

# **PERANCANGAN SISTEM INFORMASI AKADEMIK BERBASIS WEB**

## **Proposal Tugas Akhir**

Oleh

**John Doe  
18299000**



**PROGRAM STUDI SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA  
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**

**Oktober 2025**

# LEMBAR PENGESAHAN

## PERANCANGAN SISTEM INFORMASI AKADEMIK BERBASIS WEB

### Proposal Tugas Akhir

Oleh

**John Doe**  
**18299000**

Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung

Proposal Tugas Akhir ini telah disetujui dan disahkan  
di Bandung, pada tanggal 28 Oktober 2025

Pembimbing

Dr. Ir. John Doe, M.T.

NIP. 123456789

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR GAMBAR . . . . .</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL . . . . .</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR KODE . . . . .</b>	<b>vi</b>
<b>I PENDAHULUAN . . . . .</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang . . . . .	1
I.2 Rumusan Masalah . . . . .	2
I.3 Tujuan . . . . .	3
I.4 Batasan Masalah . . . . .	3
I.5 Metodologi . . . . .	4
<b>II STUDI LITERATUR . . . . .</b>	<b>6</b>
II.1 Krisis Hipertensi . . . . .	6
II.1.1 Hipertensi Urgensi (Hypertensive Urgency) . . . . .	6
II.1.2 Hipertensi Emergensi (Hypertensive Emergency) . . . . .	6
II.1.3 Faktor Pemicu Utama . . . . .	6
II.1.4 Prosedur Diagnostik . . . . .	7
II.1.5 Prinsip Tatalaksana Hipertensi Emergensi . . . . .	7
II.2 Konsep Digital Twin dalam Kesehatan . . . . .	8
II.3 Landasan Pemodelan Prediktif Klinis . . . . .	8
II.3.1 Sumber Data dan Pra-pemrosesan . . . . .	8
II.3.2 Feature Engineering . . . . .	9
II.4 Model Machine Learning dan Evaluasi . . . . .	9
II.4.1 Metrik Evaluasi . . . . .	9
II.5 Explainable AI (XAI) dalam Medis . . . . .	10
II.6 Penelitian Terkait dan Posisi Penelitian . . . . .	11
<b>III ANALISIS MASALAH . . . . .</b>	<b>12</b>
III.1 Analisis Kondisi Saat Ini . . . . .	12
III.2 Analisis Kebutuhan . . . . .	12
III.2.1 Identifikasi Masalah Pengguna . . . . .	12
III.2.2 Kebutuhan Fungsional . . . . .	13
III.2.3 Kebutuhan Nonfungsional . . . . .	13
III.3 Analisis Pemilihan Solusi . . . . .	14

III.3.1 Alternatif Solusi . . . . .	14
III.3.2 Analisis Penentuan Solusi . . . . .	14
<b>IV DESAIN KONSEP SOLUSI . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>V RENCANA SELANJUTNYA . . . . .</b>	<b>17</b>

## **DAFTAR GAMBAR**

## **DAFTAR TABEL**

## **DAFTAR KODE**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Hipertensi merupakan tantangan kesehatan masyarakat global dan faktor risiko utama yang berkontribusi pada morbiditas dan mortalitas akibat penyakit kardiovaskular, seperti stroke dan gagal jantung (Reges et al., 2020). Data WHO (2023) mengindikasikan bahwa 1,28 miliar orang dewasa di seluruh dunia hidup dengan hipertensi, sebuah angka yang sejalan dengan tingginya prevalensi di Indonesia.

Permasalahan fundamental dalam manajemen hipertensi saat ini terletak pada paradigmanya yang bersifat reaktif. Intervensi klinis sering kali baru dilakukan setelah diagnosis ditegakkan atau setelah terjadi fluktuasi tekanan darah (TD) yang signifikan (Savoia et al., 2017; Carey et al., 2018).. Kelemahan dari pendekatan reaktif ini adalah kegagalannya dalam mengantisipasi dan mencegah episode akut yang paling berbahaya yaitu krisis hipertensi. Kondisi darurat medis ini terjadi ketika tekanan darah sistolik dan diastolik melebihi 180/120 mmHg, yang secara langsung berpotensi menyebabkan kerusakan pada organ target (Talle et al., 2023).

Peluang untuk transisi menuju manajemen proaktif kini terbuka melalui pemanfaatan machine learning (ML) pada data runtun waktu (time-series) klinis. Dataset publik beresolusi tinggi, seperti MIMIC-IV (Medical Information Mart for Intensive Care), menyediakan rekaman data vital sign seperti nilai TD per jam, dan intervensi medis secara longitudinal (Johnson et al., 2023). Data ini memungkinkan pelatihan model prediktif. Secara khusus, model ensemble seperti Random Forest (RF) atau XGBoost telah menunjukkan performa state-of-the-art dalam menangani data tabular kompleks yang dihasilkan dari proses feature engineering pada data runtun waktu untuk memprediksi luaran klinis (S et al., 2024; Izonin et al., 2024).

Meskipun demikian, akurasi prediktif yang tinggi (high-fidelity) saja belum men-



cukupi untuk adopsi klinis. Hambatan utama dalam implementasi machine learning di lingkungan berisiko tinggi seperti perawatan kesehatan adalah sifat "black box". Masalah "black box" pada machine learning di bidang kesehatan merujuk pada kurangnya transparansi dan interpretabilitas dari model-model kompleks seperti deep learning, sehingga sulit bagi klinisi dan pasien untuk memahami alasan di balik prediksi atau rekomendasi yang dihasilkan (Poon & Sung, 2021; Rudin, 2018). Model-model ini sering kali kurang memiliki transparansi internal karena meskipun mampu menghasilkan prediksi (output) yang akurat, model tersebut tidak dapat memberikan justifikasi yang mudah dipahami manusia atas keputusan yang diambil (Elshaw et al., 2019). Kurangnya transparansi internal pada model dapat menghambat kepercayaan dan akuntabilitas, sehingga penting untuk mengembangkan sistem yang memungkinkan penelusuran dan verifikasi alasan di balik setiap rekomendasi atau peringatan otomatis (Visco et al., 2023).

Untuk mengatasi kesenjangan antara akurasi dan interpretabilitas ini, disiplin Explainable AI (XAI) menjadi sangat krusial. Metode XAI, khususnya metode atribusi post-hoc seperti SHAP (SHapley Additive exPlanations), menawarkan solusi yang kuat. SHAP, yang didasarkan pada teori permainan kooperatif, mampu mengkal-kulasi kontribusi spesifik dari setiap fitur masukan terhadap deviasi prediksi model dari nilai dasarnya (Khan et al., 2024; Ali et al., 2023). Pendekatan ini secara efektif memberikan penjelasan yang terukur mengenai alasan di balik terbentuknya suatu prediksi tertentu (Nohara et al., 2021).

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan Digital Twin berbasis data sebagai purwarupa sistem pendukung keputusan klinis (CDSS) yang dirancang untuk memadukan akurasi dan transparansi. Konsep ini merujuk pada model yang digerakkan oleh algoritma machine learning seperti Random Forest dan XGBoost, bukan pada simulasi fisiologis mekanistik yang bersifat menyeluruh. Melalui integrasi antara model prediktif yang andal dan metode penjelasan SHAP, penelitian ini bertujuan menjembatani kesenjangan dalam adopsi sistem cerdas dengan menghadirkan alat yang mampu memberikan peringatan tentang apa yang diprediksi sekaligus menjelaskan alasan di balik prediksi tersebut.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang proses feature engineering untuk mengubah data runtun waktu (time-series) berfrekuensi tinggi dari MIMIC-IV menjadi set fitur

tabular yang relevan untuk memprediksi krisis hipertensi?

2. Bagaimana mengembangkan dan mengevaluasi model machine learning (XGBoost/RF) untuk mencapai akurasi prediksi risiko krisis hipertensi jangka pendek yang optimal?
3. Bagaimana mengimplementasikan metode SHAP untuk menganalisis model yang telah dilatih dan memberikan penjelasan yang dapat ditafsirkan (interpretable) untuk setiap prediksi risiko individu?
4. Bagaimana Purwarupa Digital Twin Hipertensi berbasis machine learning dapat dirancang untuk menampilkan hasil prediksi dan rasionalisasi SHAP secara user-friendly bagi pengguna?

### **I.3 Tujuan**

Tujuan utama pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengekstraksi kohort pasien yang relevan dan membangun pipeline feature engineering untuk memproses data runtun waktu dari MIMIC-IV.
2. Mengembangkan dan memvalidasi model prediktif (XGBoost/RF) yang akurat untuk memberikan peringatan dini (early warning) krisis hipertensi.
3. Mengaplikasikan SHAP untuk mengidentifikasi faktor-faktor klinis utama/fitur yang paling berkontribusi terhadap prediksi risiko tinggi, sehingga memberikan transparansi pada keluaran model.
4. Merancang dan membangun Purwarupa Digital Twin sederhana dan interaktif untuk mendemonstrasikan hasil prediksi dan rasionalisasi SHAP secara user-friendly bagi pengguna.

### **I.4 Batasan Masalah**

Batasan-batasan masalah yang diambil dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan, pengembangan, dan evaluasi purwarupa dalam lingkungan simulasi. Penelitian ini tidak mencakup implementasi klinis di rumah sakit atau uji coba prospektif pada pasien nyata.
2. Sumber data difokuskan namun tidak terbatas pada dataset publik anonim MIMIC-IV. Kohort pasien berasal dari lingkungan ICU, sehingga generalisasi model ke populasi hipertensi umum (rawat jalan) memerlukan validasi lebih lanjut.
3. Model Digital Twin yang dimaksud penulis merujuk pada model prediktif berbasis data (XGBoost/RF), bukan model simulasi fisiologis mekanistik yang

komprehensif.

4. Eksplorasi model terbatas pada algoritma Machine Learning. Metode Explainable AI yang diimplementasikan adalah SHAP (SHapley Additive Explanations) namun kajian lebih dalam untuk validasi tetap diperlukan.
5. Keluaran sistem adalah skor risiko dan penjelasan fitur (SHAP values), yang berfungsi sebagai pendukung keputusan, bukan sebagai diagnosis medis otomatis.

## I.5 Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain studi berupa pemodelan komputasi dan analisis data sekunder. Alur penelitian (research workflow) dirancang secara sistematis dalam beberapa tahapan utama yang saling berurutan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Tahapan-tahapan tersebut akan dielaborasi secara rinci dalam Bab 3, namun secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. **Studi Literatur dan Akuisisi Data** Tahap awal penelitian mencakup studi literatur mendalam mengenai hipertensi, krisis hipertensi, arsitektur Digital Twin di bidang kesehatan, model machine learning (khususnya XGBoost/RF), dan implementasi Explainable AI (XAI) menggunakan SHAP. Secara paralel, dilakukan proses akuisisi data dengan mengakses dan mengunduh dataset anonim MIMIC-IV dari PhysioNet, setelah memenuhi persyaratan etika data.
2. **Pra-Pemrosesan dan Ekstraksi Kohort** Data mentah MIMIC-IV yang berukuran sangat besar akan diproses. Tahap ini berfokus pada:
  - Ekstraksi Kohort: Mendefinisikan kriteria inklusi dan eksklusi (misalnya, pasien dewasa dengan diagnosis hipertensi, ketersediaan data vital sign minimal 24 jam) untuk menyaring dan memilih populasi studi yang relevan.
  - Pembersihan Data: Menangani data yang hilang (missing values), data yang tidak konsisten, dan normalisasi data.
3. **Feature Engineering** Ini adalah tahap krusial untuk mengubah data runtun waktu (time-series) berfrekuensi tinggi menjadi format data tabular yang statis dan siap digunakan oleh model ML. Proses ini mencakup ekstraksi fitur-fitur yang relevan secara klinis, seperti fitur agregat (misal, rata-rata, min, maks TD dalam 3 jam), fitur tren (misal, slope atau kemiringan grafik TD dalam 1 jam terakhir), dan fitur temporal (misal, waktu sejak pemberian obat anti-hipertensi terakhir).
4. **Pengembangan Model Prediktif** Pada tahap ini, data tabular yang telah bersih dibagi menjadi data latih (training set) dan data uji (testing set). Model

ensemble (diprioritaskan XGBoost atau Random Forest) akan dilatih menggunakan data latih untuk memprediksi target outcome yang telah didefinisikan (misalnya, probabilitas terjadinya krisis hipertensi dalam  $N$  jam ke depan).

5. **Evaluasi Kinerja dan Analisis Penjelasan (XAI)** Model yang telah dilatih akan dievaluasi kinerjanya menggunakan data uji dengan metrik standar seperti Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve (AUC-ROC), Akurasi, Presisi, dan Recall. Setelah model divalidasi, metode SHAP akan diaplikasikan untuk:
  - Secara Global: Mengidentifikasi fitur apa yang paling berpengaruh secara umum terhadap prediksi model (SHAP Summary Plot).
  - Secara Lokal: Menganalisis prediksi individu untuk memahami kontribusi spesifik setiap fitur pada kasus pasien tertentu (SHAP Force Plot).
6. **Perancangan Purwarupa dan Visualisasi** Sebagai tahap akhir, sebuah purwarupa (prototype) dashboard visualisasi sederhana akan dikembangkan (misalnya menggunakan Streamlit atau Dash). Dashboard ini akan mensimulasikan fungsionalitas Digital Twin dengan menampilkan prediksi risiko (output model) beserta penjelasannya (output SHAP) secara interpretable.

## **BAB II**

### **STUDI LITERATUR**

#### **II.1 Krisis Hipertensi**

[cite\_start]Krisis Hipertensi merupakan suatu kondisi medis serius yang ditandai oleh peningkatan tekanan darah yang dapat menimbulkan komplikasi yang serius. [cite\_start]Kondisi ini umumnya terjadi ketika tekanan darah sistolik (TDS) melebihi 180 mmHg. [cite\_start]Identifikasi dan tatalaksana segera sangat penting untuk mencegah kerusakan organ. [cite\_start]Krisis ini diklasifikasikan berdasarkan keberadaan kerusakan organ target akut. [cite\_end]

##### **II.1.1 Hipertensi Urgensi (Hypertensive Urgency)**

[cite\_start]Hipertensi Urgensi ditandai dengan peningkatan TD yang parah yaitu TD sistolik melebihi 180 mmHg tanpa kerusakan organ target akut yang baru atau progresif (Stat Pearls 2023) [cite : 353]. [cite\_start]Gejala yang mungkin dialami pasien dalam kondisi urgensi cenderung non-spesifik, mencakup sakit kepala berkepanjangan, mimisan, pusing, atau kegelisahan (MSF 2023) [cite : 354]. [cite\_start]Karena ketiadaan kerusakan organ akut, tatalaksana diarahkan pada penurunan tekanan darah. [cite\_end]

##### **II.1.2 Hipertensi Emergensi (Hypertensive Emergency)**

[cite\_start]Hipertensi Emergensi adalah kondisi yang memerlukan intervensi segera karena adanya kerusakan organ target akut. [cite\_start]Kondisi ini dicirikan oleh TD yang sangat tinggi yaitu TD sistolik melebihi 180 mmHg. [cite\_start]Kerusakan organ yang dapat terjadi meliputi sistem saraf, yang dapat memunculkan gejala seperti kejang atau stroke. [cite\_start]Selain itu, kerusakan juga dapat terjadi pada jantung, memicu gagal jantung atau disfungsi ginjal. [cite\_end]

##### **II.1.3 Faktor Pemicu Utama**

[cite\_start]Salah satu penyebab paling umum krisis hipertensi pada pasien dengan riwayat hipertensi adalah ketidakpatuhan pasien, yang berarti kegagalan mengikuti jadwal dan dosis pengobatan antihipertensi. [cite\_end]

363].<sup>[cite\_start]</sup> *Faktor pemicu lain meliputi kondisi seperti preeklampsia atau eklampsia dalam keluhan yang dapat meningkatkan TD, misalnya obat antiinflamasi nonsteroid atau stimulan seperti kafein.* 364].

#### II.1.4 Prosedur Diagnostik

<sup>[cite\_start]</sup> *Evaluasi pasien dengan kecurigaan krisis hipertensi harus dilakukan dengan cepat untuk mengonfirmasi diagnosis.* 366]. *Rangkaian tes diagnostik yang direkomendasikan mencakup :*

Pemeriksaan laboratorium, seperti Hitung Darah Lengkap, Panel Metabolik Lengkap untuk menilai fungsi ginjal, dan enzim jantung seperti Troponin serta BNP untuk menilai cedera miokard (BMJ Best Practice 2024)<sup>[cite: 367, 368]</sup>.<sup>[cite\_start]</sup>

Pemeriksaan urin untuk mengevaluasi fungsi ginjal (BMJ Best Practice 2024)<sup>[cite: 369]</sup>.<sup>[cite\_start]</sup>

Pemeriksaan pencitraan dan jantung: EKG dilakukan untuk menilai irama jantung, sedangkan Rontgen Dada dapat mendeteksi gagal jantung kongestif (BMJ Best Practice 2024)<sup>[cite: 370]</sup>.<sup>[cite\_start]</sup>

Jika ada gejala neurologis seperti nyeri kepala hebat, CT scan kepala diindikasikan untuk menyingkirkan perdarahan intrakranial atau stroke (StatPearls 2024)<sup>[cite: 371]</sup>.

#### II.1.5 Prinsip Tatalaksana Hipertensi Emergensi

<sup>[cite\_start]</sup> *Tatalaksana pada Hipertensi Emergensi membutuhkan rawatan dan pengawasan ketat.* 373].<sup>[cite\_start]</sup> *Tujuan utama terapi adalah mengurangi tekanan darah secara bertahap dan aman.* 374].<sup>[cite\_start]</sup> *Penurunan TD yang terlalu cepat harus dihindari karena berisiko memicu iskemia serebral.* 375].<sup>[cite\_start]</sup> *Untuk target penurunan umum, pedoman klinis merekomendasikan penurunan TD sebesar 25% dalam 1 jam.* 376].<sup>[cite\_start]</sup> *Setelahnya, TD diturunkan secara bertahap menuju 160/100–110 mmHg dalam waktu 2 hingga 6 jam berikutnya (BMJ Best Practice 2024)*<sup>[cite: 377]</sup>.

## II.2 Konsep Digital Twin dalam Kesehatan

[cite<sub>s</sub>,start]KonsepDigitalTwin, yangberasaldariindustrimanufaktur, merujukpadarepresentasi virtual dari aset fisik [379]. [cite<sub>s</sub>,start]Kembarandigitalinidiperbaruisekaradinamismenggunakandatareal –time darimitrafisiknya, memungkinkannyautukmelakukanpemantauan, analisis, dansimulasi [380]. [cite : 380, 382]. Streib&Yli – Harja, 2024)

[cite<sub>s</sub>,start]Dalamkontekskesehatan, DigitalTwinberevolusimenjadimodelvirtualpersonal dari individu [383]. [cite<sub>s</sub>,start]Modelinimengintegrasikandatapasiennmulti –modal, termasukdata fisiologis, dan data klinis [384].

Terdapat dua pendekatan utama dalam membangun Digital Twin kesehatan:

cite<sub>s</sub>,start Model mekanistik, yang mencoba mensimulasikan fisiologi manusia secara komprehensif menggunakan persamaan diferensial dan prinsip-prinsip biologis [cite: 385]. [cite<sub>s</sub>,start]

cite<sub>s</sub>,start Model data-driven atau berbasis data, yang menjadi fokus penelitian ini [cite: 386].

[cite<sub>s</sub>,start]Penelitianinimende finisikan\*\*”DigitalTwinSederhana”\*\*sebagai sebuahpurwarupadigital [387]. [cite<sub>s</sub>,start]Modelinitidakmensimulasikanseluruhbiologi, melainkanbelajardaripoladatahingga [388]. [cite : 388]. [cite<sub>s</sub>,start]Penerapan konsep ini terdapat relevansi untuk manajemen kesehatan [389].

---

## II.3 Landasan Pemodelan Prediktif Klinis

[cite<sub>s</sub>,start]Pengembanganmodeldata –driveninimengikutialurkerjapenemuanpengetahuanyang sistematis [391]. [cite<sub>s</sub>,start]Alurkerjastandarddalamdatascience, seringdisebutsebagai\*\*Knowledge Discovery Process (KDD)\*\* [392]. [cite<sub>s</sub>,start]ProsesKDDterdiri dari Seleksi Data, Pra –pemrosesan, Transformasi, Data Mining (Pemodelan), dan Evaluasi atau Validasi [393, 395]. [cite<sub>s</sub>,start]Setiaptahapmemiliki peran krusial dalam membangun model yang valid dan akurat [396].

### II.3.1 Sumber Data dan Pra-pemrosesan

[cite<sub>s</sub>,start]Penelitianinimemanfaatkandataset\*\*MIMIC – IV\*\* (Medical Information Mart for Intensive Care) [397]. [cite<sub>s</sub>,start]MIMIC – IV adalah database publik berskala besar yang berisi data rekam medis elektronik dari pasien yang dirawat di unit perawatan intensif (ICU) di Beth Israel Deaconess Medical Center [398]. [cite<sub>s</sub>,start]Relevansi dataset ini terletak pada ketersediaan data vital sign beresolusi tinggi, yang

399].<sup>[cite\_start]</sup> *Data ini memungkinkan pelacakan fluktuasi tekanan darah dari jam ke jam, yang*  
400].

### II.3.2 Feature Engineering

<sup>[cite\_start]</sup> *Tahap Transformasi, atau Feature Engineering, adalah langkah fundamental dalam*  
401].<sup>[cite\_start]</sup> *Model machine learning klasik seperti XGBoost tidak dapat memproses data untuk*  
402, 403].<sup>[cite\_start]</sup> *Oleh karena itu, teknik feature engineering diperlukan untuk mengekstraksi*  
403].<sup>[cite\_start]</sup> *Ini melibatkan penerapan **sliding window** (jendela geser) pada data historis pa-*  
404]. *Fitur – fitur ini dapat berupa :*

statistik agregat seperti "mean\_TD\_3 jam" (rata-rata tekanan darah 3 jam terakhir)<sup>[cite: 405]</sup>, <sup>[cite\_start]</sup>

fitur tren seperti "slope\_TD\_1 jam" (kemiringan grafik tekanan darah 1 jam terakhir)<sup>[cite: 405]</sup>, atau <sup>[cite\_start]</sup>

fitur temporal seperti "waktu\_sejak\_obat\_terakhir"<sup>[cite: 405]</sup>.

<sup>[cite\_start]</sup> *Kualitas dari fitur – fitur ini lah yang akan menentukan kinerja dari model*  
406].

---

## II.4 Model Machine Learning dan Evaluasi

<sup>[cite\_start]</sup> *Inti dari proses data mining adalah pemilihan dan penerapan algoritma machine learning*  
409].<sup>[cite\_start]</sup> *Penelitian ini berfokus pada **model ensemble**, yang dikenalkan karena kinerja yang*  
410].<sup>[cite\_start]</sup> *Model ensemble menggabungkan prediksi dari beberapa model yang lebih lemah untuk*  
411].<sup>[cite\_start]</sup> *Dua metode ensemble yang paling populer adalah **Random Forest***  
*\*dan\* **XGBoost** (**Extreme Gradient Boosting**) (Chen & Guestrin, 2016) [cite :*  
412].<sup>[cite\_start]</sup> *XGBoost sering kali menunjukkan kinerja superior pada data tabular terstruktur*  
413].<sup>[cite\_start]</sup> *Keunggulannya terletak pada kemampuannya menangani data yang hilang (missing*  
*over fitting* \* [cite : 414].

### II.4.1 Metrik Evaluasi

<sup>[cite\_start]</sup> *Karena target luaran adalah prediksi risiko krisis hipertensi (masalah klasifikasi biner)*  
415]<sup>[cite\_start]</sup>, *evaluasi kinerja tidak bisa hanya bergantung pada metrik akurasi, terutama pada*



416]. *Metrikevaluasiyanglebihrelevanakandigunakan, seperti :*

**\*\*Precision\*\*** (kemampuan model untuk tidak salah memberi alarm palsu)[cite: 418]. [cite<sub>s</sub>tart]

**\*\*Recall\*\*** (kemampuan model untuk menemukan semua kasus krisis yang sebenarnya)[cite: 418]. [cite<sub>s</sub>tart]

**\*\*F1-Score\*\***[cite: 418].

[cite<sub>s</sub>tart]Secarakhusus, **\*\*AreaUndertheReceiverOperatingCharacteristic ROC\*\***akandigunakansebagaimetrikevaluasiutama[cite : 419].[cite<sub>s</sub>tart]AUC – ROCmengukurkemampuandiskriminatifmodelsecara 420, 422].

---

## II.5 Explainable AI (XAI) dalam Medis

[cite<sub>s</sub>tart]MasalahfundamentaldenganmodelensembleyangkuatsepertiXGBoostadalahsi fati  
\*”kotakhitam”(black box)\*\*[cite : 424]. [cite<sub>s</sub>tart]Modelinidapatmenghasilkanprediksiyangsa  
425]. [cite<sub>s</sub>tart]Dalamdomainberisikotinggisepertikedokteran, akurasisajatidakcukup(Ahma  
426]. [cite<sub>s</sub>tart]Kebutuhanakankepercayaan(trust), transparansi, danakuntabilitas(accountabi  
\*ExplainableAI(XAI) \*sebagaiikonponenwajib[cite : 428].

[cite<sub>s</sub>tart]Implementasi**\*\*SHAP\*\***akanmenghasilkanduaajenispenjelasanutamayangkrusia  
429].

**\*\*Interpretabilitas Global\*\*** (SHAP Summary Plot): Menunjukkan fitur apa saja, seperti ”slope\_TD\_1jam”, yang memiliki dampak paling besar secara keseluruhan pada prediksi model[cite: 430]. [cite<sub>s</sub>tart]

**\*\*Interpretabilitas Lokal\*\*** (SHAP Force Plot atau Waterfall Plot): Menjelaskan secara rinci mengapa satu prediksi spesifik dibuat untuk satu pasien individu pada satu waktu tertentu[cite: 431].

[cite<sub>s</sub>tart]Kemampuanuntukmemberikanalasdibaliksetiapperingat

432].

---

## II.6 Penelitian Terkait dan Posisi Penelitian

[cite<sub>s</sub>start] *Penelitian ini beradadi persimpangan tiga domain riset aktif : pemodelan prediktif di I*  
435]. [cite<sub>s</sub>start] *Tinjauan pustaka menunjukkan bahwa dataset MIMIC-IV telah banyak diguna*  
436]. [cite<sub>s</sub>start] *Studi-studi ini memvalidasi penggunaan MIMIC-IV untuk pemodelan runtun*  
437].

[cite<sub>s</sub>start] *Kombinasi XGBoost dan SHAP telah muncul sebagai \* state - of -*  
*the-art\* untuk membangun model klinis yang interpretable [cite : 438] [cite<sub>s</sub>start], terbukti dalam*  
*infark miokard (Jia et al., 2023) [cite : 439].*

[cite<sub>s</sub>start] *Kebaruhan (novelty) dan posisi penelitian ini terletak pada sintesis unik dari ketiga domain*  
441] :

**\*\*Fokus Spesifik:\*\*** Fokus secara spesifik pada **\*\*prediksi risiko krisis hipertensi\*\*** di lingkungan ICU, sebuah masalah kritis yang sering terabaikan [cite:  
442]. [cite<sub>s</sub>start]

**\*\*Horizon Waktu:\*\*** Mengembangkan dan membandingkan model pada beberapa horizon waktu (misalnya, prediksi jangka pendek  $N$ -jam vs. jangka menengah  $M$ -jam), yang akan memberikan wawasan klinis lebih dalam [cite: 443]. [cite<sub>s</sub>start]

**\*\*Kontribusi Utama:\*\*** Pengembangan purwarupa Digital Twin fungsional yang menyajikan peringatan dini yang **\*\*dapat dijelaskan dan ditindaklanjuti\*\*** (*explainable and actionable insights*) secara **\*real-time\*** (tersimulasi) menggunakan SHAP [cite: 444, 446].

Apakah Anda ingin saya melanjutkan ke Bab III atau ada bagian lain dari file LaTeX Anda yang ingin Anda periksa?

## **BAB III**

### **ANALISIS MASALAH**

#### **III.1 Analisis Kondisi Saat Ini**

Menurut Laudon dan Laudon (2020), gambarkan terlebih dahulu model konseptual sistem yang ada saat ini. Model konseptual ini berisi berbagai komponen atau subsistem dan interaksi antarsubsistem tersebut. Setelah itu, berikan penjelasan tentang masalah yang ada pada sistem tersebut. Paragraf berikut berisi contoh penjabaran masalah sistem informasi fasilitas kesehatan untuk pasien (Pressman 2019).

#### **III.2 Analisis Kebutuhan**

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

##### **III.2.1 Identifikasi Masalah Pengguna**

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultr-

cies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

### **III.2.2 Kebutuhan Fungsional**

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

### **III.2.3 Kebutuhan Nonfungsional**

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent

per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

### **III.3 Analisis Pemilihan Solusi**

#### **III.3.1 Alternatif Solusi**

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

#### **III.3.2 Analisis Penentuan Solusi**

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius,

eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit  
ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.

## **BAB IV**

### **DESAIN KONSEP SOLUSI**

Ilustrasikan desain konsep solusi dalam bentuk model konseptual dan penjelasan secara ringkas, beserta perbedaannya dengan sistem saat ini. Ilustrasi harus dapat dibandingkan (*before and after*). Karena masih berupa proposal, bab ini hanya berisi gambar desain konsep solusi tersebut dan penjelasan perbandingannya dengan gambar sistem yang ada saat ini (yang tergambar di awal Bab III).

## **BAB V**

### **RENCANA SELANJUTNYA**

Jelaskan secara detail langkah-langkah rencana selanjutnya, hal-hal yang diperlukan atau akan disiapkan, dan risiko dan mitigasinya, yang meliputi:

1. Rencana implementasi, termasuk alat dan bahan yang diperlukan, lingkungan, konfigurasi, biaya, dan sebagainya.
2. Desain pengujian dan evaluasi, misalnya metode verifikasi dan validasi.
3. Analisis risiko dan mitigasi, misalnya tindakan selanjutnya jika ada yang tidak berjalan sesuai rencana.



## DAFTAR PUSTAKA

*Buku Praktis Bahasa Indonesia 1/Kata - Wikisumber bahasa Indonesia.* 2024. Diakses pada Oktober 22, 2025. [https://id.wikisource.org/wiki/Buku\\_Praktis\\_Bahasa\\_Indonesia\\_1/Kata](https://id.wikisource.org/wiki/Buku_Praktis_Bahasa_Indonesia_1/Kata).

Laudon, Kenneth C., dan Jane P. Laudon. 2020. *Sistem Informasi Manajemen*. Jakarta: Pearson Education.

Pressman, Roger S. 2019. *Rekayasa Perangkat Lunak: Pendekatan Praktisi*. Yogyakarta: McGraw-Hill Education.