waktu Kontinu, Waktu Diskrit, Frekuensi Kontinu, Frekuensi Diskrit, Kompleks Laplace, dan Kompleks  $Z$  [Query]. Setiap kawasan menawarkan sudut pandang unik yang menyoroti aspek-aspek berbeda dari sinyal dan sistem.



Peran sentral dalam menghubungkan dan menavigasi antar kawasan ini dimainkan oleh berbagai transformasi matematis. Transformasi seperti Transformasi Fourier, Transformasi Laplace, dan Transformasi Z berfungsi sebagai jembatan, mengubah representasi sinyal dan sistem dari satu domain ke domain lain.<sup>13</sup> Tujuan utama dari transformasi ini adalah untuk menyederhanakan analisis dan pemecahan masalah. Misalnya, operasi konvolusi yang kompleks di domain waktu dapat diubah menjadi perkalian aljabar sederhana di domain frekuensi atau domain kompleks, yang secara drastis mengurangi kompleksitas komputasi dan analisis.<sup>11</sup> Pemilihan transformasi yang tepat bergantung pada jenis sinyal (kontinu atau diskrit) dan tujuan analisis (misalnya, analisis respons transien, stabilitas, atau konten frekuensi).

## 2.2 II. Peta Pengetahuan Primitif Sinyal dan Sistem (Primitive Knowledge Map)

Peta pengetahuan primitif ini menguraikan konsep-konsep dasar sinyal dan sistem dalam setiap domain, serta karakteristik utamanya.

### 2.2.1 A. Kawasan Waktu (Time Domain)

Kawasan waktu adalah representasi paling intuitif dari sinyal, menggambarkan bagaimana amplitudo sinyal berubah seiring waktu.

#### 2.2.1.1 1. Sinyal Waktu Kontinu (Continuous-Time Signals - CTS)

Sinyal waktu kontinu, sering disebut sinyal analog, didefinisikan untuk setiap nilai waktu  $t$  dan memiliki nilai real pada keseluruhan rentang waktu yang ditempatinya, dinotasikan sebagai  $x(t)$ .<sup>3</sup> Variabel independennya, waktu, bersifat kontinu. Karakteristik umum sinyal waktu kontinu meliputi apakah sinyal tersebut periodik (berulang setelah interval waktu

$T$ , yaitu  $x(t+T)=x(t)$ ) atau aperiodik, apakah memiliki energi terbatas (sinyal energi) atau daya rata-rata terbatas (sinyal daya), dan apakah simetris (genap,  $x(t)=x(-t)$ ) atau anti-simetris (ganjil,  $x(t)=-x(-t)$ ).<sup>3</sup> Contoh sinyal dasar dalam domain waktu kontinu adalah fungsi impuls Dirac ( $\delta(t)$ ), fungsi step unit ( $u(t)$ ), fungsi ramp ( $r(t)$ ), dan sinyal sinusoidal ( $\cos(t)$ ).<sup>3</sup>

### 2.2.1.2 2. Sistem Waktu Kontinu (Continuous-Time Systems - CTS)

Sistem waktu kontinu adalah sistem yang memproses sinyal input waktu kontinu untuk menghasilkan sinyal output waktu kontinu, dinotasikan sebagai  $y(t)=H(x(t))$ .<sup>6</sup> Karakteristik penting dari sistem waktu kontinu meliputi:

- **Linearitas:** Sistem linear memenuhi prinsip superposisi, yang berarti respons terhadap kombinasi linear input adalah kombinasi linear dari respons terhadap setiap input secara terpisah. Ini mencakup sifat additivitas (respons terhadap jumlah input adalah jumlah respons) dan homogenitas (respons terhadap input yang diskalakan adalah respons yang diskalakan).<sup>11</sup>
- **Invariansi Waktu (Time-Invariance):** Sistem invarian waktu memiliki karakteristik yang tidak berubah seiring waktu. Artinya, jika input digeser waktu, outputnya juga akan bergeser waktu dengan jumlah yang sama, tanpa perubahan bentuk atau magnitudo.<sup>6</sup>
- **Kausalitas:** Output sistem pada waktu tertentu hanya bergantung pada input pada waktu saat ini atau masa lalu, tidak pada input di masa depan.<sup>11</sup>
- **Stabilitas (BIBO - Bounded Input, Bounded Output):** Sistem stabil BIBO menjamin bahwa jika input yang diberikan terbatas (bounded), maka output yang dihasilkan juga akan terbatas.<sup>11</sup>

### 2.2.1.3 3. Sinyal Waktu Diskrit (Discrete-Time Signals - DTS)

Sinyal waktu diskrit didefinisikan hanya pada waktu diskrit, di mana variabel independennya mengambil nilai integer, dinotasikan sebagai  $x[n]$ .<sup>3</sup> Sinyal-sinyal ini seringkali diperoleh dari proses sampling sinyal waktu kontinu. Karakteristik umum sinyal waktu diskrit analog dengan sinyal waktu kontinu, yaitu periodisitas, energi/daya, dan sifat genap/ganjil.<sup>3</sup> Contoh sinyal dasar dalam domain waktu diskrit adalah sekuen impuls unit (Kronecker delta,

$\delta[n]$ ), sekuen step unit ( $u[n]$ ), dan sekuen sinusoidal diskrit ( $\cos(\omega_0 n)$ ).<sup>3</sup>

### 2.2.1.4 4. Sistem Waktu Diskrit (Discrete-Time Systems - DTS)

Sistem waktu diskrit adalah sistem yang memproses sinyal input waktu diskrit untuk menghasilkan sinyal output waktu diskrit, dinotasikan sebagai  $y[n]=H[x(n)]$ .<sup>6</sup> Karakteristik penting dari sistem waktu diskrit, seperti linearitas, invariansi waktu, kausalitas, dan stabilitas BIBO, secara konseptual analog dengan sistem waktu kontinu.<sup>7</sup>

## 2.2.2 B. Kawasan Frekuensi (Frequency Domain)

Kawasan frekuensi memberikan perspektif tentang komponen-komponen sinusoidal yang membentuk suatu sinyal, mengungkapkan distribusi energi sinyal di berbagai frekuensi.

### 2.2.2.1 1. Deret Fourier Waktu Kontinu (Continuous-Time Fourier Series - CTFS)

Deret Fourier Waktu Kontinu (CTFS) digunakan untuk merepresentasikan sinyal waktu kontinu yang **periodik** sebagai penjumlahan tak hingga dari eksponensial kompleks yang berhubungan secara harmonis.<sup>39</sup> Ini berarti sinyal periodik dapat diuraikan menjadi komponen-komponen frekuensi diskrit.

- **Persamaan Sintesis:**  $x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k e^{jk\omega_0 t}$ 
  - Di mana  $a_k$  adalah koefisien Deret Fourier, dan  $\omega_0 = 2\pi/T$  adalah frekuensi fundamental, dengan  $T$  adalah periode sinyal.<sup>40</sup>
- **Persamaan Analisis (Koefisien Fourier):**  $a_k = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) e^{-jk\omega_0 t} dt$ 
  - Integral diambil selama satu periode  $T$ .
- **Properti Kunci:** Linearitas, pergeseran waktu (time shifting) tidak mengubah koefisien Deret Fourier, dan penskalaan waktu (time scaling) mengubah representasi karena perubahan frekuensi fundamental tetapi tidak mengubah koefisien.<sup>39</sup>
- **Aplikasi:** Analisis spektrum sinyal periodik, seperti gelombang persegi atau gelombang segitiga, untuk mengidentifikasi komponen frekuensi harmoniknya.<sup>43</sup>

### 2.2.2.2 2. Transformasi Fourier Waktu Kontinu (Continuous-Time Fourier Transform - CTFT)

Transformasi Fourier Waktu Kontinu (CTFT) adalah alat matematis yang mengubah sinyal waktu kontinu ( $f(t)$ ) menjadi representasi domain frekuensi kontinu ( $X(j\omega)$  atau  $X(\Omega)$ ).<sup>13</sup> Transformasi ini menguraikan sinyal menjadi komponen-komponen frekuensi sinusoidalnya, menunjukkan seberapa besar kontribusi setiap frekuensi terhadap sinyal asli. Persamaan transformasinya adalah

$X(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt$ , dan inversnya adalah  $x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(j\omega) e^{j\omega t} d\omega$ .<sup>13</sup> Properti kunci CTFT meliputi linearitas, pergeseran waktu (time shifting), pergeseran frekuensi (frequency shifting), penskalaan waktu (time scaling), dan yang terpenting, mengubah operasi konvolusi di domain waktu menjadi perkalian sederhana di domain frekuensi.<sup>13</sup> CTFT banyak diaplikasikan dalam analisis spektrum sinyal non-periodik, desain filter analog, dan sistem modulasi.<sup>13</sup>

### 2.2.2.3 3. Deret Fourier Waktu Diskrit (Discrete-Time Fourier Series - DTFS)

Deret Fourier Waktu Diskrit (DTFS), juga dikenal sebagai Discrete Fourier Series (DFS), digunakan untuk merepresentasikan sinyal waktu diskrit yang **periodik** dengan periode  $N$ .<sup>5</sup>

- **Persamaan Sintesis:**  $x[n] = \sum_{k=0}^{N-1} a_k e^{jk\omega_0 n}$ 
  - Di mana  $\omega_0 = 2\pi/N$  adalah frekuensi fundamental diskrit.<sup>5</sup>
- **Persamaan Analisis (Koefisien Fourier):**  $a_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-jk\omega_0 n}$ 
  - Penjumlahan dilakukan selama satu periode  $N$ .
- **Properti Kunci:** Linearitas, pergeseran sirkular, dan dualitas.<sup>42</sup>
- **Aplikasi:** Analisis sinyal waktu diskrit periodik, seperti sekuens digital yang berulang.

### 2.2.2.4 4. Transformasi Fourier Waktu Diskrit (Discrete-Time Fourier Transform - DTFT & Discrete Fourier Transform - DFT)

Untuk sinyal waktu diskrit, terdapat dua transformasi Fourier utama:

- **Discrete-Time Fourier Transform (DTFT):** DTFT mengubah sekuens diskrit ( $x[n]$ ) menjadi fungsi frekuensi kontinu yang periodik.<sup>21</sup> Spektrum yang dihasilkan adalah penjumlahan periodik dari CTFT sinyal kontinu aslinya yang telah disampel. Persamaan transformasinya adalah

$X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-j\omega n}$ , dan inversnya adalah  $x[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega}) e^{j\omega n} d\omega$ .<sup>21</sup> DTFT bersifat periodik di domain frekuensi.

- **Discrete Fourier Transform (DFT):** DFT mengubah sekuens terbatas dari  $N$  sampel yang berjarak sama menjadi sekuens frekuensi diskrit dengan panjang yang sama.<sup>12</sup> DFT dapat dianggap sebagai sampel diskrit dari satu siklus DTFT.<sup>21</sup> Persamaan transformasinya adalah

$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j2\pi kn/N}$ , dan inversnya adalah  $x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] e^{j2\pi kn/N}$ .<sup>20</sup> Algoritma Fast Fourier Transform (FFT) adalah implementasi efisien dari DFT.<sup>53</sup> Properti kunci DFT meliputi linearitas dan mengubah konvolusi sirkular menjadi perkalian.<sup>54</sup> DFT banyak digunakan dalam pemrosesan sinyal digital (penyaringan, kompresi data seperti JPEG), sistem komunikasi (seperti Orthogonal Frequency Division Multiplexing/OFDM), dan analisis spektral.<sup>20</sup>

### 2.2.3 C. Kawasan Kompleks (Complex Domain)

Kawasan kompleks (s-domain untuk Laplace dan z-domain untuk Z-Transform) adalah generalisasi dari kawasan frekuensi, memungkinkan analisis sistem yang lebih luas, termasuk sistem tidak stabil dan penanganan kondisi awal.

#### 2.2.3.1 1. Transformasi Laplace (Laplace Transform)

Transformasi Laplace mengubah fungsi waktu kontinu ( $f(t)$ ) menjadi fungsi variabel kompleks ( $F(s)$ ) di s-domain atau s-plane.<sup>14</sup> Transformasi ini sangat berguna untuk menganalisis sistem linear dan menyelesaikan persamaan diferensial. Persamaan transformasi unilateralnya adalah

$F(s) = \int_0^\infty f(t)e^{-stdt}$ .<sup>64</sup> Invers Transformasi Laplace mengembalikan fungsi dari s-domain ke domain waktu.<sup>15</sup>

- **Region of Convergence (ROC):** ROC adalah himpunan nilai  $s$  di mana integral Transformasi Laplace konvergen.<sup>68</sup> ROC tidak mengandung pole dari  $F(s)$ .<sup>68</sup>
- **Analisis Pole-Zero:** Lokasi pole (akar-akar penyebut fungsi transfer) dan zero (akar-akar pembilang fungsi transfer) di s-plane sangat menentukan dinamika dan stabilitas sistem.<sup>69</sup> Sistem dikatakan stabil jika semua pole-nya terletak di bidang kiri kompleks (yaitu, bagian real dari setiap pole adalah negatif).<sup>15</sup>
- **Properti Kunci:** Transformasi Laplace bersifat linear, mengubah operasi diferensiasi dan integrasi di domain waktu menjadi perkalian dan pembagian sederhana dengan  $s$  di domain Laplace, dan mengubah konvolusi di domain waktu menjadi perkalian di domain Laplace.<sup>14</sup> Transformasi ini juga secara alami menangani kondisi awal sistem.<sup>15</sup>
- **Aplikasi:** Transformasi Laplace banyak diaplikasikan dalam analisis dan desain sistem kontrol, analisis rangkaian listrik, dan penyelesaian persamaan diferensial linear.<sup>14</sup>

#### 2.2.3.2 2. Transformasi Z (Z-Transform)

Transformasi Z adalah analog diskrit dari Transformasi Laplace, yang mengubah sinyal waktu diskrit ( $x[n]$ ) menjadi representasi domain kompleks ( $X(z)$ ) di z-domain atau z-plane.<sup>73</sup> Persamaan transformasi bilateralnya adalah

$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]z^{-n}$ .<sup>73</sup> Invers Transformasi Z mengembalikan fungsi dari z-domain ke domain waktu diskrit.<sup>73</sup>

- **Region of Convergence (ROC):** ROC untuk Transformasi Z adalah himpunan nilai  $z$  di mana deret Transformasi Z konvergen.<sup>78</sup> ROC merupakan daerah berbentuk cincin di  $z$ -plane dan tidak mengandung pole.<sup>78</sup>
- **Analisis Pole-Zero:** Lokasi pole dan zero di  $z$ -plane menentukan stabilitas dan perilaku sistem waktu diskrit.<sup>78</sup> Sistem dikatakan stabil jika semua pole-nya berada *di dalam* lingkaran unit (lingkaran dengan radius satu yang berpusat di titik asal) di  $z$ -plane.<sup>78</sup>
- **Properti Kunci:** Transformasi Z bersifat linear, memiliki properti pergeseran waktu, diferensiasi di  $z$ -domain, dan mengubah konvolusi di domain waktu diskrit menjadi perkalian di domain Z.<sup>74</sup>
- **Aplikasi:** Transformasi Z sangat penting dalam analisis dan desain sistem kontrol digital, serta dalam pemrosesan sinyal digital untuk analisis stabilitas dan desain filter.<sup>84</sup>

## 2.2.4 D. Konsep Sampling dan Rekonstruksi

Sampling adalah proses fundamental yang menjembatani sinyal waktu kontinu (analog) dengan sinyal waktu diskrit (digital).

### 2.2.4.1 Sampling Waktu

Sampling adalah proses mengubah sinyal kontinu menjadi sinyal diskrit dengan mengambil nilai sinyal pada interval waktu tertentu,  $T$ , yang disebut interval sampling atau periode sampling.<sup>28</sup> Frekuensi sampling (

$f_s = 1/T$ ) adalah jumlah sampel per detik.<sup>89</sup> Untuk menghindari distorsi yang dikenal sebagai aliasing, frekuensi sampling harus memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh teorema Nyquist-Shannon.<sup>89</sup>

- **Teorema Nyquist-Shannon:** Teorema ini menyatakan bahwa laju sampel ( $f_s$ ) harus setidaknya dua kali bandwidth sinyal ( $B$ ) ( $f_s > 2B$ ) untuk memungkinkan rekonstruksi sinyal asli yang sempurna dan menghindari aliasing.<sup>89</sup> Batas frekuensi  $f_s/2$  dikenal sebagai frekuensi Nyquist.<sup>89</sup>
- **Aliasing:** Aliasing adalah fenomena distorsi yang terjadi ketika sinyal kontinu di-sample pada frekuensi yang lebih rendah dari laju Nyquist.<sup>89</sup>

Aliasing memiliki implikasi praktis yang mendalam dalam desain sistem nyata. Fenomena ini muncul karena spektrum sinyal yang telah disampel merupakan penjumlahan periodik dari spektrum sinyal kontinu aslinya, berulang pada kelipatan frekuensi sampling.<sup>20</sup> Jika frekuensi sampling terlalu rendah, salinan-salinan spektrum ini akan tumpang tindih, menyebabkan frekuensi tinggi “menyamar” sebagai frekuensi rendah dan mengakibatkan hilangnya informasi yang tidak dapat dipulihkan.<sup>89</sup> Untuk mengatasi masalah ini, filter anti-aliasing (filter low-pass) harus diterapkan

*sebelum* proses sampling untuk menghilangkan komponen frekuensi di atas frekuensi Nyquist.<sup>89</sup> Ini adalah langkah krusial dalam konversi analog-ke-digital (ADC) dan merupakan batasan fundamental dalam pemrosesan sinyal digital. Pemilihan frekuensi sampling yang tepat, sesuai dengan teorema Nyquist-Shannon, sangat menentukan kualitas dan integritas data yang dikonversi. Kegagalan memenuhi kriteria ini akan menghasilkan distorsi yang signifikan, seperti yang diamati dalam analisis sinyal audio dengan frekuensi sampling rendah.<sup>98</sup>

#### **2.2.4.2 Rekonstruksi Sinyal**

Rekonstruksi sinyal adalah proses kebalikan dari sampling, yaitu mengembalikan sinyal diskrit menjadi sinyal kontinu.<sup>89</sup> Metode yang umum digunakan untuk rekonstruksi adalah interpolasi sinc atau melalui filter low-pass ideal.<sup>89</sup> Interpolasi sinc secara matematis setara dengan melewati deretan impuls Dirac yang dimodulasi oleh nilai sampel melalui filter low-pass ideal.<sup>89</sup>

#### **2.2.4.3 Sampling Frekuensi (Implisit dari Deret Fourier & DTFT/DFT)**

Konsep sampling tidak hanya berlaku di domain waktu tetapi juga memiliki analogi di domain frekuensi, terutama dalam konteks hubungan antara sinyal kontinu dan diskrit melalui transformasi Fourier.

Ketika sinyal kontinu di-sample di domain waktu, spektrum sinyal diskrit yang dihasilkan (melalui DTFT) adalah penjumlahan periodik dari spektrum sinyal kontinu aslinya, dengan periode yang ditentukan oleh frekuensi sampling.<sup>20</sup> Ini menunjukkan bahwa operasi diskritisasi di satu domain (waktu) menyebabkan periodisitas di domain lainnya (frekuensi).

Peran deret Fourier dalam konteks ini sangat penting. Deret Fourier digunakan untuk merepresentasikan sinyal periodik (baik waktu kontinu maupun diskrit) sebagai kombinasi linear dari eksponensial kompleks yang berhubungan secara harmonis.<sup>108</sup> Koefisien deret Fourier ini menunjukkan komponen frekuensi diskrit yang membentuk sinyal periodik.<sup>39</sup>

Hubungan antara sampling di domain waktu dan sifat periodik di domain frekuensi merupakan manifestasi dari dualitas waktu-frekuensi. Dualitas ini adalah prinsip sentral dalam analisis

Fourier yang menyatakan bahwa operasi di satu domain memiliki efek timbal balik di domain lainnya. Misalnya:

- Sinyal waktu kontinu periodik (yang dijelaskan oleh Deret Fourier) memiliki spektrum frekuensi diskrit.
- Sinyal waktu diskrit aperiodik (yang dijelaskan oleh DTFT) memiliki spektrum frekuensi kontinu yang periodik.<sup>21</sup>
- Sinyal waktu kontinu aperiodik (yang dijelaskan oleh CTFT) memiliki spektrum frekuensi kontinu aperiodik.
- Sinyal waktu diskrit periodik (yang dijelaskan oleh DFT/DFS) memiliki spektrum frekuensi diskrit periodik.<sup>20</sup>

Pemahaman tentang dualitas ini sangat penting dalam rekayasa sinyal. Ini menjelaskan mengapa sampling sinyal analog (mengambil sampel pada titik-titik waktu diskrit) menghasilkan spektrum frekuensi yang berulang secara periodik.<sup>21</sup> Sebaliknya, menganalisis sinyal yang periodik di domain waktu akan menghasilkan komponen frekuensi yang diskrit. Pemahaman ini sangat membantu dalam merancang sistem pemrosesan sinyal digital yang efisien dan akurat, karena secara langsung menginformasikan hubungan antara operasi di domain waktu dan konsekuensinya di domain frekuensi.

## 2.3 III. Peta Pemecahan Masalah Sinyal dan Sistem (Problem-Solving Map)

Dalam setiap kawasan analisis (Waktu Kontinu, Waktu Diskrit, Frekuensi Kontinu, Frekuensi Diskrit, Kompleks Laplace, dan Kompleks Z), terdapat tiga masalah dasar yang dapat dipecahkan:

1. **Mencari Output:** Diberikan sinyal input dan karakteristik sistem.
2. **Mencari Sistem:** Diberikan sinyal input dan sinyal output.
3. **Mencari Input:** Diberikan karakteristik sistem dan sinyal output.

Berikut adalah pendekatan untuk memecahkan masalah-masalah ini di setiap kawasan.



## 2.3.1 A. Kawasan Waktu (Time Domain)

### 2.3.1.1 1. Sinyal dan Sistem Waktu Kontinu

- Mencari Output ( $y(t)$ ):

- **Metode:** Konvolusi Integral. Output  $y(t)$  dari sistem Linear Time-Invariant (LTI) waktu kontinu adalah konvolusi dari input  $x(t)$  dan respons impuls sistem  $h(t)$ .<sup>11</sup> Persamaan matematisnya adalah

$y(t) = x(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) h(t - \tau) d\tau$ . Konvolusi merupakan operasi fundamental yang menggambarkan bagaimana output sistem LTI dihasilkan dari input dan respons impulsnya.

- Mencari Sistem ( $h(t)$ ):

- **Metode:** Dekonvolusi atau dengan memberikan input impuls unit. Jika input yang diberikan ke sistem adalah impuls Dirac ( $\delta(t)$ ), output yang dihasilkan sistem adalah respons impuls  $h(t)$ .<sup>30</sup> Dekonvolusi adalah proses invers dari konvolusi, yang bertujuan untuk menghilangkan efek konvolusi pada data.<sup>10</sup>

- Mencari Input ( $x(t)$ ):

- **Metode:** Dekonvolusi output dengan respons impuls sistem. Ini melibatkan operasi invers dari konvolusi.

Penyelesaian masalah mencari sistem (respons impuls  $h(t)$ ) atau mencari input ( $x(t)$ ) di domain waktu seringkali melibatkan operasi dekonvolusi. Dekonvolusi, sebagai proses invers dari konvolusi, bertujuan untuk memulihkan salah satu sinyal penyusun ketika sinyal hasil konvolusi dan sinyal lainnya diketahui.<sup>125</sup> Meskipun secara matematis didefinisikan, dekonvolusi di domain waktu memiliki tantangan praktis yang signifikan. Operasi ini seringkali bersifat

*ill-posed*, artinya solusi mungkin tidak unik, tidak stabil terhadap noise kecil pada data, atau tidak bergantung secara kontinu pada data input.<sup>38</sup> Dalam aplikasi nyata seperti seismologi atau pemrosesan citra, noise dan ketidaksempurnaan data dapat memperburuk masalah ini, membuat dekonvolusi langsung menjadi sangat sulit atau bahkan tidak mungkin untuk mendapatkan hasil yang akurat.<sup>126</sup> Keterbatasan ini mendorong para insinyur untuk memanfaatkan domain transformasi (seperti domain frekuensi atau kompleks) di mana operasi konvolusi menjadi perkalian, sehingga operasi inversnya menjadi pembagian sederhana, meskipun tetap rentan terhadap amplifikasi noise.

### 2.3.1.2 2. Sinyal dan Sistem Waktu Diskrit

- **Mencari Output ( $y[n]$ ):**
  - **Metode:** Konvolusi Sum. Output  $y[n]$  dari sistem LTI waktu diskrit adalah konvolusi dari input  $x[n]$  dan respons impuls sistem  $h[n]$ .<sup>11</sup> Ini adalah analog diskrit dari konvolusi integral untuk sinyal waktu kontinu.
- **Mencari Sistem ( $h[n]$ ):**
  - **Metode:** Dekonvolusi diskrit atau dengan memberikan input impuls unit (Kronecker delta,  $\delta[n]$ ). Jika input adalah impuls unit, output adalah respons impuls  $h[n]$ .<sup>10</sup>
- **Mencari Input ( $x[n]$ ):**
  - **Metode:** Dekonvolusi output dengan respons impuls sistem.

### 2.3.2 B. Kawasan Frekuensi (Frequency Domain)

Analisis di kawasan frekuensi sangat efisien untuk sistem LTI karena sifat perkalian yang menyederhanakan operasi konvolusi.

#### 2.3.2.1 1. Sinyal dan Sistem Kontinu (menggunakan CTFT)

- **Mencari Output ( $Y(j)$ ):**
  - **Metode:** Perkalian di domain frekuensi. Output  $Y(j)$  adalah perkalian dari Transformasi Fourier input  $X(j)$  dan respons frekuensi sistem  $H(j)$ :  $Y(j) = X(j)H(j)$ .<sup>11</sup> Properti ini merupakan salah satu alasan utama mengapa analisis di domain frekuensi sangat disukai untuk sistem LTI, karena mengubah operasi konvolusi yang kompleks di domain waktu menjadi perkalian aljabar sederhana.<sup>11</sup>
- **Mencari Sistem ( $H(j)$ ):**
  - **Metode:** Pembagian di domain frekuensi.  $H(j) = Y(j)/X(j)$ .<sup>135</sup> Setelah mendapatkan  $H(j)$ , invers CTFT dapat dilakukan untuk memperoleh respons impuls  $h(t)$  di domain waktu.
- **Mencari Input ( $X(j)$ ):**

- **Metode:** Pembagian di domain frekuensi.  $X(j) = Y(j)/H(j)$ .<sup>3</sup> Setelah mendapatkan

$X(j)$ , invers CTFT dapat dilakukan untuk memperoleh input  $x(t)$  di domain waktu.

Efisiensi analisis sistem LTI di domain frekuensi berasal dari sifat fundamental Transformasi Fourier yang mengubah operasi konvolusi di domain waktu menjadi perkalian di domain frekuensi.<sup>11</sup> Konvolusi, yang secara matematis melibatkan integral atau penjumlahan yang rumit, menjadi operasi aljabar yang jauh lebih sederhana (

$Y(j) = X(j)H(j)$ ).<sup>13</sup> Penyederhanaan ini tidak hanya mengurangi beban komputasi tetapi juga memberikan pemahaman konseptual yang lebih jelas tentang bagaimana sistem memodifikasi komponen frekuensi sinyal input. Misalnya, respons frekuensi sistem

$H(j)$  secara langsung menunjukkan bagaimana sistem melemahkan atau menguatkan frekuensi tertentu.<sup>133</sup> Kemampuan untuk dengan cepat menentukan output, sistem, atau input melalui perkalian atau pembagian di domain frekuensi merupakan perubahan paradigma yang signifikan dalam rekayasa, memungkinkan desain, analisis, dan optimasi filter, sistem komunikasi, dan sistem kontrol yang jauh lebih cepat dan intuitif.

### 2.3.2.2 2. Sinyal dan Sistem Diskrit (menggunakan DTFT/DFT)

- **Mencari Output ( $Y(ej)$  atau  $Y[k]$ ):**

- **Metode:** Perkalian di domain frekuensi. Output  $Y(ej) = X(ej)H(ej)$  untuk DTFT, atau  $Y[k] = X[k]H[k]$  untuk DFT.<sup>12</sup> Ini adalah analog diskrit dari perkalian di domain frekuensi kontinu.

- **Mencari Sistem ( $H(ej)$  atau  $H[k]$ ):**

- **Metode:** Pembagian di domain frekuensi.  $H(ej) = Y(ej)/X(ej)$  atau  $H[k] = Y[k]/X[k]$ .<sup>113</sup>

- **Mencari Input ( $X(ej)$  atau  $X[k]$ ):**

- **Metode:** Pembagian di domain frekuensi.  $X(ej) = Y(ej)/H(ej)$  atau  $X[k] = Y[k]/H[k]$ .<sup>114</sup>

### 2.3.3 C. Kawasan Kompleks (Complex Domain)

Kawasan kompleks (Laplace dan Z-Transform) menyediakan kerangka analisis yang lebih umum dan kuat, terutama untuk sistem yang tidak stabil atau yang memerlukan pertimbangan kondisi awal.

### 2.3.3.1 1. Sinyal dan Sistem Kontinu (menggunakan Transformasi Laplace)

- **Mencari Output ( $Y(s)$ ):**

- **Metode:** Perkalian di domain Laplace.  $Y(s)=X(s)H(s)$ .<sup>15</sup> Setelah mendapatkan  $Y(s)$ , invers Transformasi Laplace dilakukan untuk mendapatkan  $y(t)$  di domain waktu. Transformasi Laplace sangat efektif karena mengubah persamaan diferensial linear menjadi persamaan aljabar, yang jauh lebih mudah dipecahkan.<sup>62</sup>

- **Mencari Sistem ( $H(s)$ ):**

- **Metode:** Pembagian di domain Laplace.  $H(s)=Y(s)/X(s)$ .<sup>9</sup> Setelah mendapatkan  $H(s)$ , invers Transformasi Laplace dapat dilakukan untuk memperoleh respons impuls  $h(t)$  di domain waktu.

- **Mencari Input ( $X(s)$ ):**

- **Metode:** Pembagian di domain Laplace.  $X(s)=Y(s)/H(s)$ . Setelah mendapatkan  $X(s)$ , invers Transformasi Laplace dapat dilakukan untuk memperoleh input  $x(t)$  di domain waktu.

### 2.3.3.2 2. Sinyal dan Sistem Diskrit (menggunakan Transformasi Z)

- **Mencari Output ( $Y(z)$ ):**

- **Metode:** Perkalian di domain Z.  $Y(z)=X(z)H(z)$ .<sup>84</sup> Setelah mendapatkan  $Y(z)$ , invers Transformasi Z dilakukan untuk mendapatkan  $y[n]$  di domain waktu diskrit. Transformasi Z mengubah persamaan beda menjadi persamaan aljabar, menyederhanakan penyelesaian.<sup>84</sup>

- **Mencari Sistem ( $H(z)$ ):**

- **Metode:** Pembagian di domain Z.  $H(z)=Y(z)/X(z)$ .<sup>19</sup> Setelah mendapatkan  $H(z)$ , invers Transformasi Z dapat dilakukan untuk memperoleh respons impuls  $h[n]$  di domain waktu diskrit.

- **Mencari Input ( $X(z)$ ):**

- **Metode:** Pembagian di domain Z.  $X(z)=Y(z)/H(z)$ .<sup>73</sup> Setelah mendapatkan  $X(z)$ , invers Transformasi Z dapat dilakukan untuk memperoleh input  $x[n]$  di domain waktu diskrit.

### 2.3.4 D. Transformasi Antar Kawasan (Inter-Domain Transformations)

Transformasi antar kawasan adalah alat vital yang memungkinkan analisis sinyal dan sistem dari berbagai perspektif, memilih domain yang paling sesuai untuk masalah tertentu.

#### 2.3.4.1 1. Waktu Kontinu Frekuensi Kontinu

Hubungan ini diatur oleh Transformasi Fourier Kontinu (CTFT) dan Invers CTFT.<sup>13</sup> CTFT mengubah sinyal waktu kontinu menjadi spektrum frekuensi kontinu, dan Invers CTFT melakukan sebaliknya.

#### 2.3.4.2 2. Waktu Diskrit Frekuensi Diskrit

Hubungan ini diatur oleh Transformasi Fourier Waktu Diskrit (DTFT) dan Discrete Fourier Transform (DFT), beserta inversnya.<sup>5</sup> DTFT menghasilkan spektrum frekuensi kontinu yang periodik dari sinyal waktu diskrit, sementara DFT menyediakan sampel diskrit dari spektrum ini.

#### 2.3.4.3 3. Waktu Kontinu Kompleks Laplace

Transformasi Laplace dan Invers Laplace menjembatani domain waktu kontinu dengan domain kompleks  $s$ .<sup>14</sup>

Generalisasi analisis sistem LTI dengan domain kompleks, melalui Transformasi Laplace dan Transformasi Z, memberikan kerangka kerja yang lebih kuat dibandingkan hanya menggunakan Transformasi Fourier. Transformasi Fourier, meskipun sangat berguna untuk analisis konten frekuensi, terbatas pada sinyal dan sistem yang stabil (yaitu, integral Fourier-nya konvergen) dan hanya beroperasi pada sumbu imajiner ( $j$ -axis) di  $s$ -plane.<sup>14</sup> Transformasi Laplace memperluas analisis ini ke seluruh bidang kompleks (

$s$ -plane), memungkinkan karakterisasi sistem yang tidak stabil (pole di bidang kanan kompleks) dan analisis respons transien serta kondisi awal sistem.<sup>14</sup> ROC dari Transformasi Laplace secara langsung menunjukkan kausalitas dan stabilitas sistem; untuk sistem kausal, ROC terletak di sebelah kanan pole paling kanan.<sup>147</sup> Perluasan ini sangat penting dalam desain sistem kontrol, di mana stabilitas adalah pertimbangan utama. Transformasi Laplace mengubah persamaan diferensial menjadi persamaan aljabar, menyederhanakan proses penyelesaian secara signifikan.<sup>62</sup>

#### 2.3.4.4 4. Waktu Diskrit Kompleks Z

Transformasi Z dan Invers Z menghubungkan domain waktu diskrit dengan domain kompleks  $z$ .<sup>78</sup> Transformasi Z adalah analog diskrit dari Transformasi Laplace, membawa manfaat yang serupa untuk analisis sistem waktu diskrit.

#### 2.3.4.5 5. Frekuensi Kontinu Kompleks Laplace

Sumbu  $j$  di  $s$ -plane Transformasi Laplace secara langsung berhubungan dengan domain frekuensi kontinu dari Transformasi Fourier.<sup>14</sup> Ini berarti bahwa Transformasi Fourier dapat dianggap sebagai kasus khusus dari Transformasi Laplace ketika bagian real dari variabel kompleks

$s$  adalah nol.

#### 2.3.4.6 6. Frekuensi Diskrit Kompleks Z

Lingkaran unit di  $z$ -plane Transformasi Z berhubungan dengan domain frekuensi diskrit dari DTFT.<sup>78</sup> Jika ROC dari Transformasi Z mencakup lingkaran unit, maka DTFT sinyal tersebut ada.

### 2.4 IV. Visualisasi Peta Pengetahuan (Knowledge Map Visualization)

Untuk mengorganisir dan menyajikan informasi yang kompleks ini secara efektif, visualisasi dalam bentuk peta pengetahuan sangatlah bermanfaat. Dua jenis peta dapat disusun: Peta Pengetahuan Primitif (konseptual) dan Peta Pemecahan Masalah (aplikatif).

#### 2.4.1 A. Primitive Knowledge Map (Konseptual)

Peta pengetahuan primitif berfungsi sebagai gambaran konseptual hierarkis dari sinyal dan sistem.

- **Struktur:** Peta ini memiliki struktur hierarkis, dimulai dari konsep inti “Sinyal & Sistem” sebagai node pusat.

- **Nodes:** Level berikutnya akan bercabang menjadi “Kawasan Waktu,” “Kawasan Frekuensi,” dan “Kawasan Kompleks.” Di bawah setiap kawasan, akan ada node untuk “Sinyal Kontinu,” “Sistem Kontinu,” “Sinyal Diskrit,” dan “Sistem Diskrit” (untuk Kawasan Waktu); “Deret Fourier Waktu Kontinu,” “CTFT,” “Deret Fourier Waktu Diskrit,” dan “DTFT/DFT” (untuk Kawasan Frekuensi); serta “Transformasi Laplace” dan “Transformasi Z” (untuk Kawasan Kompleks). Node yang lebih rendah akan merinci properti sinyal (periodik, energi/daya, genap/ganjil), properti sistem (linearitas, invariansi waktu, kausalitas, stabilitas), definisi Region of Convergence (ROC), dan analisis pole-zero.
- **Links:** Hubungan antar node akan ditunjukkan dengan panah berlabel. Misalnya, “terdiri dari” atau “dapat diklasifikasikan sebagai” akan menghubungkan level hierarkis. “Dihubungkan oleh” atau “menggunakan” akan menghubungkan konsep sampling dan transformasi. “Memiliki properti” akan menghubungkan sinyal/sistem dengan karakteristiknya.
- **Visual Elements:** Penggunaan warna yang berbeda untuk setiap domain utama (Waktu, Frekuensi, Kompleks) dan sub-domain (Kontinu, Diskrit) akan meningkatkan kejelasan visual. Simbol standar seperti kotak atau lingkaran untuk node dan panah berlabel untuk hubungan akan digunakan.<sup>149</sup>
- **Suggested Tool:** Alat seperti Miro, Lucidchart, atau MindMeister sangat cocok untuk membuat peta kolaboratif dan menarik secara visual.<sup>154</sup> MathWhiteboard dapat digunakan untuk mengintegrasikan ekspresi matematis langsung ke dalam peta.<sup>155</sup>

## 2.4.2 B. Problem-Solving Map (Aplikasi)

Peta pemecahan masalah akan memvisualisasikan pendekatan sistematis untuk menyelesaikan tiga masalah dasar dalam setiap kawasan.

- **Struktur:** Peta ini dapat berupa matriks atau flowchart, dengan domain sebagai baris/kolom dan masalah dasar sebagai entri.
- **Nodes:** Node akan mencakup “Mencari Output,” “Mencari Sistem,” dan “Mencari Input” sebagai masalah utama. Di bawahnya, akan ada node untuk setiap dari enam kawasan, dan di bawahnya lagi, node detail untuk metode spesifik (misalnya, Konvolusi Integral/Sum, Dekonvolusi, Transformasi/Invers Transformasi, Persamaan Diferensial/Beda, Fungsi Transfer, Analisis Pole-Zero).
- **Links:** Panah akan menunjukkan aliran proses atau ketergantungan antar metode.
- **Visual Elements:** Simbol flowchart standar (mulai/akhir, proses, keputusan, data, panah) akan digunakan untuk memandu alur pemikiran dalam memecahkan masalah.<sup>156</sup>

- **Transformasi Antar Kawasan:** Transformasi ini akan direpresentasikan sebagai jembatan atau panah besar yang menghubungkan domain-domain yang berbeda, dengan label transformasinya (CTFT, DTFT/DFT, Laplace, Z-Transform, Invers Transformasi), menunjukkan bagaimana berpindah antar domain untuk menyederhanakan masalah.

## 2.5 V. Kesimpulan dan Rekomendasi

### 2.5.1 A. Ringkasan Integrasi Konsep

Konsep dasar sinyal dan sistem adalah landasan bagi banyak inovasi teknologi modern. Laporan ini telah menguraikan bagaimana sinyal dan sistem berinteraksi, membentuk hubungan input-sistem-output yang fundamental. Pemahaman tentang enam kawasan analisis (waktu kontinu, waktu diskrit, frekuensi kontinu, frekuensi diskrit, kompleks Laplace, dan kompleks Z) sangat penting untuk analisis yang komprehensif. Transformasi matematis berfungsi sebagai alat yang tak ternilai untuk berpindah antar kawasan ini, seringkali mengubah masalah yang kompleks (seperti konvolusi di domain waktu) menjadi operasi aljabar yang lebih sederhana (seperti perkalian di domain frekuensi atau kompleks). Konsep sampling dan rekonstruksi, yang diatur oleh teorema Nyquist-Shannon, merupakan jembatan krusial antara dunia analog dan digital, dengan implikasi signifikan terhadap integritas sin



# 3

Tentu, saya akan mengidentifikasi pernyataan ABCD (Actor Behaves under a Condition to a certain Degree) dari laporan dan menyusunnya dalam daftar dengan label mnemonik untuk kemudahan mengingat dan pengindeksan.

Berikut adalah daftar pernyataan ABCD yang ditemukan dalam laporan:

## 1. SISTEM-PROSES-INPUT-OUTPUT

- **Aktor:** Sistem
- **Berperilaku:** memproses
- **Condisi:** sinyal input
- **Derajat:** menghasilkan sinyal output
- **Pernyataan Lengkap:** Sistem memproses sinyal input untuk menghasilkan sinyal output.

## 2. CARI-OUTPUT-INPUT-SISTEM-DIKETAHUI

- **Aktor:** Analis/Insinyur (tersirat)
- **Berperilaku:** mencari sinyal output
- **Condisi:** sinyal input dan karakteristik sistem diketahui
- **Derajat:** (dengan sukses)
- **Pernyataan Lengkap:** (Analis/Insinyur) mencari sinyal output ketika sinyal input dan karakteristik sistem diketahui.

## 3. CARI-SISTEM-INPUT-OUTPUT-DIKETAHUI

- **Aktor:** Analis/Insinyur (tersirat)
- **Berperilaku:** mencari karakteristik sistem
- **Condisi:** sinyal input dan sinyal output diketahui
- **Derajat:** (dengan sukses)

- **Pernyataan Lengkap:** (Analisis/Insinyur) mencari karakteristik sistem ketika sinyal input dan sinyal output diketahui.

#### 4. CARI-INPUT-SISTEM-OUTPUT-DIKETAHUI

- **Aktor:** Analisis/Insinyur (tersirat)
- **Berperilaku:** mencari sinyal input
- **Condisi:** karakteristik sistem dan sinyal output diketahui
- **Derajat:** (dengan sukses)
- **Pernyataan Lengkap:** (Analisis/Insinyur) mencari sinyal input ketika karakteristik sistem dan sinyal output diketahui.

#### 5. SISTEM-KAUSAL-OUTPUT-MASA-LALU

- **Aktor:** Sebuah sistem
- **Berperilaku:** disebut kausal
- **Condisi:** jika outputnya pada waktu tertentu hanya bergantung pada nilai input dan/atau output pada waktu saat ini atau sebelumnya, tanpa bergantung pada nilai input atau output di masa depan
- **Derajat:** (sepenuhnya)
- **Pernyataan Lengkap:** Sebuah sistem disebut kausal (non-antisipatif) jika outputnya pada waktu tertentu hanya bergantung pada nilai input dan/atau output pada waktu saat ini atau sebelumnya, tanpa bergantung pada nilai input atau output di masa depan.

#### 6. SISTEM-FISIK-REALTIME-KAUSAL

- **Aktor:** Sistem fisik
- **Berperilaku:** harus bersifat kausal
- **Condisi:** (agar dapat) diimplementasikan secara real-time
- **Derajat:** (sepenuhnya)
- **Pernyataan Lengkap:** Sistem fisik yang dapat diimplementasikan secara real-time harus bersifat kausal.

#### 7. TRANSFORMASI-JEMBATAN-DOMAIN-PERUBAHAN

- **Aktor:** Transformasi (Fourier, Laplace, Z)
- **Berperilaku:** berfungsi sebagai jembatan

- **Condisi:** (ketika diterapkan)
- **Derajat:** mengubah representasi sinyal dan sistem dari satu domain ke domain lain
- **Pernyataan Lengkap:** Transformasi seperti Transformasi Fourier, Transformasi Laplace, dan Transformasi Z berfungsi sebagai jembatan, mengubah representasi sinyal dan sistem dari satu domain ke domain lain.

## 8. TRANSFORMASI-TUJUAN-PENYEDERHANAAN

- **Aktor:** Transformasi ini
- **Berperilaku:** bertujuan
- **Condisi:** (ketika digunakan)
- **Derajat:** menyederhanakan analisis dan pemecahan masalah
- **Pernyataan Lengkap:** Tujuan utama dari transformasi ini adalah untuk menyederhanakan analisis dan pemecahan masalah.

## 9. SINYAL-CT-PERIODIK-DEFINISI

- **Aktor:** Suatu sinyal waktu kontinu  $x(t)$
- **Berperilaku:** dikatakan periodik
- **Condisi:** jika  $x(t + T) = x(t)$  untuk semua nilai  $t$ , dari  $-\infty < t < \infty$
- **Derajat:** (sepenuhnya)
- **Pernyataan Lengkap:** Suatu sinyal waktu kontinu  $x(t)$  dikatakan periodik terhadap waktu dengan periode  $T$  jika  $x(t + T) = x(t)$  untuk semua nilai  $t$ , dari  $-\infty < t < \infty$ .

## 10. SISTEM-LINEAR-SUPERPOSISI

- **Aktor:** Sistem linear
- **Berperilaku:** memenuhi
- **Condisi:** (jika) respons terhadap kombinasi linear input adalah kombinasi linear dari respons terhadap setiap input secara terpisah
- **Derajat:** prinsip superposisi
- **Pernyataan Lengkap:** Sistem linear memenuhi prinsip superposisi.

## 11. SISTEM-INVARIAN-WAKTU-KARAKTERISTIK

- **Aktor:** Sistem invarian waktu

- **Berperilaku:** memiliki karakteristik
- **Condisi:** (jika) tidak berubah seiring waktu
- **Derajat:** (sepenuhnya)
- **Pernyataan Lengkap:** Sistem invarian waktu memiliki karakteristik yang tidak berubah seiring waktu.

## 12. SISTEM-BIBO-STABIL-OUTPUT-TERBATAS

- **Aktor:** Sistem stabil BIBO
- **Berperilaku:** menjamin
- **Condisi:** jika input yang diberikan terbatas (bounded)
- **Derajat:** output yang dihasilkan juga akan terbatas
- **Pernyataan Lengkap:** Sistem stabil BIBO menjamin bahwa jika input yang diberikan terbatas (bounded), maka output yang dihasilkan juga akan terbatas.

## 13. CTFS-REPRESENTASI-SINYAL-PERIODIK

- **Aktor:** Deret Fourier Waktu Kontinu (CTFS)
- **Berperilaku:** digunakan
- **Condisi:** untuk sinyal waktu kontinu yang periodik
- **Derajat:** sebagai penjumlahan tak hingga dari eksponensial kompleks yang berhubungan secara harmonis
- **Pernyataan Lengkap:** Deret Fourier Waktu Kontinu (CTFS) digunakan untuk merepresentasikan sinyal waktu kontinu yang **periodik** sebagai penjumlahan tak hingga dari eksponensial kompleks yang berhubungan secara harmonis.

## 14. CTFT-UBAH-WAKTU-FREKUENSI

- **Aktor:** Transformasi Fourier Waktu Kontinu (CTFT)
- **Berperilaku:** mengubah
- **Condisi:** sinyal waktu kontinu ( $f(t)$ )
- **Derajat:** menjadi representasi domain frekuensi kontinu ( $X(j)$  ) atau  $X(\Omega)$ )
- **Pernyataan Lengkap:** Transformasi Fourier Waktu Kontinu (CTFT) adalah alat matematis yang mengubah sinyal waktu kontinu ( $f(t)$ ) menjadi representasi domain frekuensi kontinu ( $X(j)$  ) atau  $X(\Omega)$ ).

## 15. CTFT-KONVOLUSI-PERKALIAN

- **Aktor:** CTFT
- **Berperilaku:** mengubah
- **Condisi:** operasi konvolusi di domain waktu
- **Derajat:** menjadi perkalian sederhana di domain frekuensi
- **Pernyataan Lengkap:** Properti kunci CTFT mengubah operasi konvolusi di domain waktu menjadi perkalian sederhana di domain frekuensi.

#### 16. LAPLACE-UBAH-WAKTU-S-DOMAIN

- **Aktor:** Transformasi Laplace
- **Berperilaku:** mengubah
- **Condisi:** fungsi waktu kontinu ( $f(t)$ )
- **Derajat:** menjadi fungsi variabel kompleks ( $F(s)$ ) di s-domain
- **Pernyataan Lengkap:** Transformasi Laplace mengubah fungsi waktu kontinu ( $f(t)$ ) menjadi fungsi variabel kompleks ( $F(s)$ ) di s-domain atau s-plane.

#### 17. SISTEM-STABIL-POLE-KIRI

- **Aktor:** Sistem
- **Berperilaku:** dikatakan stabil
- **Condisi:** jika semua pole-nya terletak di bidang kiri kompleks (yaitu, bagian real dari setiap pole adalah negatif)
- **Derajat:** (sepenuhnya)
- **Pernyataan Lengkap:** Sistem dikatakan stabil jika semua pole-nya terletak di bidang kiri kompleks.

#### 18. Z-TRANSFORM-UBAH-WAKTU-Z-DOMAIN

- **Aktor:** Transformasi Z
- **Berperilaku:** mengubah
- **Condisi:** sinyal waktu diskrit ( $x[n]$ )
- **Derajat:** menjadi representasi domain kompleks ( $X(z)$ ) di z-domain
- **Pernyataan Lengkap:** Transformasi Z mengubah sinyal waktu diskrit ( $x[n]$ ) menjadi representasi domain kompleks ( $X(z)$ ) di z-domain atau z-plane.

#### 19. SISTEM-STABIL-POLE-UNIT-LINGKARAN

- **Aktor:** Sistem
- **Berperilaku:** dikatakan stabil
- **Condisi:** jika semua pole-nya berada *di dalam* lingkaran unit (lingkaran dengan radius satu yang berpusat di titik asal) di z-plane
- **Derajat:** (sepenuhnya)
- **Pernyataan Lengkap:** Sistem dikatakan stabil jika semua pole-nya berada *di dalam* lingkaran unit (lingkaran dengan radius satu yang berpusat di titik asal) di z-plane.

## 20. SAMPLING-HINDARI-ALIASING-NYQUIST

- **Aktor:** Frekuensi sampling
- **Berperilaku:** harus memenuhi
- **Condisi:** untuk menghindari distorsi yang dikenal sebagai aliasing
- **Derajat:** kriteria yang ditetapkan oleh teorema Nyquist-Shannon
- **Pernyataan Lengkap:** Untuk menghindari distorsi yang dikenal sebagai aliasing, frekuensi sampling harus memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh teorema Nyquist-Shannon.

## 21. ALIASING-FREKUENSI-RENDAH-DISTORSI

- **Aktor:** Salinan-salinan spektrum
- **Berperilaku:** akan tumpang tindih
- **Condisi:** jika frekuensi sampling terlalu rendah
- **Derajat:** menyebabkan frekuensi tinggi “menyamar” sebagai frekuensi rendah dan mengakibatkan hilangnya informasi yang tidak dapat dipulihkan
- **Pernyataan Lengkap:** Jika frekuensi sampling terlalu rendah, salinan-salinan spektrum ini akan tumpang tindih, menyebabkan frekuensi tinggi “menyamar” sebagai frekuensi rendah dan mengakibatkan hilangnya informasi yang tidak dapat dipulihkan.

## 22. OUTPUT-CT-LTI-KONVOLUSI

- **Aktor:** Output  $y(t)$
- **Berperilaku:** adalah
- **Condisi:** dari sistem Linear Time-Invariant (LTI) waktu kontinu dengan input  $x(t)$  dan respons impuls sistem  $h(t)$

- Derajat: konvolusi
- **Pernyataan Lengkap:** Output  $y(t)$  dari sistem Linear Time-Invariant (LTI) waktu kontinu adalah konvolusi dari input  $x(t)$  dan respons impuls sistem  $h(t)$ .

### 23. SISTEM-RESPONS-IMPULS-DIRAC

- **Aktor:** Output yang dihasilkan sistem
- **Berperilaku:** adalah
- **Condisi:** jika input yang diberikan ke sistem adalah impuls Dirac ( $\delta(t)$ )
- **Derajat:** respons impuls  $h(t)$
- **Pernyataan Lengkap:** Jika input yang diberikan ke sistem adalah impuls Dirac ( $\delta(t)$ ), output yang dihasilkan sistem adalah respons impuls  $h(t)$ .

### 24. OUTPUT-DT-LTI-KONVOLUSI

- **Aktor:** Output  $y[n]$
- **Berperilaku:** adalah
- **Condisi:** dari sistem LTI waktu diskrit dengan input  $x[n]$  dan respons impuls sistem  $h[n]$
- **Derajat:** konvolusi
- **Pernyataan Lengkap:** Output  $y[n]$  dari sistem LTI waktu diskrit adalah konvolusi dari input  $x[n]$  dan respons impuls sistem  $h[n]$ .

### 25. OUTPUT-FREKUENSI-CTFT-PERKALIAN

- **Aktor:** Output  $Y(j\omega)$
- **Berperilaku:** adalah
- **Condisi:** (ketika menggunakan CTFT)
- **Derajat:** perkalian dari Transformasi Fourier input  $X(j\omega)$  dan respons frekuensi sistem  $H(j\omega)$
- **Pernyataan Lengkap:** Output  $Y(j\omega)$  adalah perkalian dari Transformasi Fourier input  $X(j\omega)$  dan respons frekuensi sistem  $H(j\omega)$ .

### 26. ANALISIS-LTI-EFISIEN-FREKUENSI

- **Aktor:** Analisis sistem LTI
- **Berperilaku:** menjadi efisien

- **Condisi:** di domain frekuensi
- **Derajat:** karena sifat fundamental Transformasi Fourier yang mengubah operasi konvolusi di domain waktu menjadi perkalian di domain frekuensi
- **Pernyataan Lengkap:** Efisiensi analisis sistem LTI di domain frekuensi berasal dari sifat fundamental Transformasi Fourier yang mengubah operasi konvolusi di domain waktu menjadi perkalian di domain frekuensi.

## 27. LAPLACE-EFEKTIF-PD-ALJABAR

- **Aktor:** Transformasi Laplace
- **Berperilaku:** menjadi sangat efektif
- **Condisi:** (ketika diterapkan pada) persamaan diferensial linear
- **Derajat:** karena mengubahnya menjadi persamaan aljabar yang jauh lebih mudah dipecahkan
- **Pernyataan Lengkap:** Transformasi Laplace sangat efektif karena mengubah persamaan diferensial linear menjadi persamaan aljabar, yang jauh lebih mudah dipecahkan.

## 28. Z-TRANSFORM-UBAH-PB-ALJABAR

- **Aktor:** Transformasi Z
- **Berperilaku:** mengubah
- **Condisi:** persamaan beda
- **Derajat:** menjadi persamaan aljabar, menyederhanakan penyelesaian
- **Pernyataan Lengkap:** Transformasi Z mengubah persamaan beda menjadi persamaan aljabar, menyederhanakan penyelesaian.

## 29. PETA-PENGETAHUAN-IMPLIKASI-PEMBELAJARAN

- **Aktor:** Peta pengetahuan
- **Berperilaku:** memiliki implikasi besar
- **Condisi:** (ketika digunakan)
- **Derajat:** untuk pembelajaran dan aplikasi praktis di bidang teknik
- **Pernyataan Lengkap:** Peta pengetahuan yang diuraikan dalam laporan ini memiliki implikasi besar untuk pembelajaran dan aplikasi praktis di bidang teknik.

## 30. PETA-MEMUNGKINKAN-GAMBARAN-BESAR



- **Aktor:** Peta ini
- **Berperilaku:** memungkinkan
- **Condisi:** individu (yang menggunakannya)
- **Derajat:** untuk “melihat gambaran besar” dan mengorganisir pengetahuan mereka dengan cara yang memfasilitasi pemahaman, pengambilan, dan aplikasi
- **Pernyataan Lengkap:** Peta ini memungkinkan individu untuk “melihat gambaran besar” dan mengorganisir pengetahuan mereka dengan cara yang memfasilitasi pemahaman, pengambilan, dan aplikasi.

### 31. AI-KURANGI-UPAYA-PETA

- **Aktor:** AI
- **Berperilaku:** dapat mengurangi
- **Condisi:** (ketika digunakan untuk) membuat peta pengetahuan
- **Derajat:** upaya manual yang diperlukan untuk membuat peta pengetahuan yang komprehensif dari buku teks, catatan kuliah, atau makalah penelitian
- **Pernyataan Lengkap:** AI dapat mengurangi upaya manual yang diperlukan untuk membuat peta pengetahuan yang komprehensif dari buku teks, catatan kuliah, atau makalah penelitian.

### 32. AI-PERSONALISASI-PETA-BELAJAR

- **Aktor:** AI
- **Berperilaku:** dapat menyesuaikan
- **Condisi:** kompleksitas dan fokus peta berdasarkan gaya belajar atau tingkat pemahaman individu
- **Derajat:** menciptakan jalur pembelajaran yang dipersonalisasi
- **Pernyataan Lengkap:** AI dapat menyesuaikan kompleksitas dan fokus peta berdasarkan gaya belajar atau tingkat pemahaman individu, menciptakan jalur pembelajaran yang dipersonalisasi.

### 33. PETA-AI-INTERAKTIF-IDENTIFIKASI-GAP

- **Aktor:** Peta pengetahuan yang didukung AI
- **Berperilaku:** dapat menjadi interaktif
- **Condisi:** (ketika digunakan)

- **Derajat:** memungkinkan pengguna untuk mengajukan pertanyaan dalam bahasa alami, menjelajahi hubungan, dan mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan secara dinamis
- **Pernyataan Lengkap:** Peta pengetahuan yang didukung AI dapat menjadi interaktif, memungkinkan pengguna untuk mengajukan pertanyaan dalam bahasa alami, menjelajahi hubungan, dan mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan secara dinamis.

#### 34. PETA-AI-PANDU-SOLUSI

- **Aktor:** Peta berbasis AI
- **Berperilaku:** dapat memandu
- **Condisi:** pengguna (dalam pemecahan masalah)
- **Derajat:** melalui langkah-langkah pemecahan masalah, menyarankan formula atau transformasi yang relevan, dan bahkan membantu mengidentifikasi miskonsepsi umum
- **Pernyataan Lengkap:** Peta berbasis AI dapat memandu pengguna melalui langkah-langkah pemecahan masalah, menyarankan formula atau transformasi yang relevan, dan bahkan membantu mengidentifikasi miskonsepsi umum.

## **4 Merancang Sistem Asesmen Pembelajaran Berbasis Nilai Pengetahuan di Bidang Sinyal dan Sistem**

### **4.1 I. Pendahuluan: Merancang Ekosistem Pembelajaran Berbasis Nilai di Sinyal dan Sistem**

#### **4.1.1 A. Latar Belakang: Tantangan Asesmen Tradisional dan Potensi Inovasi**

Asesmen tradisional dalam pendidikan tinggi, terutama di bidang teknik yang kompleks seperti Sinyal dan Sistem, seringkali berfokus pada hafalan dan kemampuan mahasiswa untuk mereproduksi informasi. Pendekatan ini, yang umumnya melibatkan ujian tengah semester dan ujian akhir, dapat menimbulkan tekanan dan kecemasan yang signifikan pada mahasiswa, yang pada gilirannya dapat menghambat pemahaman materi secara mendalam.<sup>1</sup> Penekanan pada hasil akhir tunggal ini seringkali mengabaikan proses pembelajaran dan perkembangan kognitif mahasiswa sepanjang semester.

Dalam konteks disiplin ilmu Sinyal dan Sistem, di mana pemahaman konseptual dan kemampuan pemecahan masalah sangat krusial, metode asesmen yang lebih inovatif diperlukan. Tujuannya adalah untuk mendorong keterlibatan aktif mahasiswa, memotivasi mereka untuk mengeksplorasi dan menguasai materi secara lebih mendalam, serta memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Sistem asesmen yang dirancang secara strategis dapat bertindak sebagai alat pedagogis yang kuat, bukan hanya sebagai mekanisme evaluasi semata.

#### **4.1.2 B. Tujuan Sistem Asesmen Berbasis Nilai Pengetahuan**

Sistem asesmen yang diusulkan ini dirancang dengan beberapa tujuan fundamental:

1. **Meningkatkan Keterlibatan Mahasiswa:** Dengan memperkenalkan insentif yang jelas dan pengakuan atas kontribusi pengetahuan, sistem ini bertujuan untuk secara signifikan meningkatkan motivasi dan partisipasi aktif mahasiswa dalam proses pembelajaran.

2. **Memberikan “Sense of Value Creation”:** Mahasiswa akan merasakan bahwa karya intelektual mereka memiliki nilai nyata dan dapat dimanfaatkan oleh orang lain, tidak hanya sekadar tugas yang dinilai dan kemudian dilupakan. Ini menumbuhkan rasa kepemilikan dan kebanggaan terhadap hasil belajar mereka.<sup>2</sup>
3. **Memfasilitasi Pelacakan Penguasaan Topik dan Tingkat Kognitif:** Sistem ini memungkinkan pelacakan yang lebih granular terhadap topik materi yang telah dikuasai mahasiswa dan tingkat kedalaman pemahaman mereka sesuai dengan Taksonomi Bloom.
4. **Membangun Repositori Pengetahuan Dinamis:** Karya-karya terbaik mahasiswa akan membentuk sebuah basis pengetahuan yang terus berkembang, relevan, dan kontekstual, yang dihasilkan oleh komunitas pembelajar itu sendiri.

#### **4.1.3 C. Gambaran Umum Sistem “Knowledge Marketplace”**

Untuk mencapai tujuan-tujuan tersebut, sistem ini mengusulkan sebuah model “Knowledge Marketplace” yang dinamis dan terintegrasi. Setiap minggu, dosen akan “mengiklankan” kebutuhan akan “karya pengetahuan dan pemecahan masalah” tertentu. Mahasiswa kemudian akan menghasilkan dokumen laporan, khususnya dalam bentuk peta pengetahuan (knowledge maps), yang merepresentasikan pemahaman mereka terhadap topik atau solusi masalah. Dokumen-dokumen ini akan “dibeli” oleh dosen menggunakan sistem mata uang digital berjenjang: Point Uang, Point Emas, Point Platinum, dan Point Berlian. Nilai pembelian ini akan dikaitkan secara langsung dengan tingkat kognitif Taksonomi Bloom yang dicapai oleh karya tersebut dan domain teknis spesifik dalam Sinyal dan Sistem yang dibahas.

Lebih lanjut, sistem ini mengintegrasikan mata uang fiat yang berbeda (misalnya, IDR, MYR, USD, AUD, GBP, EUR, JPY, KRW, CNY) untuk setiap domain teknis, menambah lapisan insentif dan simulasi ekonomi. Karya-karya yang telah “dibeli” akan diunggah ke website kuliah, menjadi sumber belajar yang berharga bagi mahasiswa di tahun berikutnya. Di akhir perkuliahan, total “harta” (akumulasi poin dan mata uang fiat) yang terkumpul oleh setiap mahasiswa akan diindeks untuk mendapatkan nilai akhir mata kuliah. Model ini menciptakan siklus pembelajaran berkelanjutan dan mendorong mahasiswa untuk tidak hanya belajar, tetapi juga berkontribusi pada ekosistem pengetahuan.

## **4.2 II. Fondasi Pedagogis: Taksonomi Bloom dan Peta Pengetahuan untuk Penguasaan Konsep**

### **4.2.1 A. Memahami Tingkat Kognitif Taksonomi Bloom dalam Pembelajaran Sinyal dan Sistem**

Taksonomi Bloom yang direvisi menyediakan kerangka kerja yang sistematis untuk mengklasifikasikan tujuan pembelajaran kognitif. Kerangka ini mengidentifikasi enam tingkatan keter-

ampilan berpikir, yang bergerak dari yang paling sederhana hingga yang paling kompleks: Mengingat (Remember), Memahami (Understand), Menerapkan (Apply), Menganalisis (Analyze), Mengevaluasi (Evaluate), dan Menciptakan (Create).<sup>4</sup> Setiap tingkatan ini memiliki karakteristik konseptual yang berbeda dan memerlukan jenis aktivitas kognitif yang spesifik.

Penggunaan kata kerja tindakan yang tepat dan terukur sangat penting dalam merumuskan tujuan pembelajaran dan merancang asesmen yang selaras dengan setiap tingkatan Bloom.<sup>4</sup> Misalnya, kata kerja seperti “mendefinisikan” atau “membuat daftar” cocok untuk tingkat Mengingat, sementara “menganalisis” atau “merancang” sesuai untuk tingkat yang lebih tinggi.

Sifat hierarkis Taksonomi Bloom, di mana penguasaan pada tingkat yang lebih tinggi bergantung pada pencapaian pengetahuan dan keterampilan prasyarat pada tingkat yang lebih rendah, memiliki dampak langsung pada desain asesmen. Untuk dapat “menerapkan” suatu konsep, mahasiswa harus terlebih dahulu “memahami” konsep tersebut.<sup>8</sup> Demikian pula, untuk “mengevaluasi” suatu proses, mahasiswa harus terlebih dahulu “menganalisisnya”.<sup>8</sup> Oleh karena itu, tugas asesmen harus dirancang secara cermat untuk menargetkan keterampilan kognitif yang spesifik pada setiap level, memastikan validitas penilaian penguasaan materi.

#### 4.2.1.1 1. Level Dasar: Mengingat dan Memahami (Peta Pengetahuan Primitif)

Pada level dasar Taksonomi Bloom, fokusnya adalah pada akuisisi dan pemahaman informasi fundamental.

- **Mengingat:** Tingkat ini melibatkan kemampuan untuk mengambil, memanggil kembali, atau mengenali pengetahuan yang relevan dari memori jangka panjang. Contoh kata kerja yang sesuai meliputi: menyebutkan, mendefinisikan, menjelaskan, mengidentifikasi, dan membuat daftar.<sup>4</sup> Dalam konteks Sinyal dan Sistem, ini berarti mahasiswa dapat mengingat definisi sinyal waktu kontinu, sinyal waktu diskrit, atau properti dasar sistem.
- **Memahami:** Tingkat ini menuntut mahasiswa untuk mendemonstrasikan pemahaman melalui berbagai bentuk penjelasan. Kata kerja yang relevan termasuk: menguraikan, menjelaskan, meringkas, mengklasifikasikan, dan membandingkan.<sup>4</sup> Pada level ini, mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan perbedaan antara sinyal periodik dan aperiodik, atau meringkas karakteristik sistem linear.

**Peta Pengetahuan Primitif** akan secara khusus dirancang untuk menguji kemampuan pada dua level ini. Peta ini akan berfokus pada representasi dasar konsep, definisi, dan karakteristik sinyal (seperti sinyal waktu kontinu dan diskrit, sinyal periodik dan aperiodik, sinyal energi dan daya) dan sistem (seperti linearitas, invarian waktu, kausalitas, dan stabilitas).<sup>9</sup> Peta ini akan menjadi fondasi untuk membangun pemahaman yang lebih kompleks.

#### 4.2.1.2 2. Level Menengah: Menerapkan dan Menganalisis (Peta Pengetahuan Aplikatif)

Level menengah melibatkan penggunaan pengetahuan dalam situasi baru dan pemecahan masalah.

- **Menerapkan:** Ini adalah kemampuan untuk menggunakan informasi atau keterampilan dalam situasi yang belum pernah ditemui sebelumnya. Kata kerja aksi yang sesuai meliputi: menerapkan, menghitung, melaksanakan, memecahkan, dan menunjukkan.<sup>4</sup> Contohnya adalah menghitung respons sistem terhadap input tertentu.
- **Menganalisis:** Tingkat ini mengharuskan mahasiswa untuk memecah materi atau konsep menjadi bagian-bagian penyusunnya dan menentukan bagaimana bagian-bagian tersebut saling berhubungan atau dengan struktur keseluruhan. Kata kerja yang relevan termasuk: menganalisis, memecah, membandingkan, dan membedakan.<sup>4</sup> Contohnya adalah menganalisis spektrum frekuensi sinyal atau membedakan properti berbagai transformasi.

**Peta Pengetahuan Aplikatif** akan menunjukkan bagaimana konsep-konsep dasar diterapkan untuk memecahkan masalah, menganalisis respons sistem, atau membedakan antara jenis sinyal atau properti transformasi yang berbeda. Untuk mencapai tingkat “menerapkan” dan “menganalisis” dalam pendidikan teknik, mahasiswa perlu terlibat dalam pemecahan masalah yang aktif. Pemecahan masalah dalam Sinyal dan Sistem seringkali melibatkan penerapan transformasi matematis (seperti Transformasi Fourier, Laplace, atau Z-Transform) atau operasi konvolusi. Misalnya, penyelesaian persamaan diferensial menggunakan Transformasi Laplace melibatkan serangkaian langkah spesifik: mentransformasikan masalah ke dalam persamaan aljabar, melakukan manipulasi aljabar, dan kemudian melakukan transformasi balik untuk mendapatkan solusi di domain waktu.<sup>21</sup> Demikian pula, operasi konvolusi, baik untuk sinyal waktu kontinu maupun diskrit, memiliki prosedur yang terdefinisi untuk mencari respons sistem.<sup>25</sup> Oleh karena itu, peta pengetahuan aplikatif harus secara eksplisit mendemonstrasikan langkah-langkah prosedural ini, bukan hanya hasil akhirnya. Peta ini dapat berupa

*flowchart* atau *diagram alir* yang menggambarkan proses pemecahan masalah, langkah-langkah algoritma, atau alur keputusan.<sup>29</sup> Ini secara langsung menghubungkan metode asesmen dengan keterampilan pemecahan masalah inti dalam domain Sinyal dan Sistem.

#### 4.2.1.3 3. Level Lanjut: Mengevaluasi dan Menciptakan (Peta Pengetahuan Aplikatif Lanjutan)

Level tertinggi Taksonomi Bloom berfokus pada penilaian kritis dan inovasi.

- **Mengevaluasi:** Kemampuan untuk membuat penilaian berdasarkan kriteria dan standar yang diberikan. Kata kerja aksi yang sesuai meliputi: menilai, mendukung, membandingkan, mengkritik, menentukan, dan mengevaluasi.<sup>4</sup> Contohnya adalah mengevaluasi efisiensi dua algoritma pemrosesan sinyal yang berbeda.
- **Menciptakan:** Ini adalah kemampuan untuk menggabungkan elemen-elemen untuk membentuk keseluruhan yang baru dan koheren, atau menata ulang elemen-elemen menjadi pola atau struktur baru. Kata kerja yang relevan meliputi: menyusun, membangun, merancang, mengembangkan, merumuskan, dan menciptakan.<sup>4</sup> Contohnya adalah merancang filter digital baru atau mengembangkan pendekatan novel untuk analisis sinyal.

**Peta Pengetahuan Aplikatif Lanjutan** pada level ini dapat melibatkan perancangan sistem atau algoritma pemrosesan sinyal yang inovatif, atau evaluasi kritis terhadap sistem yang ada, menunjukkan sintesis pengetahuan yang kompleks dan pemikiran orisinal.

#### 4.2.2 B. Peran Peta Pengetahuan dalam Mengukur dan Memvisualisasikan Penguasaan

Peta konsep, atau peta pengetahuan, merupakan alat pedagogis yang sangat efektif yang membantu mahasiswa dalam menyusun pembelajaran mereka. Alat ini memungkinkan mahasiswa untuk melihat “gambaran besar” dari suatu topik, mengorganisir pengetahuan mereka, dan secara eksplisit menunjukkan hubungan antar konsep.<sup>34</sup> Peta pengetahuan dapat merepresentasikan baik pengetahuan konseptual (fakta, konsep, dan objek) maupun pengetahuan prosedural (kemampuan untuk melakukan sesuatu, seperti langkah-langkah untuk memecahkan masalah).<sup>40</sup> Integrasi kedua jenis pengetahuan ini sangat penting untuk kinerja pemecahan masalah yang efektif, karena tindakan tidak dapat dilakukan tanpa kesadaran akan informasi konseptual yang diperlukan.<sup>40</sup>

Peta pengetahuan secara visual merepresentasikan pemahaman mahasiswa dan koneksi yang mereka buat antar konsep.<sup>35</sup> Jika seorang mahasiswa kesulitan menghubungkan konsep-konsep tertentu atau menghilangkan hubungan kunci, hal ini secara langsung menyoroti adanya kesenjangan dalam pemahaman mereka. Kemampuan diagnostik visual ini lebih efisien daripada meninjau jawaban teks tradisional dan memberikan umpan balik yang dapat ditindaklanjuti baik untuk mahasiswa maupun instruktur.<sup>44</sup> Ini secara langsung mendukung tujuan dosen untuk “melacak topik materi apa yang sudah di kuasai dan mana yang belum.” Dengan melihat struktur dan kelengkapan peta, dosen dapat dengan cepat mengidentifikasi area yang memerlukan intervensi atau penguatan lebih lanjut, memungkinkan pembelajaran yang lebih personal dan adaptif.

##### 4.2.2.1 1. Peta Pengetahuan Konseptual untuk Pemahaman Struktural

Peta pengetahuan konseptual berfokus pada representasi definisi, klasifikasi, properti, dan hubungan hierarkis antar konsep dalam domain Sinyal dan Sistem. Ini membantu mahasiswa

membangun kerangka kognitif yang kohesif, di mana mereka dapat melihat bagaimana ide-ide besar terurai menjadi sub-konsep dan bagaimana semuanya saling terkait.

#### 4.2.2.2 2. Peta Pengetahuan Prosedural untuk Pemecahan Masalah

Peta pengetahuan prosedural berfokus pada langkah-langkah, algoritma, dan alur keputusan yang terlibat dalam memecahkan masalah teknis. Ini bisa mencakup langkah-langkah untuk mencari fungsi transfer sistem, proses dekonvolusi sinyal, atau tahapan dalam proses sampling. Representasi ini paling efektif dalam bentuk *flowchart* atau *diagram alir* yang secara visual memetakan urutan tindakan dan keputusan.<sup>29</sup>

#### 4.2.3 C. Manfaat Peta Pengetahuan untuk Pembelajaran Mendalam dan Berbagi Pengetahuan

Peta pengetahuan menawarkan berbagai manfaat pedagogis:

- **Mendorong Pembelajaran Aktif:** Proses pembuatan peta itu sendiri merupakan aktivitas kognitif yang mendalam, mendorong pemikiran kritis dan keterampilan pemecahan masalah.<sup>45</sup>
- **Menciptakan “Produk Bernilai Abadi”:** Salah satu aspek paling inovatif dari sistem ini adalah pemanfaatan karya mahasiswa sebagai bahan ajar untuk angkatan berikutnya. Dokumen laporan yang “dibeli” akan diunggah ke website kuliah, menjadi sumber belajar yang otentik dan relevan. Ini tidak hanya memberikan “sense of value creation” kepada mahasiswa yang membuatnya, tetapi juga menumbuhkan rasa kepemilikan dan kebanggaan terhadap kontribusi mereka.<sup>2</sup>
- **Meningkatkan Kualitas Pembelajaran:** Dengan menyediakan sumber belajar yang relevan dan kontekstual yang dibuat oleh rekan sejawat, kualitas pembelajaran secara keseluruhan dapat meningkat. Mahasiswa dapat belajar dari berbagai perspektif dan strategi pemecahan masalah yang disajikan oleh teman-teman mereka.

Berikut adalah tabel yang memetakan tingkat Taksonomi Bloom dengan jenis peta pengetahuan dan mata uang digital yang diusulkan:

**Tabel 1: Pemetaan Tingkat Taksonomi Bloom dengan Jenis Peta Pengetahuan dan Mata Uang Digital**



Tingkat Taksonomi Bloom	Kata Kerja Kunci (Contoh)	Jenis Peta Pengetahuan	Mata Uang Digital
Mengingat	Mendefinisikan, Membuat Daftar, Mengidentifikasi, Mengingat, Menamai, Menyebutkan, Mengutip, Melaporkan, Mereproduksi, Memilih, Menyatakan, Menabulasi, Menceritakan 4	Peta Pengetahuan Primitif	Point Uang
Memahami	Menjelaskan, Meringkas, Mengklasifikasikan, Membandingkan, Menguraikan, Menginterpretasi, Memparafrasekan, Memprediksi, Menulis ulang 4	Peta Pengetahuan Primitif	Point Uang
Menerapkan	Menerapkan, Menghitung, Melaksanakan, Memecahkan, Menunjukkan, Menggunakan, Mendemonstrasikan, Mengilustrasikan, Memodifikasi, Mengoperasikan 4	Peta Pengetahuan Aplikatif	Point Emas

Tingkat Taksonomi Bloom	Kata Kerja Kunci (Contoh)	Jenis Peta Pengetahuan	Mata Uang Digital
Menganalisis	Menganalisis, Memecah, Membandingkan, Membedakan, Mengkategorikan, Mendeteksi, Mendiskriminasi, Mengidentifikasi, Menguraikan, Mengorganisir, Menghubungkan, Memisahkan, Menyusun struktur 4	Peta Pengetahuan Aplikatif	Point Platinum
Mengevaluasi	Menilai, Mendukung, Mengkritik, Menentukan, Mengevaluasi, Memutuskan, Menjustifikasi, Mengukur, Merekomendasikan, Meninjau, Memilih 4	Peta Pengetahuan Aplikatif Lanjutan	Point Platinum

Tingkat Taksonomi Bloom	Kata Kerja Kunci (Contoh)	Jenis Peta Pengetahuan	Mata Uang Digital
Menciptakan	Merancang, Membangun, Mengembangkan, Merumuskan, Menciptakan, Mengatur, Menggabungkan, Menyusun, Menghasilkan, Menghipotesiskan, Mengintegrasikan, Menemukan, Memodifikasi, Merencanakan, Mempersiapkan, Mengusulkan, Menata ulang, Merekonstruksi, Menulis 4	Peta Pengetahuan Aplikatif Lanjutan	Point Berlian

Tabel ini berfungsi sebagai “kontrak” sentral yang transparan antara dosen dan mahasiswa. Bagi mahasiswa, tabel ini secara jelas mendefinisikan ekspektasi: “Jika saya ingin mendapatkan Point Berlian, saya perlu membuat sesuatu yang baru (Level 6 Bloom), dan berikut adalah kata kerja yang terkait dengannya.” Ini memberikan peta jalan yang jelas untuk tujuan pembelajaran dan insentif mereka. Bagi dosen, tabel ini berfungsi sebagai rubrik dan panduan untuk merancang *prompt* tugas dan mengevaluasi kiriman, memastikan konsistensi dan keselarasan dengan tujuan pedagogis. Ini mengoperasionalkan konsep abstrak Taksonomi Bloom ke dalam hasil yang konkret dan terukur dalam kerangka “knowledge marketplace”.

### 4.3 III. Mekanisme “Knowledge Marketplace”: Insentif dan Penilaian

#### 4.3.1 A. Struktur Mata Uang Digital Berjenjang dan Kriterianya

Sistem asesmen ini mengadopsi model “Knowledge Marketplace” yang menggunakan mata uang digital berjenjang untuk memberikan insentif kepada mahasiswa. Sistem poin ini secara langsung dihubungkan dengan tingkat Taksonomi Bloom, memberikan kerangka insentif yang jelas dan terstruktur untuk setiap level pencapaian kognitif.

- **Point Uang (Level 1-2 Bloom):** Diberikan untuk peta pengetahuan primitif yang secara akurat mendefinisikan dan menjelaskan konsep dasar Sinyal dan Sistem. Ini mencakup kemampuan mengingat fakta dan memahami ide-ide fundamental.
- **Point Emas (Level 3 Bloom):** Diberikan untuk peta pengetahuan aplikatif yang menunjukkan kemampuan menerapkan konsep untuk memecahkan masalah standar atau melakukan komputasi dasar. Ini menguji kemampuan mahasiswa untuk menggunakan pengetahuan mereka dalam skenario yang dikenal.
- **Point Platinum (Level 4-5 Bloom):** Diberikan untuk peta pengetahuan aplikatif yang menunjukkan kemampuan menganalisis sistem, membandingkan metode, atau merancang solusi pada tingkat menengah. Ini mendorong pemikiran kritis dan pemecahan masalah yang lebih kompleks.
- **Point Berlian (Level 6 Bloom):** Diberikan untuk peta pengetahuan aplikatif lanjutan yang menunjukkan kemampuan menciptakan solusi orisinal, mensintesis konsep kompleks, atau mengevaluasi secara kritis. Ini adalah level tertinggi yang menghargai inovasi dan kontribusi pengetahuan yang signifikan.

Sistem “iklan dicari karya pengetahuan” mingguan menciptakan rasa urgensi dan kompetisi yang sehat di antara mahasiswa. Proses pembelian dokumen laporan oleh dosen memberikan pengakuan langsung atas upaya dan kualitas karya mahasiswa. Selain itu, janji bahwa karya mahasiswa akan diunggah ke “website kuliah untuk dipelajari mahasiswa tahun depan” memberikan rasa penciptaan nilai dan pengakuan yang kuat kepada mahasiswa.<sup>2</sup> Kombinasi insentif ekstrinsik (poin/mata uang) dan intrinsik (pengakuan, kontribusi nyata) ini menciptakan lingkaran umpan balik positif yang mendorong mahasiswa untuk menghasilkan karya berkualitas tinggi. Mahasiswa tidak hanya belajar untuk nilai, tetapi juga untuk kontribusi dan warisan pengetahuan mereka. Gamifikasi, terutama melalui sistem poin dan pengakuan, telah terbukti meningkatkan motivasi dan keterlibatan mahasiswa dalam pendidikan tinggi.<sup>46</sup>

#### 4.3.2 B. Sistem Pembayaran Berdasarkan Domain Sinyal dan Sistem

Sistem ini memperkenalkan dimensi insentif tambahan dengan mengaitkan mata uang fiat yang berbeda dengan domain teknis spesifik dalam Sinyal dan Sistem. Ini tidak hanya menambah elemen gamifikasi, tetapi juga secara halus membimbing mahasiswa menuju area-area yang dianggap memiliki nilai atau kompleksitas lebih tinggi dalam kurikulum.

Berikut adalah matriks pembayaran mata uang fiat yang diusulkan:

**Tabel 2: Matriks Pembayaran Mata Uang Fiat Berdasarkan Domain Sinyal dan Sistem dan Tingkat Bloom**

Tingkat Bloom	Waktu		Frekuensi		Z-Transform		Deret Fourier (Kon-tinu/Digital)		Sampling & Rekonstruksi (WD-WK)	Konvolusi & Dekonvolusi
	Kon-tinu (WK)	Digital (WD)	WK	WD	Laplace	Transform	(Kon-tinu/Digital)	(WD-WK)		
Level 1-2	IDR	MYR	USD	AUD	GBP	EUR	JPY	CNY	IDR	
Level 3	IDR	MYR	USD	AUD	GBP	EUR	JPY	CNY	MYR	
Level 4-5	MYR	USD	AUD	GBP	EUR	JPY	KRW	CNY	USD	
Level 6	USD	AUD	GBP	EUR	JPY	KRW	CNY	JPY	AUD	

Domain-domain yang berbeda dalam Sinyal dan Sistem (misalnya, Domain Waktu, Domain Frekuensi, Transformasi Laplace, Z-Transform) merepresentasikan kerangka kerja matematis dan pendekatan analitis yang berbeda.<sup>48</sup> Dengan menetapkan mata uang fiat yang berbeda untuk setiap domain, dosen secara implisit memberikan nilai yang berbeda pada pemahaman lintas domain dan keahlian khusus. Ini mendorong mahasiswa untuk tidak hanya menguasai konsep dalam satu domain, tetapi juga untuk membuat koneksi dan menerapkan pengetahuan di berbagai alat analitis, yang mencerminkan pemahaman holistik tentang mata pelajaran. Misalnya, memahami

*sampling* melibatkan domain waktu diskrit (WD) dan frekuensi diskrit (Frekuensi WD), serta interaksi di antaranya (fenomena *aliasing*).<sup>64</sup> Diferensiasi mata uang ini dapat memotivasi mahasiswa untuk mengeksplorasi dan menguasai area-area yang mungkin dianggap lebih menantang atau memiliki relevansi aplikasi yang lebih tinggi.

Penugasan mata uang fiat yang berbeda berdasarkan domain tidak hanya menciptakan permainan, tetapi secara halus membimbing mahasiswa menuju area-area yang dianggap memiliki nilai atau kompleksitas lebih tinggi dalam kurikulum. Misalnya, jika Transformasi Laplace dan Z-Transform (yang sering digunakan untuk analisis sistem dan kontrol) dibayar dalam GBP/EUR, ini dapat menandakan sifat lanjutan atau kepentingannya di bidang tersebut dibandingkan dengan konsep dasar domain waktu yang dibayar IDR. Ini memberikan insentif kepada mahasiswa untuk mendalami area-area spesifik, yang berpotensi lebih menantang, dalam Sinyal dan Sistem yang dianggap krusial oleh dosen, secara efektif membentuk lintasan pembelajaran mereka di luar hasil pembelajaran eksplisit. Ini juga menciptakan dinamika di mana mahasiswa dapat berspesialisasi atau mendiversifikasi “portofolio pengetahuan” mereka.

### 4.3.3 C. Proses Pengajuan, Verifikasi, dan Pembelian Karya Pengetahuan

Alur kerja sistem “Knowledge Marketplace” akan berjalan secara mingguan:

1. **Pengumuman Kebutuhan:** Setiap minggu, dosen akan membuat “iklan dicari karya pengetahuan dan pemecahan masalah” yang spesifik, mungkin menargetkan topik dan tingkat Bloom tertentu.
2. **Produksi Dokumen Laporan:** Mahasiswa akan menghasilkan dokumen laporan, yang idealnya berupa peta pengetahuan (primitif atau aplikatif) yang menjawab “iklan” tersebut.
3. **Pengajuan dan Verifikasi:** Mahasiswa menyerahkan karya mereka. Dosen kemudian akan melakukan verifikasi kualitas dan menilai tingkat Bloom yang dicapai oleh karya tersebut.
4. **Pembelian dan Pembayaran:** Berdasarkan penilaian, dosen akan “membeli” dokumen laporan tersebut dengan mata uang digital berjenjang dan mata uang fiat yang sesuai.
5. **Publikasi:** Dokumen yang telah “dibeli” akan diunggah ke website kuliah. Ini memastikan bahwa karya-karya terbaik mahasiswa menjadi sumber daya yang dapat diakses dan dipelajari oleh mahasiswa di tahun-tahun berikutnya, mewujudkan konsep berbagi pengetahuan.

#### 4.3.4 D. Konversi Harta Terkumpul menjadi Nilai Akhir

Di akhir perkuliahan, total “harta” (akumulasi poin mata uang digital dan mata uang fiat) yang terkumpul oleh setiap mahasiswa akan diindeks untuk mendapatkan nilai akhir mata kuliah. Mekanisme indeksasi ini harus didefinisikan secara transparan di awal semester, misalnya dengan memberikan bobot tertentu untuk setiap jenis mata uang digital dan konversi nilai tukar yang jelas untuk mata uang fiat. Hal ini memastikan keadilan dan prediktabilitas dalam sistem penilaian.

### 4.4 IV. Implementasi Praktis dan Rekomendasi Teknis

#### 4.4.1 A. Platform Digital untuk Pengelolaan dan Publikasi Karya Mahasiswa

Untuk mendukung sistem “Knowledge Marketplace” ini, diperlukan platform digital yang kuat dan intuitif. Platform ini akan berfungsi sebagai pusat pengelolaan, penyimpanan, dan publikasi peta pengetahuan yang dihasilkan mahasiswa. Fitur-fitur esensial yang harus dimiliki platform ini meliputi:

- **Pengunggahan Dokumen Fleksibel:** Kemampuan untuk mengunggah berbagai format dokumen, mulai dari PDF, gambar (JPG, PNG), hingga format peta konsep interaktif (misalnya, dari CmapTools, MindMeister, atau Lucidchart).

- **Kategorisasi Komprehensif:** Sistem harus memungkinkan kategorisasi peta berdasarkan topik materi, tingkat Taksonomi Bloom yang dicapai, dan domain teknis Sinyal dan Sistem yang relevan. Ini akan memudahkan navigasi dan pencarian.
- **Fungsionalitas Pencarian Canggih:** Mahasiswa di tahun mendatang harus dapat dengan mudah mencari dan menemukan peta pengetahuan yang relevan menggunakan kata kunci, filter topik, atau filter tingkat Bloom.
- **Interaktivitas Peta Pengetahuan:** Idealnya, platform harus mendukung tampilan peta pengetahuan interaktif yang memungkinkan pengguna untuk memperbesar, memperkecil, dan menavigasi detail dalam peta, seperti yang ditawarkan oleh beberapa alat pemetaan konsep modern.

Mahasiswa dapat memanfaatkan berbagai perangkat lunak pemetaan konsep/mind mapping yang tersedia di pasaran untuk membuat karya mereka. Beberapa pilihan populer yang menawarkan fitur visualisasi dan kolaborasi yang kuat meliputi MindMeister, Lucidchart, Coggle, XMind, SimpleMind, atau MindManager.<sup>45</sup> Alat-alat ini memungkinkan mahasiswa untuk fokus pada struktur dan konten pengetahuan tanpa terbebani oleh aspek desain visual yang rumit.

Penilaian peta pengetahuan yang kompleks dari banyak mahasiswa di berbagai tingkat Bloom dan domain akan sangat memakan waktu bagi instruktur.<sup>1</sup> Pemanfaatan alat bantu kecerdasan buatan (AI) dapat secara signifikan mengotomatiskan sebagian dari proses asesmen ini. Misalnya, AI yang digunakan untuk pembuatan

*knowledge graph* atau pemahaman semantik dapat menganalisis struktur dan konten peta pengetahuan yang diserahkan terhadap rubrik yang telah ditentukan atau *knowledge graph* ahli yang telah dibangun sebelumnya. Sistem AI dapat mengidentifikasi konsep yang hilang, koneksi yang lemah, atau bahkan potensi kesalahpahaman, dan memberikan umpan balik awal kepada mahasiswa. Otomatisasi ini akan secara signifikan mengurangi beban penilaian, memungkinkan umpan balik yang lebih sering kepada mahasiswa, dan memungkinkan dosen untuk berfokus pada evaluasi kualitatif tingkat tinggi dan bimbingan yang dipersonalisasi. Ini adalah langkah penting untuk menskalakan sistem asesmen inovatif ini dan membuatnya berkelanjutan, sejalan dengan tren pembelajaran personalisasi berbasis AI yang meningkatkan efisiensi dan keterlibatan.

#### 4.4.2 B. Pemanfaatan Alat Bantu AI untuk Pembuatan dan Validasi Peta Pengetahuan

Integrasi AI tidak hanya terbatas pada asesmen, tetapi juga dapat mendukung proses pembuatan dan validasi peta pengetahuan oleh mahasiswa:

- **Bantuan Pembuatan Awal:** Alat bantu AI dapat membantu mahasiswa dalam menghasilkan peta “primitif” awal. Misalnya, platform seperti NotebookLM atau Penseum

dapat menganalisis materi sumber (PDF, catatan kuliah, video, atau file audio) dan menghasilkan ringkasan, poin-poin penting, atau pertanyaan-pertanyaan yang relevan. Output ini dapat menjadi dasar bagi mahasiswa untuk mulai membangun peta pengetahuan mereka, mempercepat proses awal dan memungkinkan mereka fokus pada pemahaman dan elaborasi.

- **Validasi dan Koreksi:** AI dapat digunakan untuk membantu memvalidasi kebenaran atau kelengkapan peta “aplikatif” dengan membandingkannya dengan solusi yang diketahui atau kerangka kerja teoretis. Contohnya, dalam domain frekuensi, AI dapat membantu mengidentifikasi efek *aliasing* pada representasi spektrum sinyal yang di-*sampling* jika frekuensi sampling tidak memenuhi kriteria Nyquist.<sup>64</sup> Ini memberikan lapisan verifikasi tambahan dan membantu mahasiswa mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan.

#### 4.4.3 C. Strategi Pedagogis untuk Mendorong Keterlibatan dan Kualitas Karya

Keberhasilan sistem ini sangat bergantung pada strategi pedagogis yang menyertainya:

- **Panduan yang Jelas dan Contoh Konkret:** Dosen harus menyediakan instruksi yang sangat jelas mengenai ekspektasi untuk setiap jenis peta pengetahuan dan tingkat Bloom. Menyertakan contoh-contoh peta pengetahuan yang baik untuk setiap level dan domain teknis akan sangat membantu mahasiswa dalam memahami standar kualitas.
- **Umpan Balik Iteratif dan Konstruktif:** Mendorong penyempurnaan peta secara iteratif berdasarkan umpan balik dosen dan rekan sejawat adalah kunci. Ini memungkinkan mahasiswa untuk belajar dari kesalahan mereka dan secara bertahap meningkatkan kualitas karya mereka.
- **Pembelajaran Kolaboratif:** Mendorong mahasiswa untuk bekerja sama dalam kelompok kecil untuk membuat dan saling mengkritik peta pengetahuan mereka dapat memperdalam pemahaman kolektif dan mengembangkan keterampilan kolaborasi.
- **Pertanyaan Pemandu (Focus Questions):** Menggunakan “focus questions” atau pertanyaan pemandu yang dirancang dengan cermat dapat mengarahkan mahasiswa untuk menghasilkan peta yang berorientasi pada pemecahan masalah dan mendorong pemikiran tingkat tinggi.<sup>107</sup>

Sistem yang diusulkan, dengan “iklan” dan “pembelian” mingguan, mengubah asesmen dari peristiwa sumatif berisiko tinggi menjadi aktivitas pembelajaran yang berkelanjutan, berisiko rendah, dan formatif.<sup>1</sup> Ini mendorong keterlibatan yang konsisten dan memungkinkan mahasiswa untuk menerima umpan balik yang sering, mengulang pemahaman mereka, dan membangun pengetahuan mereka secara bertahap. Pergeseran ini selaras dengan pendekatan pedagogis modern yang memprioritaskan pengembangan berkelanjutan dan penguasaan daripada



evaluasi tunggal bertekanan tinggi, yang pada akhirnya mengarah pada pembelajaran yang lebih mendalam dan retensi jangka panjang yang lebih baik.

Berikut adalah contoh rubrik penilaian peta pengetahuan yang dapat digunakan:

**Tabel 3: Contoh Rubrik Penilaian Peta Pengetahuan (Primitif & Aplikatif) Berdasarkan Taksonomi Bloom**

Kriteria Penilaian	Sangat Baik (Excellent)	Baik (Good)	Cukup (Fair)	Kurang (Poor)
<b>1. Kedalaman Konsep (Bloom Level 1-6)</b>	Mencakup semua definisi dan karakteristik dasar yang relevan dengan sangat jelas dan ringkas, serta menunjukkan pemahaman mendalam tentang implikasi dan batasan konsep. 4	Mencakup sebagian besar definisi dan karakteristik penting, dengan penjelasan yang memadai. 4	Beberapa konsep penting hilang atau dijelaskan secara tidak lengkap/kurang akurat. 4	Banyak konsep penting hilang atau terdapat kesalahpahaman yang signifikan. 4
<b>2. Keterhubungan (Bloom Level 3-6)</b>	Menunjukkan hubungan yang kuat, logis, dan relevan antar semua konsep utama, termasuk <i>cross-links</i> yang bermakna, mendukung pemahaman alur sistematis. 36	Menunjukkan sebagian besar hubungan antar konsep, namun mungkin ada beberapa koneksi yang kurang jelas atau terlewat. 36	Beberapa konsep terhubung, tetapi banyak hubungan penting yang hilang atau tidak logis. 36	Konsep-konsep disajikan secara terisolasi tanpa menunjukkan hubungan yang jelas. 36

Kriteria Penilaian	Sangat Baik (Excellent)	Baik (Good)	Cukup (Fair)	Kurang (Poor)
<b>3. Akurasi Konten</b>	Semua informasi teknis dan matematis disajikan dengan akurat dan tanpa kesalahan. 110	Sebagian besar informasi akurat dengan beberapa kesalahan minor yang tidak signifikan. 110	Terdapat beberapa kesalahan atau ketidakakuratan yang dapat menyesatkan. 110	Banyak kesalahan atau ketidakakuratan yang serius, menunjukkan kesalahpahaman mendasar. 110
<b>4. Struktur/Organisasi (Peta Pengetahuan Prosedural)</b>	Struktur peta (misalnya, <i>flowchart</i> atau <i>diagram alir</i> ) sangat logis, jelas, dan mudah diikuti, merepresentasikan alur pemecahan masalah yang efisien. 29	Struktur peta cukup jelas, namun mungkin ada sedikit ambiguitas dalam alur atau penempatan elemen. 29	Struktur peta kurang jelas atau tidak konsisten, menyulitkan pemahaman alur. 29	Struktur peta sangat kacau atau tidak ada, tidak dapat merepresentasikan proses dengan baik. 29
<b>5. Orisinalitas/Inovasi (Bloom Level 6)</b>	Menyajikan pendekatan baru, sintesis konsep yang inovatif, atau solusi orisinal yang melampaui ekspektasi, menunjukkan pemikiran tingkat tinggi. 4	Menunjukkan beberapa elemen kreatif atau modifikasi yang cerdas dari konsep yang ada. 4	Sedikit atau tidak ada elemen orisinalitas yang terlihat; hanya reproduksi standar. 4	Tidak ada orisinalitas atau inovasi. 4
<b>6. Keterbacaan &amp; Kejelasan Visual</b>	Peta disajikan dengan sangat rapi, jelas, dan estetik; penggunaan simbol, warna, dan tata letak mendukung pemahaman optimal. 109	Peta cukup rapi dan jelas, dengan sedikit perbaikan visual yang dapat meningkatkan keterbacaan. 109	Peta agak berantakan atau kurang jelas, dengan beberapa elemen visual yang mengganggu pemahaman. 109	Peta sangat sulit dibaca atau dipahami karena tata letak yang buruk atau kurangnya kejelasan visual. 109

Rubrik ini sangat penting untuk memastikan asesmen yang adil, konsisten, dan transparan. Bagi mahasiswa, ini menghilangkan misteri dari proses penilaian dengan secara jelas menguraikan apa yang merupakan pekerjaan berkualitas pada setiap tingkat Taksonomi Bloom dan untuk setiap jenis peta pengetahuan. Hal ini memungkinkan mereka untuk melakukan penilaian diri dan memfokuskan upaya mereka untuk memenuhi kriteria tertentu. Bagi dosen, ini menyederhanakan proses evaluasi, mengurangi subjektivitas, dan menyediakan kerangka kerja standar untuk memberikan umpan balik yang konstruktif. Ini juga membantu dalam menjaga kualitas “basis pengetahuan” yang akan dibagikan kepada mahasiswa masa depan, karena hanya peta yang memenuhi ambang kualitas tertentu yang akan “dibeli” dengan nilai yang lebih tinggi.

## **4.5 V. Kesimpulan dan Prospek Masa Depan**

### **4.5.1 A. Rekapitulasi Manfaat Sistem**

Sistem asesmen berbasis nilai pengetahuan yang diusulkan ini menawarkan pendekatan revolusioner untuk pembelajaran di bidang Sinyal dan Sistem. Dengan mengintegrasikan Taksonomi Bloom, peta pengetahuan, dan mekanisme “Knowledge Marketplace” yang digamifikasi, sistem ini berpotensi:

- Menciptakan lingkungan pembelajaran yang sangat memotivasi dan menarik, mendorong partisipasi aktif dan rasa kepemilikan mahasiswa terhadap pembelajaran mereka.
- Mendorong pemahaman mendalam dan penguasaan konsep di berbagai tingkat kognitif, dari mengingat dasar hingga menciptakan solusi inovatif.
- Membangun komunitas pembelajar yang saling berbagi dan berkontribusi pada pengetahuan, menciptakan siklus pembelajaran yang berkelanjutan dan dinamis.
- Menghasilkan artefak pembelajaran yang berharga dan berkelanjutan, yang dapat dimanfaatkan oleh generasi mahasiswa berikutnya.

### **4.5.2 B. Tantangan dan Arah Pengembangan Lanjutan**

Meskipun memiliki potensi besar, implementasi sistem ini juga akan menghadapi beberapa tantangan yang memerlukan pertimbangan dan pengembangan lebih lanjut:

- **Skalabilitas Asesmen:** Dengan bertambahnya jumlah mahasiswa dan kompleksitas karya, proses penilaian secara manual akan sangat memakan waktu. Oleh karena itu, integrasi AI untuk otomatisasi sebagian proses asesmen, seperti analisis struktur peta dan identifikasi kesenjangan pengetahuan, akan menjadi kunci untuk menjaga efisiensi dan memungkinkan umpan balik yang lebih sering.

- **Jaminan Kualitas Konten:** Penting untuk mengembangkan mekanisme yang kuat guna memastikan akurasi, relevansi, dan kualitas peta pengetahuan yang diunggah. Ini mungkin melibatkan proses *peer review*, validasi oleh asisten dosen, atau pengembangan algoritma AI yang lebih canggih untuk verifikasi konten.
- **Pencegahan Kecurangan:** Seperti sistem asesmen lainnya, potensi penyalahgunaan (misalnya, plagiarisme atau ketergantungan berlebihan pada AI tanpa pemahaman mendalam) harus dimitigasi melalui desain tugas yang cermat, deteksi plagiarisme, dan pendidikan etika akademik.
- **Pengembangan Platform:** Membangun atau mengadaptasi platform digital yang mampu mendukung semua fitur yang diusulkan, termasuk integrasi mata uang digital, sistem pembayaran fiat, dan indeksasi nilai, akan menjadi proyek yang signifikan. Platform ini harus user-friendly, aman, dan dapat diandalkan.

Dengan mengatasi tantangan-tantangan ini secara proaktif dan terus mengembangkan sistem berdasarkan umpan balik dan data, “Knowledge Marketplace” ini dapat menjadi model asesmen yang transformatif, tidak hanya meningkatkan pencapaian belajar tetapi juga menumbuhkan budaya inovasi dan kolaborasi di kalangan mahasiswa teknik.

## 5 Konsep “Jurnal Belajar” dengan Git/GitHub

Tentu, gagasan membuat jurnal belajar mingguan sangat bagus. Ini akan melengkapi sistem asesmen Anda dengan memberikan wawasan tentang proses metakognitif mahasiswa—bagaimana mereka berpikir tentang belajar itu sendiri. Menggunakan Git atau GitHub adalah cara yang sangat cerdas untuk melakukannya, karena ia menawarkan fitur pelacakan, kolaborasi, dan sejarah versi yang sangat sesuai dengan konsep jurnal ini.

Berikut adalah konsep jurnal belajar mahasiswa yang memanfaatkan Git/GitHub.

Jurnal belajar ini bukan sekadar buku harian, melainkan sebuah artefak digital yang mencatat perjalanan mahasiswa dalam menciptakan karya pengetahuan. Setiap entri mingguan akan berfungsi sebagai “komit” dalam repositori Git.

---

### 5.0.1 Struktur Repositori dan Jurnal

Setiap mahasiswa akan memiliki repositori GitHub pribadi untuk mata kuliah ini (atau Anda dapat menyediakan sebuah template repositori). Strukturnya bisa sederhana:

- **README.md**: Halaman utama repositori yang berisi panduan dan tautan ke entri jurnal mingguan.
- **jurnal\_belajar/**: Sebuah direktori yang berisi file Markdown untuk setiap jurnal mingguan, misalnya `minggu_1.md`, `minggu_2.md`, dan seterusnya.

Setiap file Markdown mingguan (`minggu_1.md`, misalnya) akan memiliki struktur yang seragam:

Markdown

```
# Jurnal Belajar - Minggu 1
```

```
**Tanggal:** [Tanggal Entri]
```

```
**Topik/Karya:** [Deskripsi singkat karya pengetahuan yang sedang dibuat]
```

```
---
```

### Perjuangan dan Tantangan (Masalah)

- \* [Deskripsikan masalah yang Anda temui. Misalnya: "Saya kesulitan memahami hubungan antara ..."]
- \* [Tantangan teknis, konseptual, atau lain-lain.]

---

### Terobosan dan Solusi (Solusi)

- \* [Jelaskan momen "aha!" atau solusi yang Anda temukan. Misalnya: "Setelah menonton video ..."]
- \* [Bagaimana Anda mengatasi masalah yang dicatat di atas?]

---

### Tools dan Sumber Daya yang Digunakan (Alat)

- \* [Cantumkan semua alat yang Anda gunakan. Contoh: "Notebook Python untuk simulasi, YouTube ..."]

---

### Lesson Learned (Pembelajaran)

- \* [Ringkas pembelajaran utama yang Anda dapatkan dari proses ini. Ini adalah kesimpulan Anda ...]
- \* [Apa yang akan Anda lakukan secara berbeda di minggu depan?]

---

## 5.0.2 Alasan Menggunakan Git/GitHub

Memanfaatkan Git dan GitHub untuk jurnal ini memberikan beberapa manfaat utama:

1. **Pelacakan Sejarah (Versi Kontrol):** Setiap “komit” yang dibuat oleh mahasiswa adalah sebuah snapshot dari pemikiran mereka pada waktu tertentu. Ini memungkinkan Anda dan mahasiswa untuk melacak evolusi pemahaman mereka dari waktu ke waktu. Mahasiswa bisa melihat bagaimana pemahaman mereka berkembang dari “kesulitan” menjadi “solusi” di akhir semester.
2. **Transparansi dan Akuntabilitas:** Semua komit tercatat dengan cap waktu. Ini memastikan bahwa mahasiswa secara konsisten merefleksikan proses belajar mereka. Anda dapat melihat frekuensi dan kualitas refleksi mereka.
3. **Keahlian Teknis:** Mahasiswa secara tidak langsung akan belajar menggunakan alat Git yang sangat relevan dalam industri rekayasa perangkat lunak dan data. Ini memberikan mereka keterampilan tambahan yang berharga.

4. **Repositori Publik/Privat:** Repositori ini dapat disetel sebagai publik (untuk berbagi dengan angkatan berikutnya jika diizinkan) atau privat. Ini memberi fleksibilitas terkait privasi mahasiswa.
- 

### 5.0.3 Cara Menilai Jurnal Belajar

Jurnal ini dapat menjadi bukti kuantitatif untuk **tingkat Taksonomi Bloom yang lebih tinggi**, terutama **Level 5 (Mengevaluasi)** dan **Level 6 (Menciptakan)**. Anda bisa memberikan poin penilaian berdasarkan:

- **Konsistensi:** Seberapa sering mahasiswa melakukan entri.
- **Kualitas Refleksi:** Seberapa dalam mereka menganalisis tantangan dan terobosan. Apakah mereka hanya mencatat, atau benar-benar merenungkan prosesnya?
- **Kejelasan “Lesson Learned”:** Apakah kesimpulan mereka ringkas, jelas, dan menunjukkan pemahaman yang kuat?

Jurnal ini akan menjadi pelengkap yang sempurna untuk “Knowledge Marketplace” Anda, karena ia tidak hanya mengukur produk akhir (peta pengetahuan) tetapi juga memvalidasi proses intelektual yang mendasarinya.

## 6 Summary

In summary, this book has no content whatsoever.