

**PERANCANGAN SISTEM DIGITAL TWIN
SEDERHANA UNTUK PREDIKSI KADAR
GLUKOSA DARAH BERDASARKAN DATA
SIMULATIF PASIEN DIABETES**

Proposal Tugas Akhir

Oleh

**Daffari Adiyatma
18222003**



**PROGRAM STUDI SISTEM DAN TEKNOLOGI INFORMASI
SEKOLAH TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
Desember 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN SISTEM DIGITAL TWIN SEDERHANA UNTUK PREDIKSI KADAR GLUKOSA DARAH BERDASARKAN DATA SIMULATIF PASIEN DIABETES

Proposal Tugas Akhir

Oleh

Daffari Adiyatma
18222003

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 20 November 2025

Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Suhono Harso Supangkat, M. Eng.
NIP. 196212031988111001

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR KODE	vi
I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan	4
I.4 Batasan Masalah	4
I.5 Metodologi	5
I.5.1 Studi Literatur	5
I.5.2 Analisis Kebutuhan dan Perancangan Sistem	6
I.5.3 Implementasi Sistem	6
I.5.4 Validasi dan Evaluasi	7
II STUDI LITERATUR	8
II.1 Penulisan Gambar, Tabel, Rumus, dan Kode	8
II.1.0.1 Gambar	8
II.1.0.2 Tabel	8
II.1.0.3 Rumus	9
II.1.1 Algoritma, Pseudocode, atau Kode	9
II.2 Beberapa Kesalahan Penulisan yang Sering Terjadi	10
II.2.1 Penggunaan kata "di mana" atau "dimana"	10
II.2.2 Penggunaan kata "sedangkan" dan "sehingga"	10
II.2.3 Penggunaan Istilah yang Tidak Baku	11
III ANALISIS MASALAH	12
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	13
III.3.1 Alternatif Solusi	13

III.3.2 Analisis Penentuan Solusi	13
IV DESAIN KONSEP SOLUSI	15
V RENCANA SELANJUTNYA	16
LAMPIRAN A: SOURCE CODE	19
LAMPIRAN B: HASIL SURVEI	20

DAFTAR GAMBAR

II.1	Contoh gambar jaringan	9
------	----------------------------------	---

DAFTAR TABEL

II.1	Tabel harga bahan pokok	9
II.2	Tabel harga bahan sekunder	10
II.3	Contoh penggunaan kata ”sedangkan” dan ”sehingga”	10

DAFTAR KODE

II.1	Contoh pseudocode	9
II.2	Contoh source code Python	10

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Penyakit diabetes melitus (DM) merupakan salah satu masalah kesehatan global yang paling serius pada abad ke-21. Menurut laporan International Diabetes Federation (IDF) tahun 2024, jumlah penderita diabetes di Indonesia mencapai lebih dari 19 juta orang dan diperkirakan terus meningkat seiring dengan perubahan gaya hidup dan urbanisasi cepat di kawasan Asia Tenggara (International Diabetes Federation 2024). Diabetes tidak hanya berdampak pada kadar glukosa darah yang tinggi, tetapi juga berisiko menimbulkan komplikasi kronis seperti penyakit jantung, gagal ginjal, neuropati, dan kebutaan (World Health Organization 2023).

Sebagian besar sistem pengelolaan diabetes di Indonesia masih bersifat reaktif. Data dari Indonesia (2019) dan Knowledge Sourcing Intelligence (2020) menunjukkan bahwa sebagian besar kasus diabetes di Indonesia tidak terdiagnosis, dengan hanya sekitar 26% penderita yang mengetahui status penyakitnya. Hal ini sejalan dengan tinjauan sistematis oleh Alkaff dkk. (2021) yang menyimpulkan bahwa sistem kesehatan di Indonesia masih berfokus pada pendekatan kuratif dibandingkan pencegahan. Penggunaan continuous glucose monitoring (CGM) dan insulin pump telah terbukti membantu pasien dalam memantau kadar glukosa secara real-time dan menyesuaikan dosis insulin secara lebih presisi (Battelino, Danne, Bergenstal, dkk. 2019). Selain itu, pendekatan berbasis machine learning mulai digunakan untuk memprediksi fluktuasi glukosa darah berdasarkan data historis pasien Woldaregay, Årsand, Walderhaug, dkk. (2019). Teknologi digital twin, yang merupakan replika virtual dari kondisi fisiologis pasien, mulai diterapkan dalam manajemen diabetes untuk mensimulasikan respons metabolik pasien terhadap berbagai skenario pengobatan (Bruynseels, Santoni de Sio, dan Hoven 2018).

Penelitian terkini oleh Rad dkk. (2024) mengusulkan framework digital twin komprehensif berbasis Personal Health Knowledge Graph (PHKG) yang mampu mengintegrasikan data dari Electronic Health Records (EHR), wearable devices, dan mobile

health applications dengan standar HL7 FHIR. Framework ini telah terbukti efektif dalam prediksi glukosa dengan Root Mean Square Error (RMSE) 19,83 mg/dL dan mampu memberikan rekomendasi insulin personal serta saran diet yang disesuaikan. Penelitian serupa oleh Zhang dkk. (2024) mengintegrasikan machine learning dengan data multiomic untuk memprediksi progresi diabetes tipe 2, menunjukkan potensi digital twin dalam personalized medicine. Cappon, Facchinetti, dan Sparacino (2024) dalam systematic review mereka menemukan bahwa meskipun pendekatan digital twin menjanjikan, sebagian besar implementasinya masih mengandalkan infrastruktur teknologi yang kompleks dan perangkat medis yang mahal.

Meskipun framework-framework tersebut menunjukkan hasil yang menjanjikan, implementasinya menghadapi hambatan signifikan di konteks Indonesia. Pertama, dari sisi infrastruktur digital kesehatan, meskipun pemerintah Indonesia mewajibkan adopsi rekam medis elektronik (EMR) pada akhir 2023, transisi ini masih menghadapi berbagai tantangan teknologi, budaya, dan infrastruktur Harahap dkk. (2024). Studi yang melibatkan 9 provinsi di Indonesia menunjukkan variasi signifikan dalam kesiapan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) antarfasilitas kesehatan, dengan perlunya peningkatan sumber daya manusia (SDM), infrastruktur, perangkat keras, dan optimalisasi sistem informasi untuk mencapai kematangan TIK (Aisyah dkk. 2024). Sebagian besar fasilitas kesehatan belum menyediakan akses terintegrasi ke rekam kesehatan pasien dengan pertukaran informasi yang masih bersifat satu arah, dari fasilitas kesehatan ke pasien (Harahap, Handayani, dan Hidayanto 2023).

Kedua, dari sisi keterjangkauan perangkat monitoring, framework Rad dkk. (2024) mengasumsikan ketersediaan Continuous Glucose Monitoring (CGM) untuk data real-time. Namun, studi Ramadaniati dkk. (2024) menunjukkan bahwa CGM memerlukan biaya setara satu bulan gaji untuk membeli reader dan dua bulan gaji untuk pasokan sensor bulanan, dengan upah minimum harian di Indonesia sekitar US\$3,50. Hal ini menyebabkan CGM tidak terjangkau bagi mayoritas pasien diabetes di Indonesia, terutama mengingat bahwa untuk membeli pasokan pengobatan selama 30 hari (insulin pen, jarum pen, dan monitoring mandiri berdasarkan 5 kali tes per hari), pasien perlu menghabiskan hampir seluruh gaji bulanan mereka.

Ketiga, kompleksitas teknis framework Rad dkk. (2024) yang memerlukan pengembangan ontology berbasis HL7 FHIR, implementasi GLAV (Global-Local as View) framework untuk integrasi data, dan penggunaan Conditional Random Fields untuk mapping data, membutuhkan expertise spesialis yang belum banyak tersedia di Indonesia. Penelitian menunjukkan bahwa di negara berkembang, adopsi EMR berbeda karena beberapa faktor termasuk infrastruktur sistem kesehatan, tingkat pendidikan dan pelatihan tenaga kesehatan, pendanaan, dan penerimaan budaya terhadap

EMR, sehingga di banyak negara berkembang, penggunaan EMR belum sepenuhnya diterapkan (Abodunrin, Akande, dan Osagbemi 2020).

Kondisi ini menciptakan kesenjangan antara potensi teknologi digital twin dengan kemampuan implementasi praktis di lapangan, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia. Diperlukan pendekatan alternatif yang dapat memanfaatkan kemampuan prediktif dan simulatif digital twin tanpa ketergantungan pada infrastruktur yang kompleks dan perangkat keras yang mahal. Penggunaan data simulatif dari dataset terbuka seperti OhioT1DM Dataset dan UVA/Padova T1D Simulator dapat menjadi alternatif untuk mengembangkan dan menguji sistem prediktif diabetes sebagai proof-of-concept sebelum implementasi klinis yang lebih luas.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan utama dalam tugas akhir ini adalah kesenjangan antara framework digital twin yang canggih (seperti yang dikembangkan oleh Rad dkk. (2024)) dengan kemampuan implementasi di Indonesia yang terkendala oleh keterbatasan infrastruktur EHR, tingginya biaya perangkat monitoring real-time, dan kompleksitas teknis yang memerlukan expertise spesialis. Kesenjangan ini penting untuk diatasi karena mayoritas penderita diabetes di Indonesia (74%) belum terdiagnosis dan memerlukan sistem prediktif yang terjangkau untuk deteksi dini dan manajemen yang lebih baik.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan framework digital twin yang disederhanakan berbasis data simulatif, yang tidak memerlukan infrastruktur kompleks namun tetap mampu memberikan prediksi yang akurat. Secara spesifik, rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang arsitektur sistem digital twin yang disederhanakan untuk prediksi kadar glukosa darah tanpa ketergantungan pada Personal Health Knowledge Graph dan infrastruktur HL7 FHIR?
2. Bagaimana mengimplementasikan model prediktif glukosa darah menggunakan pendekatan machine learning langsung berbasis data simulatif dari dataset publik?
3. Bagaimana metode validasi yang tepat untuk memastikan hasil prediksi sistem digital twin yang disederhanakan memiliki akurasi yang sebanding dengan pendekatan state-of-the-art?

4. Bagaimana sistem digital twin yang disederhanakan ini dapat digunakan sebagai alat bantu prediksi yang feasible untuk implementasi di fasilitas kesehatan dengan keterbatasan infrastruktur?

I.3 Tujuan

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengembangkan framework digital twin yang disederhanakan berbasis data simulatif untuk prediksi kadar glukosa darah pada pasien diabetes, yang feasible diimplementasikan di Indonesia tanpa memerlukan infrastruktur kompleks dan perangkat monitoring real-time yang mahal.

Secara khusus, tujuan yang ingin dicapai meliputi:

1. Merancang arsitektur sistem digital twin yang disederhanakan dengan pendekatan machine learning langsung, tanpa memerlukan pengembangan knowledge graph dan integrasi HL7 FHIR.
2. Mengembangkan modul prediktif kadar glukosa berbasis machine learning (LSTM atau Random Forest) yang dapat bekerja dengan data minimal dari dataset simulatif publik.
3. Melakukan validasi terhadap hasil prediksi sistem menggunakan dataset terbuka (OhioT1DM Dataset atau UVA/Padova Simulator) dengan metrik evaluasi standar seperti RMSE, MAE, dan Clarke Error Grid Analysis.
4. Mengevaluasi akurasi dan reliabilitas sistem dalam memprediksi perubahan kadar glukosa darah dan membandingkannya dengan baseline pendekatan yang ada.

Kriteria keberhasilan tugas akhir ini adalah terciptanya prototipe sistem yang mampu menghasilkan prediksi kadar glukosa dengan akurasi yang sebanding dengan state-of-the-art (target $RMSE \leq 25$ mg/dL) namun dengan kompleksitas implementasi yang jauh lebih rendah, sehingga dapat menjadi proof-of-concept untuk implementasi di fasilitas kesehatan dengan infrastruktur terbatas.

I.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh hal-hal berikut:

1. Data yang digunakan berasal dari dataset terbuka (OhioT1DM Dataset atau UVA/Padova Simulator) tanpa pengumpulan data pasien nyata.

2. Sistem tidak melibatkan perangkat keras, sensor IoT, atau integrasi dengan sistem EHR yang ada.
3. Fokus penelitian adalah pada pengembangan dan pengujian sistem digital twin berbasis perangkat lunak dengan pendekatan machine learning langsung, tanpa implementasi Personal Health Knowledge Graph.
4. Model hanya mencakup prediksi kadar glukosa berdasarkan variabel pendukung yang tersedia dalam dataset (asupan karbohidrat, dosis insulin, aktivitas fisik), tanpa melibatkan faktor genetik, psikologis, atau data multiomic.
5. Evaluasi dilakukan terhadap performa sistem dalam skenario simulatif sebagai proof-of-concept, bukan pada uji klinis langsung dengan pasien nyata.
6. Sistem yang dikembangkan berfokus pada satu use case utama yaitu prediksi glukosa darah, tidak mencakup optimasi insulin atau rekomendasi meal planning.

I.5 Metodologi

Metodologi penelitian ini terdiri dari lima tahap utama:

I.5.1 Studi Literatur

Melakukan kajian pustaka terhadap konsep Digital Twin, pengelolaan penyakit diabetes, serta penelitian terdahulu terkait model simulatif dan prediktif. Sumber literatur berasal dari jurnal ilmiah bereputasi seperti IEEE Xplore, ScienceDirect, Nature Digital Medicine, dan Journal of Personalized Medicine. Pencarian literatur dilakukan dengan kata kunci “digital twin diabetes”, “glucose prediction machine learning”, “diabetes simulation model”, “simplified digital twin framework”, dan kombinasi kata kunci terkait.

Literatur yang dikumpulkan kemudian dikelompokkan berdasarkan tema: (a) konsep dan arsitektur digital twin dalam kesehatan, dengan fokus pada framework state-of-the-art seperti Rad et al. (Rad dkk. 2024) dan Zhang et al. (Zhang dkk. 2024); (b) metode prediksi glukosa darah menggunakan machine learning dan deep learning; (c) dataset simulatif diabetes yang tersedia secara publik; (d) metrik evaluasi sistem prediktif kesehatan; dan (e) tantangan implementasi teknologi kesehatan digital di negara berkembang.

I.5.2 Analisis Kebutuhan dan Perancangan Sistem

Menentukan kebutuhan fungsional sistem digital twin yang disederhanakan, dengan fokus pada:

- **Pengelolaan data simulatif:** Kemampuan untuk membaca, memproses, dan menyimpan data dari dataset publik dalam format yang konsisten.
- **Modul preprocessing:** Pembersihan data, normalisasi, dan feature engineering untuk persiapan training model.
- **Modul prediksi:** Implementasi model machine learning untuk prediksi glukosa darah.
- **Modul evaluasi:** Perhitungan metrik akurasi dan visualisasi hasil prediksi.

Mendesain arsitektur sistem yang terdiri dari tiga komponen utama yang disederhanakan:

1. **Data Management Module:** Modul untuk loading dan preprocessing data dari dataset publik (OhioT1DM atau UVA/Padova), tanpa perlu integrasi dengan sistem EHR atau sensor real-time.
2. **Simplified Patient Digital Model:** Representasi pasien berbasis feature vector yang berisi variabel-variabel penting (glucose history, carbohydrate intake, insulin dosage, physical activity) tanpa menggunakan knowledge graph.
3. **Prediction Engine:** Model machine learning (LSTM atau Random Forest) yang dilatih untuk memprediksi kadar glukosa darah berdasarkan data historis, dengan fokus pada efisiensi komputasi dan kemudahan deployment.

I.5.3 Implementasi Sistem

Mengembangkan sistem berbasis Python dengan menggunakan framework dan library berikut:

- **Data processing:** Pandas, NumPy untuk manipulasi data
- **Machine learning:** Scikit-learn untuk model tradisional (Random Forest, SVM)
- **Deep learning:** TensorFlow atau PyTorch untuk model LSTM/GRU
- **Visualisasi:** Matplotlib, Seaborn untuk visualisasi hasil prediksi

- **Evaluasi:** Implementasi metrik RMSE, MAE, dan Clarke Error Grid Analysis

Membangun model digital twin dengan pendekatan data-driven menggunakan dataset simulatif, dengan tahapan:

1. Eksplorasi dan analisis dataset untuk memahami distribusi dan karakteristik data
2. Feature engineering untuk mengekstrak fitur-fitur yang relevan
3. Splitting data menjadi training, validation, dan testing set
4. Training model dengan hyperparameter tuning
5. Evaluasi performa model pada test set

I.5.4 Validasi dan Evaluasi

Melakukan pengujian model dengan metrik evaluasi berikut:

- **Root Mean Square Error (RMSE):** Mengukur rata-rata deviasi prediksi dari nilai aktual
- **Mean Absolute Error (MAE):** Mengukur rata-rata absolut error
- **Clarke Error Grid Analysis (EG):** Mengukur clinical accuracy dengan mengkategorikan error berdasarkan risk

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1 Penulisan Gambar, Tabel, Rumus, dan Kode

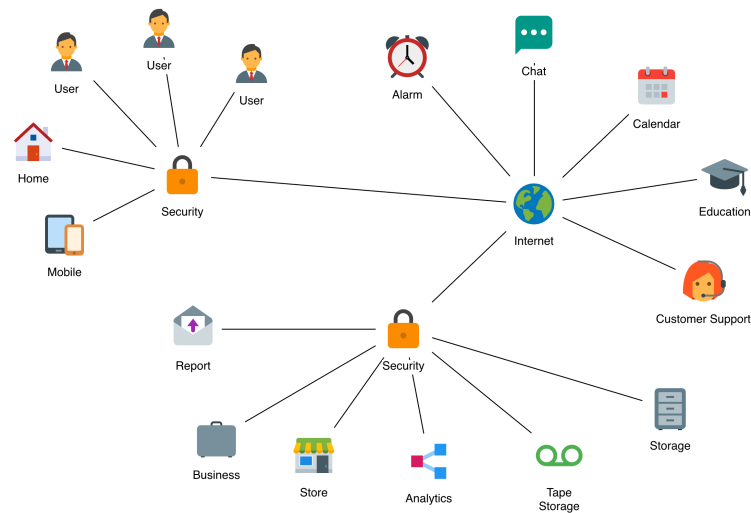
Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

II.1.0.1 Gambar

Penomoran subbab maksimum adalah 4 (empat) tingkat, seperti pada nomor subbab ini. Contoh gambar dapat dilihat pada Gambar II.1. Gambar dan judulnya diposisikan di tengah. Nomor gambar tidak diakhiri tanda titik. Gambar tersebut dibuat menggunakan aplikasi draw.io dan disimpan ke format PNG setelah dengan zoom setting pada angka 300%. Ukuran gambar yang ditampilkan dapat diatur dengan mengubah nilai *width* dalam sintaks *includegraphics*.

II.1.0.2 Tabel

Contoh tabel dapat dilihat pada Tabel II.1 dan II.2. Tabel dan judulnya dibuat rata kiri dan judul tabel diletakkan di atas tabel. Usahakan tabel dapat ditulis dalam satu halaman, tidak terpotong ke halaman berikutnya.



Gambar II.1 Contoh gambar jaringan

Tabel II.1 Tabel harga bahan pokok

Nama	Satuan	Harga
Buku	Exemplar	25000
Komputer	Unit	2500000
Pensil	Buah	118900

II.1.0.3 Rumus

Contoh rumus matematika dapat ditulis seperti pada Persamaan II.1 di bawah ini. Penomoran persamaan diletakkan di sebelah kanan, dan rumus ditulis dalam mode *display math*.

$$E = mc^2 \quad (\text{II.1})$$

II.1.1 Algoritma, Pseudocode, atau Kode

Contoh penulisan algoritma atau pseudocode dapat ditulis seperti pada Kode II.1 di bawah ini. Gunakan paket *listings* untuk menulis source code dalam bahasa pemrograman tertentu, seperti pada Kode II.2.

Kode II.1 Contoh pseudocode

```

ALGORITHM HelloWorld
    PRINT "Hello, World!"
END ALGORITHM

```

Tabel II.2 Tabel harga bahan sekunder

Nama	Satuan	Harga
Buku	Exemplar	25000
Komputer	Unit	2500000
Pensil	Buah	118900

Kode II.2 Contoh source code Python

```
def hello_world():
    print("Hello, World!")
hello_world()
```

II.2 Beberapa Kesalahan Penulisan yang Sering Terjadi

II.2.1 Penggunaan kata "di mana" atau "dimana"

Banyak yang menuliskan kata "di mana" atau "dimana" sebagai pengganti kata "which" dalam bahasa Inggris. Padahal, penggunaan kata "di mana" atau "dimana" tidak tepat dalam konteks tersebut. Demikian juga untuk kata serupa, misalnya "yang mana". Kata "di mana" atau "dimana" ini harus diganti dengan kata lain, seperti "dengan", "tempat", "yang", dan sebagainya tergantung kalimatnya. Penjelasan lengkap dapat dilihat pada (Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa 2023).

II.2.2 Penggunaan kata "sedangkan" dan "sehingga"

Tabel II.3 Contoh penggunaan kata "sedangkan" dan "sehingga"

Penggunaan kata	Salah	Benar
sedangkan	Sedangkan sistem lama masih digunakan oleh banyak pengguna.	Sistem lama masih digunakan oleh banyak pengguna, sedangkan sistem baru belum siap.
sehingga	Sehingga sistem lama masih digunakan oleh banyak pengguna.	Sistem lama masih digunakan oleh banyak pengguna sehingga sistem baru belum siap.

Kata "sedangkan" dan "sehingga" adalah kata hubung atau konjungsi. Konjungsi adalah kata atau ungkapan yang menghubungkan satuan bahasa (kata, frasa, klausa, dan kalimat). Konjungsi dapat dibagi menjadi konjungsi intrakalimat dan antarkalimat. Kata "sedangkan" menghubungkan dua klausa yang bersifat kontrasif,

sedangkan ”sehingga” menghubungkan dua klausa yang bersifat kausal. Dalam ragam formal, kata hubung “sedangkan” dan “sehingga” hanya dapat digunakan sebagai konjungsi intrakalimat sehingga kedua konjungsi itu **tidak dapat diletakkan pada awal kalimat**. Selain itu, penggunaan kata ”sedangkan” harus didahului oleh koma (,), sedangkan kata ”sehingga” tidak perlu didahului oleh koma (,). Contoh penggunaan yang benar dan salah dapat dilihat pada Tabel II.3.

II.2.3 Penggunaan Istilah yang Tidak Baku

Ada beberapa istilah yang sering digunakan dalam pembicaraan sehari-hari, tetapi tidak baku dalam penulisan ilmiah. Beberapa istilah tersebut antara lain:

1. analisa → analisis
2. eksisting atau existing → yang ada atau saat ini
3. bisnis proses → proses bisnis
4. user → pengguna
5. system → sistem
6. database → basis data
7. aktifitas → aktivitas
8. efektifitas → efektivitas
9. sosial media → media sosial

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 ultricies 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 consetetuer. 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

- Abodunrin, O., T. Akande, dan G. Osagbemi. 2020. "Awareness and Perception Toward Electronic Health Records Among Healthcare Professionals in a Developing Country". *Health Information Management Journal* 49 (2-3): 98–107.
- Aisyah, D. N., A. H. Setiawan, A. F. Lokopessy, N. Faradiba, S. Setiaji, L. Manikam, dan Z. Kozlakidis. 2024. "The Information and Communication Technology Maturity Assessment at Primary Health Care Services Across 9 Provinces in Indonesia: Evaluation Study". *JMIR Medical Informatics* 12:e55959.
- Alkaff, F. F., A. A. Suwantika, R. Abdulah, dan K. Lestari. 2021. "Challenges and Opportunities in the Management of Diabetes Mellitus in Indonesia: A Systematic Review". *Journal of Global Health Science* 3 (2): e25. <https://doi.org/10.35500/jghs.2021.3.e25>.
- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. 2023. *Penggunaan Kata "Di Mana"*. <https://badanbahasa.kemdikbud.go.id>.
- Battelino, T., T. Danne, R. M. Bergenstal, dkk. 2019. "Clinical Targets for Continuous Glucose Monitoring Data Interpretation". *Diabetes Care* 42 (8): 1593–1603.
- Bruynseels, K., F. Santoni de Sio, dan J. van den Hoven. 2018. "Digital Twins in Health Care: Ethical Implications of an Emerging Engineering Paradigm". *Frontiers in Genetics* 9:31.
- Cappon, G., A. Facchinetti, dan G. Sparacino. 2024. "Digital Twins in Type 1 Diabetes: A Systematic Review". *npj Digital Medicine* 7 (1): 55–68.
- Harahap, N. C., P. W. Handayani, dan A. N. Hidayanto. 2023. "Integrated Personal Health Record in Indonesia: Design Science Research Study". *JMIR Medical Informatics* 11:e44784.

- Harahap, N. C., P. W. Handayani, A. N. Hidayanto, dan I. Budi. 2024. "An Exploratory Study of Electronic Medical Record Implementation and Record-keeping Culture: The Case of Hospitals in Indonesia". *BMC Health Services Research* 24:199.
- Indonesia, Kementerian Kesehatan Republik. 2019. *Laporan Nasional Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018*. Menunjukkan sebagian besar kasus diabetes di Indonesia belum terdiagnosis. Jakarta, Indonesia: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI. <https://www.litbang.kemkes.go.id/laporan-riset-kesehatan-dasar-riskesdas-2018/>.
- International Diabetes Federation. 2024. *IDF Diabetes Atlas 11th Edition*. Technical report. Brussels: International Diabetes Federation.
- Knowledge Sourcing Intelligence. 2020. *Indonesia Diabetes Devices (SMBG & POCT, CGM, Insulin Pens & Pumps) Market Outlook to 2023*. Technical report.
- 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.
- Rad, F. S., R. Hendawi, X. Yang, dan J. Li. 2024. "Personalized Diabetes Management with Digital Twins: A Patient-Centric Knowledge Graph Approach". *Journal of Personalized Medicine* 14 (4): 359.
- Ramadaniati, H. U., Y. Anggriani, M. Lepeska, D. Beran, dan M. Ewen. 2024. "Availability, Price and Affordability of Insulin, Delivery Devices and Self-Monitoring Blood Glucose Devices in Indonesia". *PLOS ONE* 19 (10): e0309350.
- Woldaregay, A. Z., E. Årsand, S. Walderhaug, dkk. 2019. "Data-Driven Modeling and Prediction of Blood Glucose Dynamics: Machine Learning Applications in Type 1 Diabetes". *Artificial Intelligence in Medicine* 98:109–134.
- World Health Organization. 2023. *Global Report on Diabetes*. Technical report. Geneva: World Health Organization.
- Zhang, X., dkk. 2024. "A Framework Towards Digital Twins for Type 2 Diabetes". *Frontiers in Digital Health* 6:1336050.

LAMPIRAN A: SOURCE CODE

LAMPIRAN B: HASIL SURVEI