

PENGEMBANGAN ALAT PEMBANGKIT SKENARIO PENGUJIAN DARI DIAGRAM BPMN



Disusun Oleh:

N a m a : Fikri Achmad Fauzi
NIM : 21523012

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA – PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENGEMBANGAN ALAT PEMBANGKIT SKENARIO
PENGUJIAN DARI DIAGRAM BPMN**

TUGAS AKHIR



Yogyakarta, 12 November 2025

Pembimbing,



(Dr. Novi Setiani, S.T, M.T)

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENGEMBANGAN ALAT PEMBANGKIT SKENARIO PENGUJIAN DARI DIAGRAM BPMN

TUGAS AKHIR

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer dari Program Studi Informatika – Program Sarjana di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 12 November 2025

Tim Penguji

DR. Novi Setiani, S.T., M.T.

Anggota 1

Mukhammad Andri Setiawan, S.T., M.Sc.,
Ph.D.

Anggota 2

Sri Mulyati, S.Kom., M.Kom.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika – Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Thomas Hatta Fudholi, S.T., M.Eng., Ph.D.)

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fikri Achmad Fauzi

NIM : 21523012

Tugas akhir dengan judul:

PENGEMBANGAN ALAT PEMBANGKIT SKENARIO PENGUJIAN DARI DIAGRAM BPMN

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, tugas akhir yang diajukan sebagai hasil karya sendiri ini siap ditarik kembali dan siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini dibuat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 20 Oktober 2025



(Fikri Achmad Fauzi)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahillāhi rabbil ‘ālamīn. Segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta’ala, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, atas limpahan rahmat, hidayah, dan pertolongan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya tercinta, atas segala doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang tiada henti dalam setiap langkah hidup saya. Terima kasih atas cinta dan kesabaran yang selalu menjadi sumber kekuatan bagi saya. Semoga karya sederhana ini menjadi amal jariyah dan wujud kecil dari rasa syukur dan bakti saya kepada kalian, serta mendapat ridha dari Allah Subhanahu wa Ta’ala.

HALAMAN MOTO

“Yesterday is history, tomorrow is a mystery, but today is a gift. That is why it is called the present”

(Master Oogway)

“Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah: 6)

“Tidak ada mimpi yang gagal, yang ada hanyalah mimpi yang tertunda, sekiranya merasa gagal dalam mencapainya, jangan khawatir, mimpi – mimpi lain bisa diciptakan“

(Windah Basudara)

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Subhānahu wa Ta‘ālā, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Alhamdulillah rabbil ‘ālamīn, segala puji bagi Allah atas limpahan rahmat, hisayah, dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “PENGEMBANGAN ALAT PEMBANGKIT SKENARIO PENGUJIAN DARI DIAGRAM BPMN” ini dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan pada Program Studi Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak akan dapat terlaksana tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Allah Swt, atas segala rahmat, petunjuk, dan kekuatan yang senantiasa diberikan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta, atas doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang tidak pernah berhenti dalam setiap langkah hidup penulis.
3. Kakak saya, atas dukungan, motivasi, dan semangat yang turut membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen Program Studi Informatika Universitas Islam Indonesia, yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
5. Ibu Dr. Novi Setiani, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing, atas kesabaran, arahan, dan bimbingannya yang sangat berarti dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
6. Seluruh anggota “GRUP PENUH BERKAH MELIMPAH” yaitu Angga, Maul, Rizqdwani, Luqman, Vahri, Rizky PD, Wisnu, Octav, Agung, Ahsan, Fadhlani, Rafli, Bima, Adiv, dan Wildan yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Seluruh anggota Student Staff, khususnya divisi Event Organizer, atas kebersamaan, pengalaman, dan kerja sama yang berharga selama dua tahun ini.
8. Teman – teman seperjuangan, khususnya Siraj, Yasmin, Nadia, dan Gito, atas dukungan, semangat, dan waktu yang telah diluangkan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
9. Serta seluruh pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, namun telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih masih jauh dari sempurna, Oleh karena itu, penulis dengan tulus menerima segala kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan di masa mendatang. Penulis berharap karya ini dapat memberikan manfaat dan keberkahan, baik bagi penulis sendiri maupun bagi pihak lain yang membutuhkan, serta menjadi kontribusi kecil dalam pengembangan di bidang teknologi informasi.

Yogyakarta, 20 Oktober 2025

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized cursive letters that appear to read 'Fikri' followed by a horizontal line and a flourish.

(Fikri Achmad Fauzi)

SARI

Business Process Model and Notation (BPMN) telah menjadi standar internasional dalam pemodelan proses bisnis karena kemampuannya menggambarkan alur kerja secara visual dan mudah dipahami oleh berbagai pemangku kepentingan. Namun, dalam praktiknya, proses pengujian terhadap model BPMN umumnya masih dilakukan secara manual sehingga membutuhkan waktu yang lama dan rentan terhadap kesalahan. Kondisi ini mendorong perlunya alat bantu otomatis yang mampu menghasilkan skenario pengujian secara langsung dari model BPMN untuk meningkatkan efisiensi pengujian.

Penelitian ini mengusulkan pengembangan alat pembangkit skenario pengujian dari diagram BPMN dengan memanfaatkan algoritma Depth-First Search (DFS) untuk menelusuri seluruh jalur eksekusi dari titik awal hingga titik akhir, serta mengintegrasikan LLM untuk membuat deksripsi skenario pengujian, langkah pengujian, data pengujian, dan hasil yang diharapkan secara otomatis dalam bahasa yang mudah dipahami. Sistem dikembangkan menggunakan arsitektur *Spring Boot* sebagai *backend* dengan pustaka *Camunda Model API* untuk membaca elemen BPMN, dan *React.js* sebagai *frontend* yang menampilkan hasil analisis dan visualisasi jalur uji.

Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan arsitektur, perancangan antarmuka, implementasi sistem, serta pengujian menggunakan pendekatan *Black Box* dan *Usability Testing*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat secara akurat membaca dan menelusuri model BPMN, menghasilkan skenario pengujian yang sesuai konteks, serta memperoleh skor *System Usability Scale (SUS)* yang menunjukkan kategori “Good” atau “Acceptable”. Melalui pengembangan ini, proses pembuatan skenario pengujian menjadi lebih cepat, konsisten, dan mudah digunakan baik dari kalangan teknis maupun non – teknis.

Kata kunci: BPMN, Depth-First Search, Otomatisasi Pengujian, Skenario Pengujian

GLOSARIUM

BPMN (Business Process Model and Notation)	Notasi grafis berstandar global untuk memvisualisasikan dan memodelkan proses bisnis
Camunda Model API	Pustaka berbasis Java yang digunakan untuk membaca dan memproses file BPMN
DFS (Depth-First Search)	Algoritma penelusuran yang mencari jalur secara mendalam dari satu titik ke titik lainnya dalam suatu struktur data seperti graf atau pohon.
Skenario Pengujian	Rangkaian langkah yang dirancang untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan alur dan tujuan yang diharapkan
Data Uji (Test Data)	Kumpulan data masukan yang digunakan dalam pelaksanaan skenario pengujian untuk menguji berbagai kondisi sistem.
LLM (Large Language Model)	Model kecerdasan buatan berskala besar yang dilatih menggunakan data teks untuk memahami, berinteraksi, dan menghasilkan bahasa alami
System Usability Scale (SUS)	Metode penilaian yang digunakan untuk mengukur tingkat kemudahan dan kenyamanan pengguna dalam menggunakan suatu sistem
Black Box Testing	Teknik pengujian perangkat lunak yang menilai keluaran berdasarkan masukan tanpa melihat cara kerja internal program
Gateway	Titik percabangan atau penggabungan alur dalam suatu proses yang menentukan arah jalannya kegiatan berikutnya
Start Event	Titik awal dari suatu proses atau kegiatan dalam diagram proses bisnis
End Event	Titik akhir dari suatu proses yang menandakan seluruh kegiatan telah selesai
Sequence Flow	Panah atau garis penghubung yang menunjukkan urutan atau aliran antar langkah dalam proses bisnis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
SARI.....	ix
GLOSARIUM.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Pengujian Perangkat Lunak	7
2.2 Business Process Model and Notation(BPMN)	8
2.3 Depth-First Search(DFS)	9
2.4 Metode Skenario Pengujian BPMN	9
2.5 Pemilihan Metode Skenario Pengujian dan Teknologi Pendukung	16
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Pengembangan Sistem	19
3.1.1 Analisis Kebutuhan	19
3.1.2 Perancangan Alat Arsitektur	22
3.1.3 Perancangan Antarmuka	25
3.1.4 Implementasi Sistem	31
3.2 Pengujian.....	33
3.2.1 Black Box Testing.....	33
3.2.2 Usability Testing	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Implementasi Sistem	36
4.1.1 Pemrosesan Model BPMN.....	36
4.1.2 Implementasi Algoritma Depth-First Search (DFS)	37
4.1.3 Integrasi Large Language Model (LLM)	42
4.2 Tampilan Antarmuka Sistem	44
4.2.1 Menu Unggah Model BPMN	44
4.2.2 Menu Pembuatan Skenario Pengujian Secara Otomatis	45
4.2.3 Menu Hasil Alur Skenario Pengujian	46
4.2.4 Menu Riwayat File BPMN	50
4.2.5 Fitur Ekspor Hasil Skenario Pengujian	51

4.3	Hasil Black Box Testing	53
4.3.1	Pengujian Autentikasi Pengguna	53
4.3.2	Pengujian Pembuatan Skenario dari Diagram BPMN	54
4.3.3	Pengujian Fitur Riwayat File dan Ekspor Hasil Pengujian.....	55
4.4	Hasil Usability Testing.....	56
4.5	Hasil Analisis Waktu dan Kompleksitas Sistem.....	59
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran.....	65
	DAFTAR PUSTAKA.....	66
	LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Metode Pengujian Pada BPMN	10
Tabel 3. 1 Perbandingan Responden.....	20
Tabel 3. 2 Kebutuhan Fitur Responden	20
Tabel 4. 1 Deskripsi Kolom Hasil Pengujian.....	52
Tabel 4. 2 Skenario Pengujian Autentikasi Pengguna	53
Tabel 4. 3 Skenario Pengujian Pembuatan Skenario dari BPMN.....	54
Tabel 4. 4 Skenario Riwayat File dan Ekspor Hasil Pengujian	56
Tabel 4. 5 Pertanyaan System Usability Scale.....	57
Tabel 4. 6 Hasil Kuesioner System Usability Scale	58
Tabel 4. 7 Hasil Pemrosesan Model BPMN	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses Pengembangan Alat	18
Gambar 3. 2 Diagram Arsitektur Alat Pembangkit Skenario	24
Gambar 3. 3 Diagram Alir Proses Pengujian BPMN	25
Gambar 3. 4 Rancangan Antarmuka Menu login	26
Gambar 3. 5 Rancangan Antarmuka Menu register.....	26
Gambar 3. 6 Rancangan Antarmuka Menu Unggah File BPMN	27
Gambar 3. 7 Rancangan Antarmuka Menu Pembuatan Skenario Pengujian.....	28
Gambar 3. 8 Rancangan Antarmuka Menu Hasil Visualisasi Diagram BPMN	29
Gambar 3. 9 Rancangan Antarmuka Menu Hasil Alur Skenario Pengujian.....	30
Gambar 3. 10 Rancangan Antarmuka Menu Riwayat File BPMN.....	31
Gambar 4. 1 Pemrosesan Model BPMN.....	37
Gambar 4. 2 Potongan Kode Implementasi Pembentukan Struktur BPMN.....	38
Gambar 4. 3 Potongan Kode Implementasi Jalur DFS	39
Gambar 4. 4 Tahap Penelusuran DFS.....	40
Gambar 4. 5 Potongan Kode Pembatasan Algoritma DFS	41
Gambar 4. 6 Potongan Kode Implementasi Integrasi LLM.....	44
Gambar 4. 7 Implementasi Menu Unggah File BPMN	45
Gambar 4. 8 Implementasi Menu Pembuatan Skenario Pengujian.....	46
Gambar 4. 9 Visualisasi Diagram BPMN Hasil Pengujian	47
Gambar 4. 10 Daftar Jalur Skenario Pengujian	48
Gambar 4. 11 Deskripsi dan Langkah Pengujian.....	49
Gambar 4. 12 Data Pengujian dan Hasil yang Diharapkan	50
Gambar 4. 13 Implementasi Riwayat File BPMN	51
Gambar 4. 14 Jendela pop-up ekspor file pengujian.....	52

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan alat pembangkit skenario pengujian dari model Business Process Model and Notation (BPMN) menjadi hal yang krusial di dalam dunia bisnis modern yang mengedepankan efisiensi operasional dan kualitas perangkat lunak. BPMN telah menjadi standar de-facto untuk memodelkan proses bisnis dalam bentuk grafis yang mudah dipahami oleh pemangku kepentingan. Selain itu BPMN juga mempunyai kemampuan untuk menyederhanakan komunikasi antara pihak teknis dan non-teknis terkait proses bisnis yang berjalan dalam suatu organisasi (Schneid et al., 2021).

Penggunaan pendekatan *Business Process Management* (BPM) terus meningkat di berbagai sektor industri. Sebuah laporan industri menunjukkan bahwa sekitar 74% perusahaan melaporkan peningkatan minat dalam penerapan BPM, dengan lebih dari 70% organisasi menggunakan setidaknya satu aplikasi untuk manajemen proses bisnis mereka. Temuan ini mengindikasikan bahwa BPM semakin dipandang sebagai strategi penting untuk meningkatkan efisiensi operasional dan efektivitas pengelolaan alur kerja. (Comidor Team, 2024). Selain itu di dalam sebuah studi evaluasi prototipe pendekatan *no-code* untuk pengujian regresi berbasis BPMN, Selain itu, dalam beberapa tahun terakhir, kebutuhan terhadap otomatisasi proses bisnis dan orkestrasi alur kerja lintas sistem terus meningkat secara signifikan. Berdasarkan laporan dari *State of Process Orchestration 2024* yang diterbitkan oleh Camunda bekerja sama dengan Regina Corso Consulting, sebanyak 96% pengambil keputusan di bidang TI dan bisnis menyatakan bahwa otomatisasi proses merupakan faktor kunci dalam mendukung transformasi digital organisasi, sementara lebih dari 90% perusahaan melaporkan peningkatan efisiensi operasional sebagai hasil penerapan orkestrasi proses bisnis. Namun demikian, laporan yang sama juga mengungkapkan bahwa lebih dari separuh organisasi masih menghadapi kesulitan dalam menyesuaikan inisiatif otomatisasi dengan dinamika perubahan kebutuhan bisnis. Fakta ini menunjukkan bahwa meskipun adopsi otomatisasi proses telah menjadi prioritas global, masih dibutuhkan pendekatan dan alat bantu yang lebih adaptif untuk memastikan setiap proses bisnis dapat diuji dan divalidasi secara konsisten terhadap model yang digunakan (Camunda & Regina Corso Consulting, 2024).

Seiring dengan meningkatnya pemangku kepentingan yang menggunakan BPMN untuk memodelkan proses bisnis mereka, membuat kebutuhan akan pengujian otomatis terhadap

model proses bisnis semakin mendesak. Perusahaan perlu memastikan bahwa model BPMN mereka tidak hanya benar secara sintaksis, tetapi juga sesuai dengan standar kebutuhan operasional. Sehingga pengujian model BPMN sangat penting untuk menjamin proses bisnis berjalan dengan benar, serta untuk menghindari kesalahan dan memastikan alur proses bisnis sudah sesuai dengan kebutuhan perusahaan tersebut.

Walaupun pengujian model BPMN dapat dilakukan secara manual, metode ini masih sangat kurang efisien untuk penggunaan skala besar. Selain model BPMN yang cukup rumit dengan banyak jalur alternatif, BPMN juga membutuhkan pengujian menyeluruh untuk memastikan setiap jalur bekerja sesuai harapan. Pengujian manual sering kali memakan waktu, dan rentan terhadap kesalahan manusia, dan membutuhkan sumber daya yang besar (Lopes, 2023). Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah solusi yang lebih efisien yaitu membuat sebuah alat pengujian otomatis yang dapat membangkitkan skenario pengujian secara langsung dari model yang diujikan.

Sehingga, dibutuhkan solusi yang lebih efisien melalui pengembangan alat pengujian otomatis yang dapat membangkitkan skenario pengujian dari model BPMN. Otomatisasi pengujian dapat mengurangi ketergantungan pada pengujian manual yang berulang - ulang yang membuat hal tersebut menjadi aktivitas membosankan. Otomatisasi pengujian dapat mendeteksi alur proses bisnis yang sedang diuji serta menghasilkan data uji yang sesuai untuk setiap jalur yang terdeteksi. Penelitian telah menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan efektivitas pada pengujian model BPMN, menurunkan biaya dan upaya pengujian, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik. Pendekatan "no-code" untuk pengujian regresi berbasis BPMN juga terbukti menghasilkan proses pembuatan pengujian yang lebih efisien dan kualitas pengujian yang lebih tinggi dalam studi kasus dan proyek di dalam suatu organisasi.

Dalam konteks pengujian secara otomatis, pendekatan sistematis untuk membaca semua jalur eksekusi dari model BPMN yang relevan sangat penting. Algoritma traversal graf seperti Depth-First Search (DFS) telah terbukti efektif dalam eksplorasi jalur secara menyeluruh dalam sistem formal yang merepresentasikan proses bisnis. Contohnya, dalam verifikasi runtime probabilistik proses bpmn, DFS digunakan untuk menemukan semua jalur eksekusi di dalam sistem transisi berlabel (LTS) yang diturunkan dari model bpmn, memungkinkan analisis properti perilaku yang komprehensif dan mencegah adanya jalur dari bpmn yang terlewat (Falcone et al., 2024).

Dalam upaya untuk mengatasi keterbatasan dalam otomatisasi pengujian dan meningkatkan efisiensi pengujian, penelitian terkini telah mulai mengeksplorasi pemanfaatan Large Language Model (LLM) seperti GPT-3 dan GPT-4 (Rehan et al., 2025). Pemanfaatan LLM menunjukkan potensi besar dalam otomatisasi pembuatan skenario pengujian perangkat lunak. Pendekatan ini memungkinkan pembuatan skenario uji berbasis deskripsi kebutuhan yang ditulis dalam bahasa yang mudah dipahami, dan bahkan mampu membantu menemukan kasus - kasus yang jarang terjadi (edge case) yang sering terlewat dalam pengujian manual, sehingga cakupan pengujian dapat ditingkatkan secara signifikan (Sami et al., 2024).

Alat ini juga dapat menghasilkan dokumentasi pengujian dalam bentuk sebuah laporan yang memuat tentang informasi skenario pengujian dan data uji yang telah dibuat, sehingga memudahkan pengembang atau penguji dalam melacak hasil pengujian dan memverifikasi kebenaran proses bisnis yang diujikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pembangkit skenario pengujian dari BPMN. Alat ini akan memiliki fitur utama seperti menerima input file BPMN, membaca dan menganalisis elemen BPMN, mendeteksi jumlah alur yang dapat diuji, membuat data uji untuk setiap alur, dan membangkitkan dokumen berisi hasil pengujian. Dengan demikian, alat ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi serta akurasi dalam pengujian proses bisnis, serta mengurangi risiko kesalahan yang mungkin timbul pada masa proses pengujian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, berikut rumusan masalah di dalam penelitian:

1. Bagaimana cara mengembangkan alat yang mampu membaca dan menganalisis model BPMN secara otomatis untuk mendeteksi jalur proses pengujian yang valid?
2. Bagaimana algoritma Depth-First Search (DFS) dapat diimplementasikan untuk menelusuri seluruh kemungkinan jalur dari model BPMN?
3. Bagaimana tingkat kemudahan penggunaan (usability) dari alat yang dikembangkan berdasarkan hasil evaluasi pengguna?

1.3 Batasan Masalah

Penetapan batasan masalah diperlukan agar penelitian ini memiliki fokus yang jelas dan tidak keluar dari jalur yang telah dirumuskan. Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat yang dikembangkan hanya dapat menerima file BPMN versi 2.0 sebagai input. Jenis file lain atau versi BPMN sebelumnya tidak akan ditangani dalam pengembangan alat ini.
2. Metode penelusuran jalur yang digunakan terbatas pada algoritma Depth-First Search (DFS).
3. Lingkup visualisasi jalur pengujian terbatas pada penyorotan elemen BPMN yang dilewati oleh jalur yang terdeteksi.
4. Hasil penelusuran jalur pengujian tidak optimal apabila elemen dari BPMN yang dilalui tidak memiliki label, karena ketiadaan label dapat mengurangi kejelasan dalam proses identifikasi maupun penyajian jalur.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan alat yang dapat membaca dan menelusuri model BPMN secara otomatis untuk mendukung proses pembuatan skenario pengujian.
2. Menghasilkan skenario pengujian otomatis yang lengkap dan mudah dipahami pengguna.
3. Menyediakan antarmuka yang mudah digunakan dan mengevaluasi efektivitas alat melalui uji coba dengan pengguna.

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat ini dapat mempermudah dan mempercepat proses pembuatan skenario pengujian dari model bpmn.
2. Mengurangi biaya dan waktu pengembangan melalui otomatisasi pengujian serta memastikan keselarasan antara proses bisnis dan implementasi sistem.
3. Memberikan kontribusi pada bidang pengujian perangkat lunak dan pemanfaatan LLM dalam otomatisasi pengujian, serta menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk pengembangan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan: Tahap ini bertujuan untuk melakukan kajian pustaka terkait metode pengujian otomatis pada model BPMN untuk memahami konsep dasar dan metode yang telah ada. Literatur yang digunakan berasal dari jurnal atau artikel yang relevan berkaitan dengan pengujian otomatis berbasis BPMN. Selain itu pengumpulan data juga dilakukan melalui wawancara dengan pengguna yang bertujuan untuk menggali kebutuhan praktis, tantangan yang dihadapi, serta fitur yang diharapkan dari alat yang akan dikembangkan. Hasil dari kajian pustaka dan wawancara tersebut kemudian dirumuskan menjadi kebutuhan fungsional dan non-fungsional pada alat.
2. Perancangan Arsitektur: Berdasarkan hasil dari analisis kebutuhan, alat ini nantinya akan dirancang untuk mendukung fungsi utama berupa otomatisasi pengujian berbasis diagram BPMN. Perancangan arsitektur dilakukan untuk memastikan setiap kebutuhan yang telah diidentifikasi dapat diakomodasi, mulai dari pengolahan model BPMN, penyusunan skenario pengujian, hingga penyajian hasil pengujian.
3. Perancangan Antarmuka: Rancangan antarmuka dalam penelitian ini disusun berbasis web dengan tujuan memberikan kemudahan penggunaan, fleksibel, serta mendukung akses terhadap fungsi utama alat.
4. Implementasi Sistem: Implementasi sistem akan mencakup pembacaan File BPMN menggunakan Algoritma Depth-First Search (DFS) secara rekursif untuk penelusuran jalur, Integrasi dengan *Large Language Model* (LLM), serta membuat visualisasi dari jalur BPMN dan mengunduh hasil dokumen pengujian.
5. Pengujian Sistem: Pengujian pada sistem mencakup aspek fungsionalitas dan usability. Pada bagian fungsionalitas, penilaian difokuskan pada efektivitas alat dalam mendeteksi jalur, kecepatan pemrosesan, serta validitas dokumen yang dihasilkan. Sementara itu, dari sisi usability, evaluasi dilakukan melalui observasi pengguna, seperti frekuensi kesalahan, kendala teknis, waktu penyelesaian tugas, serta dilengkapi dengan pengisian kuesioner berbasis System Usability Scale (SUS) untuk menilai sejauh mana alat dapat dioperasikan oleh pengguna.

1.7 Sistematika Penelitian

Struktur dari Penelitian ini disusun dalam beberapa bab, yang dijelaskan pada pembahasan di bawah ini:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, dan struktur laporan penelitian.

2. BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas literatur yang relevan dengan topik penelitian. Ini mencakup konsep dasar model BPMN, pengujian berbasis model, dan metodologi dan alat yang terkait dengan pembuatan skenario pengujian model BPMN. Selain itu pada bab ini juga berisi referensi artikel penulisan yang diimplementasikan pada setiap sub bab.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metode yang digunakan dalam penelitian secara rinci, mulai dari analisis kebutuhan, perancangan alat, implementasi alat, hingga pengujian alat yang dibuat.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil dari pengembangan alat seperti tampilan, fitur, dan fungsionalitas utamanya. Bab ini juga menjelaskan hasil pengujian untuk menentukan apakah alat tersebut memenuhi kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang didasarkan pada hasil pengujian alat dan pengembangan, serta rekomendasi untuk langkah-langkah penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas tentang landasan teori yang menjelaskan konsep-konsep utama yang digunakan, seperti Business Process Model and Notation (BPMN), algoritma Depth-First Search (DFS), serta pemanfaatan Large Language Model (LLM) dalam otomatisasi pengujian. Dengan landasan teori ini, penelitian diharapkan memiliki landasan yang kuat serta arah pengembangan yang lebih terstruktur sesuai dengan tujuan penelitian.

Selain itu pada bab ini juga akan membahas tentang penelitian sebelumnya yang relevan dengan pengembangan alat pembangkit skenario pengujian berbasis BPMN. Analisis tersebut digunakan untuk mengidentifikasi metode, teknik, serta pendekatan yang relevan untuk mendukung penelitian ini. Selain itu analisis ini juga melakukan perbandingan kelebihan dan kekurangan dari berbagai solusi yang telah diusulkan, sehingga dapat memberikan solusi terbaik dalam mengatasi permasalahan yang dihadapi pada penelitian ini. Sehingga kajian ini diharapkan memberikan solusi yang paling efektif untuk penelitian ini.

2.1 Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak adalah proses sistematis yang bertujuan memastikan bahwa perangkat lunak berjalan sesuai kebutuhan pengguna dan bebas dari kesalahan. Dalam siklus hidup pengembangan perangkat lunak (SDLC), pengujian memiliki peran penting dalam menjamin kualitas, keandalan, dan keamanan sistem sebelum perangkat lunak digunakan secara umum (Wang et al., 2024).

Secara umum, pengujian dapat dilakukan secara manual maupun otomatis. Pengujian manual dilakukan langsung oleh penguji, meskipun lebih lambat, pendekatan ini dinilai lebih komprehensif dan mampu menangani kasus uji yang kompleks secara lebih fleksibel. Sementara itu, pengujian otomatis menggunakan skrip, model, atau mekanisme otomatisasi untuk menjalankan kasus pengujian secara konsisten dan berulang. Dengan semakin kompleksnya sistem, pendekatan otomatis semakin banyak diterapkan karena mampu memperluas cakupan pengujian dan mengurangi kesalahan pada hasil yang dipengaruhi faktor manusia (Chevuturu et al., 2022).

2.2 Business Process Model and Notation(BPMN)

Business Process Model and Notation (BPMN) merupakan kerangka pemodelan bisnis yang diakui secara internasional yang dikembangkan oleh Object Management Group (OMG) untuk menggambarkan proses bisnis dalam bentuk diagram grafis. Kerangka ini dibuat agar dapat dipahami oleh berbagai pihak, mulai dari pengembang sistem, analisis bisnis, hingga manajer organisasi. Oleh sebab itu, BPMN berfungsi sebagai bahasa penghubung yang menyatukan representasi konseptual dari proses bisnis dengan implementasi teknis sistem. BPMN versi 2.0 yang dikembangkan oleh OMG memperkenalkan struktur notasi yang lebih lengkap untuk mendukung pemodelan proses bisnis, kolaborasi antartim, hingga interaksi lintas organisasi. Notasi ini dibangun atas seperangkat elemen inti seperti *activity*, *event*, *gateway*, *flow*, *data*, *swimlanes*, serta elemen tambahan yang memperkaya informasi proses. Pemahaman atas elemen-elemen tersebut penting karena menjadi dasar dalam membangun model BPMN yang konsisten dan mudah dipahami (OBJECT MANAGEMENT GROUP, 2013).

Selain digunakan sebagai standar notasi, BPMN juga banyak dimanfaatkan dalam penelitian, misalnya penelitian yang dilakukan oleh Compagnucci et al., (2023) melalui pengembangan *BPMN Inspector* yang menunjukkan bahwa tingkat pemahaman terhadap elemen-elemen BPMN berpengaruh terhadap penilaian kualitas model. Hasil penelitiannya mengungkapkan bahwa walaupun model BPMN menyediakan ratusan elemen secara teoretis, hanya sebagian kecil yang digunakan dalam praktik, sehingga terdapat kesenjangan antara kompleksitas teoretis dan penerapan praktis notasi BPMN.

Selanjutnya, menurut (Tomas Lopes & Sergio Guerreiro, 2023) menekankan peran BPMN dalam pengujian proses bisnis. Mereka menjelaskan bahwa BPMN dapat mendukung penerapan *Model-Based Testing* (MBT), yaitu pendekatan pengujian yang memungkinkan proses model dapat ditransformasikan menjadi skenario pengujian secara otomatis. Dalam penelitiannya, *BPMN Testing* dikategorikan ke dalam beberapa jenis, seperti *black/grey-box testing*, *integration testing*, dan *regression testing*. Temuan ini memperlihatkan bahwa BPMN tidak hanya berfungsi sebagai alat dokumentasi, tetapi juga sebagai alat formal untuk validasi dan verifikasi proses bisnis.

Dengan demikian, BPMN dapat dipandang bukan semata - mata sebagai notasi visual yang intuitif, melainkan sebagai standar formal yang mendukung validasi, analisis, serta pengujian proses bisnis. Adanya elemen-elemen inti dan aturan formal yang menyertainya membuat BPMN relevan untuk menggambarkan berbagai skenario proses, baik sederhana

maupun kompleks, sehingga memungkinkan integrasi dengan perangkat lunak untuk analisis dan eksekusi otomatis.

2.3 Depth-First Search(DFS)

Depth-First Search (DFS) merupakan salah satu algoritma dasar pada struktur graf yang berfungsi untuk menelusuri simpul (node) dan sisi(edge) dengan pendekatan mendalam sebelum kembali ke simpul sebelumnya. Algoritma ini memiliki peran penting dalam berbagai persoalan graf, seperti *biconnectivity*, *topological*, dan *strong connectivity*. Hingga sampai saat ini, DFS masih menjadi topik kajian dalam bidang komputasi paralel dan optimisasi algoritmik (Chauhan et al., 2025).

Dalam ranah pemodelan dalam proses bisnis, algoritma DFS banyak diterapkan untuk membangkitkan skenario pengujian secara otomatis melalui proses enumerasi terhadap jalur – jalur proses. Menurut Schneid et al., (2021) menjelaskan bahwa adaptasi algoritma DFS dapat digunakan untuk menelusuri seluruh kemungkinan jalur eksekusi pada model BPMN. Hasil penelusuran tersebut nantinya akan diubah menjadi format skenario pengujian semi otomatis yang menggambarkan kompleksitas model secara lebih realistis.

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Si & Yung, (2021) menunjukkan bahwa DFS efektif dalam mengidentifikasi perulangan dan memetakan seluruh lintasan eksekusi secara sistematis. Namun demikian, DFS memiliki keterbatasan dalam menangani model proses yang sangat kompleks karena sifat eksplorasinya yang rekursif dapat menimbulkan *path explosion*. Oleh sebab itu, implementasi DFS pada alat ini disesuaikan dengan mekanisme pembatasan agar tetap efisien dapat digunakan untuk menelusuri model BPMN yang memiliki kompleksitas sangat tinggi.

Berdasarkan uraian tersebut, algoritma DFS berperan sebagai pendekatan yang efisien untuk memahami alur proses bisnis secara menyeluruh. Penerapan algoritma ini pada pemodelan BPMN dapat membantu mengidentifikasi urutan aktivitas yang berpotensi muncul dalam berbagai jalur eksekusi proses bisnis, sehingga membantu memastikan setiap kemungkinan alur proses bisnis dapat dianalisis secara sistematis dan menyeluruh.

2.4 Metode Skenario Pengujian BPMN

Berbagai pendekatan telah dikembangkan pada penelitian terdahulu untuk meningkatkan efektivitas pengujian oleh model bpmn. Metode-metode tersebut dirancang untuk menghasilkan skenario pengujian secara otomatis, memverifikasi jalur proses, serta mengurangi ketergantungan pada keterampilan teknis. Pendekatan tersebut meliputi

transformasi BPMN ke bahasa pengujian fungsional seperti Gherkin melalui model perantara seperti Petri Net atau pencocokan pola secara langsung, verifikasi formal menggunakan Colored Petri Net (CPN), pengujian regresi berbasis antarmuka tanpa kode pemrograman (no-code), hingga tinjauan literatur yang merumuskan kerangka kerja komprehensif untuk pengujian BPMN.

Setiap metode menawarkan kelebihan masing-masing, contohnya seperti kemudahan bagi pengguna tanpa latar belakang teknis, kemampuan deteksi kesalahan logika, atau integrasi dengan pipeline secara otomatis. Namun, masing-masing juga memiliki keterbatasan, misalnya kompleksitas implementasi yang tinggi, risiko kehilangan informasi selama proses transformasi, atau keterbatasan dukungan terhadap seluruh elemen BPMN. Kajian terhadap metode-metode tersebut menjadi dasar konseptual dalam perancangan alat bantu yang lebih efisien dan fleksibel sebagaimana dikembangkan dalam penelitian ini.

Tabel 2. 1 Perbandingan Metode Pengujian Pada BPMN

Metode Pengujian	Peneliti dan Tahun	Masalah yang dihadapi	Solusi	Kelebihan	Kekurangan
Transformasi BPMN ke Gherkin melalui Petri Net	Lukas Strey, Pauline von Olberg (2022).	Memiliki kompleksitas yang tinggi pada jalur eksekusi di dalam BPMN	Melakukan transformasi BPMN ke dalam model Petri Net sebelum diubah ke dalam bentuk skenario Gherkin	Dapat menyederhanakan kompleksitas BPMN dan memungkinkan untuk analisis formal seperti deteksi livelock dan deadlock	Risiko kehilangan informasi penting selama proses transformasi atau proses perubahan.
Transformasi Bpmn ke Gherkin melalui Pencocokan Pola (Pattern Matching)	Lukas Strey, Pauline Von Olberg (2022)	Tidak adanya metode otomatis yang dapat langsung mengonversi model bpmn menjadi skenario pengujian yang mudah dipahami oleh semua pengguna	Menggunakan pendekatan pencocokan pola untuk mengubah elemen bpmn langsung menjadi skenario pengujian pada Gherkin	Lebih mudah dipahami oleh pengguna non-teknis, dapat mempertahankan struktur bpmn, dan tidak memerlukan transformasi tambahan	Proses pencocokan pola dapat menjadi lebih kompleks dan sulit menjaga konsistensi antar elemen dalam model bpmn
Verifikasi Model BPMN menggunakan	Chanon Dechsupa, Wiwat Vatanawood, Arthit	Kesalahan logika dalam BPMN yang dapat menyebabkan	Menggunakan sebuah jaringan <i>Colored Petri Net</i> (CPN) untuk	Proses pengujian model BPMN dapat terbebas dari kesalahan logika, dapat	Memiliki kompleksitas yang tinggi , sehingga diperlukannya ahli teknis yang berpengalaman, kurang

CPN (Colored Petri Net)	Thongtak (2021)	kondisi livelock dan deadlock	menganalisis model BPMN dan memastikan bahwa semua jalur dapat dieksekusi tanpa deadlocks atau livelocks.	mendeteksi jalur yang tidak optimal pada saat pengujian, dapat memberikan sebuah visualisasi bagaimana jalur proses bisnis berjalan dari model pengujian	fleksibel terhadap perubahan model, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama dalam pengujiannya
Pengujian Regresi tanpa kode pemrograman (No Code) untuk BPMN	Konrad Schneid, Leon Stapper, Sebastian Thöne, Herbert Kuchen (2021)	Pengguna tanpa latar belakang teknis mengalami kesulitan dalam melakukan pengujian regresi terhadap model BPMN karena keterbatasan kemampuan teknis.	Mengembangkan antarmuka tanpa kode pemrograman yang memungkinkan pengguna tanpa latar belakang teknis untuk membuat dan menjalankan pengujian regresi secara mandiri	Mempermudah proses pengujian bagi pengguna tanpa latar belakang teknis, meminimalkan kesalahan pengujian manual, serta mendukung integrasi otomatis dalam pipeline Continuous Integration (CI).	Hasil pengujian dapat bervariasi tergantung pada kompleksitas proses dan keterbatasan antarmuka tanpa kode
Tinjauan Literatur dan Pengembangan Kerangka bPERFECT	Tomás Lopes, Sérgio Guerreiro (2023)	Sebagian besar teknik BPMN terbatas dan kurang praktis	Tinjauan literatur dan pengembangan framework bPERFECT untuk pengujian berkelanjutan	Memberikan klasifikasi komprehensif teknik pengujian BPMN dan menyediakan panduan dalam pengembangan alat pengujian pada model BPMN.	Sebagian teknik yang ditinjau tidak mendukung seluruh elemen BPMN, sehingga membatasi implementasi praktis.
Penelusuran Jalur BPMN dengan Depth-First Search (DFS) untuk Pembuatan Skenario Pengujian	Tomás Lopes, Sérgio Guerreiro (2023)	Kesulitan dalam mengekstraksi semua jalur eksekusi dari model BPMN secara otomatis untuk menghasilkan skenario pengujian yang komprehensif.	Menggunakan algoritma Depth-First Search (DFS) dalam komponen <i>Generator</i> untuk menelusuri semua jalur dari start event hingga end event, sehingga	Memastikan cakupan jalur yang menyeluruh yang memungkinkan pembuatan skenario pengujian yang menyeluruh sehingga mempermudah	Metode ini dapat berpotensi menimbulkan permasalahan performa pada model proses dengan tingkat kompleksitas yang tinggi, terutama akibat banyaknya jalur eksekusi yang harus dianalisis.

			secara otomatis menghasilkan skenario uji fungsional dari model BPMN.	otomasi pengujian.	
--	--	--	---	--------------------	--

Berdasarkan hasil tinjauan yang disajikan pada Tabel 2.1, terdapat beberapa pendekatan pengujian terhadap model BPMN yang dikembangkan oleh berbagai peneliti. Setiap metode memiliki kelebihan, kekurangan, serta fokus yang berbeda dalam konteks otomasi dan validasi proses bisnis. Berikut penjelasan masing – masing metode yang dirangkum dalam tabel tersebut.

1. Transformasi BPMN ke Gherkin melalui Petri Net

Metode yang dikembangkan oleh Von Olberg & Strey, (2022), digunakan untuk menyederhanakan kompleksitas dari model BPMN sebelum dikonversi menjadi skenario pengujian berbasis perilaku (BDD). Pendekatan tersebut dilakukan melalui dua tahap transformasi, yakni dari BPMN ke Petri Net, kemudian dari Petri Net ke skenario Gherkin.

Tahap transformasi pertama menuju Petri Net bertujuan untuk memperoleh representasi formal dan matematis dari proses bisnis, sehingga memungkinkan untuk dianalisis formal, seperti deteksi *deadlock*, *livelock*, maupun *task* yang tidak dapat dijangkau. Setelah model tersebut tervalidasi secara formal, hasilnya kemudian akan diterjemahkan oleh pemangku kepentingan, baik yang berlatar belakang teknis dan non-teknis.

Adapun keunggulan utama pendekatan ini terletak pada kemampuannya untuk menjaga konsistensi dan reliabilitas hasil pengujian melalui tahap validasi formal pada Petri Net. Selain itu, pendekatan ini juga dapat membantu meminimalisir hasil ambiguitas dalam menerjemahkan proses bisnis yang kompleks. Meski demikian terdapat kelemahan yang perlu diperhatikan, seperti kemungkinan hilangnya sebagian makna semantik dari elemen BPMN tertentu, contohnya *message flow*, *event subprocess*, atau *boundary event*, karena tidak semuanya elemen tersebut dapat diterjemahkan secara langsung dalam Petri Net. Dampaknya, beberapa perilaku interaksi antar elemen dari model aslinya tidak sepenuhnya tercermin dalam hasil transformasi.

2. Transformasi BPMN ke Gherkin melalui Pencocokan Pola (Pattern Matching)

Masih di dalam penelitian yang dipaparkan oleh Von Olberg & Strey,(2022), pada metode kedua ini mereka menawarkan transformasi perantara langsung mengonversi BPMN ke Gherkin melalui pencocokan pola (pattern matching). Metode ini dibuat karena tidak adanya cara otomatis yang dapat langsung membuat skenario pengujian yang dapat dipahami oleh semua pihak, terutama pengguna yang tidak memiliki latar belakang teknis.

Dalam penerapannya, setiap elemen BPMN seperti *task*, *event*, dan *gateway* akan dicocokkan dengan pola skenario Gherkin tertentu berdasarkan jenis aktivitas serta hubungan bisnis prosesnya. Contohnya, *user task* nantinya akan diterjemahkan menjadi langkah “*Given – When - Then*”, sedangkan *exclusive Gateway* diubah menjadi percabangan kondisi pada skenario. Dengan aturan pencocokan pola yang terdefinisi dengan baik, proses konversi ini dapat dilakukan secara otomatis tanpa perlu penulisan kode pengujian secara manual.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode ini mampu mempercepat pembuatan skenario pengujian berbasis perilaku (BDD) sekaligus menjaga keselarasan semantik antara model proses dan skenario pengujian. Namun demikian, metode ini memiliki keterbatasan jumlah pola yang dapat dikenali. Seperti model BPMN yang memiliki struktur yang kompleks seperti *nested subprocess*, *message flow*, atau *event-based gateway* sering memerlukan penyesuaian tambahan agar proses transformasi dari model BPMN ke dalam Gherkin dapat berjalan dengan benar.

3. Verifikasi Model BPMN menggunakan Colored Petri Net(CPN)

Pada penelitian ini mengusulkan sebuah framework otomatis yang dapat melakukan integrasi model BPMN dengan alat pemeriksa Colored Petri Net (CPN), dan dibantu oleh Control Flow Graph (CFG) untuk memastikan cakupan jalur (branch coverage) secara menyeluruh (Dechsupa et al., 2021). Metode ini dirancang secara otomatis dengan memetakan setiap jalur eksekusi pada proses BPMN ke dalam model CPN, sehingga mempermudah pendeteksian kesalahan logika seperti *deadlock* atau jalur yang tidak pernah terakses.

Framework ini dapat secara otomatis menetapkan titik awal dan menentukan jalur eksekusi yang akan dilalui pada model proses, sehingga pengguna tidak perlu mengatur langkah-langkah proses secara manual, oleh sebab itu analisis pada model BPMN menjadi lebih efisien. Dalam pengujiannya pada lima studi kasus nyata, solusi ini terbukti praktis dan dapat diimplementasikan sebagai *plugin* pada *Eclipse*, sehingga

dapat digunakan langsung dalam lingkungan pengembangan. Namun, metode ini juga memiliki keterbatasan, terutama pada kompleksitas implementasinya yang cukup tinggi. Penggunaan metode ini pada model BPMN membutuhkan keahlian teknis yang mendalam, sehingga dapat menjadi kendala bagi pengguna yang tidak terbiasa dengan konsep verifikasi formal.

4. Pengujian Regresi Tanpa Kode (no-code) Pemrograman untuk BPMN

Penggunaan metode pengujian regresi tanpa kode pemrograman untuk BPMN dikembangkan dengan tujuan pengguna non – teknis dapat menyusun dan menjalankan pengujian regresi secara konsisten, mandiri, dan terotomasi (Schneid et al., 2021). Proses ini dimulai dengan analisis terhadap dokumen, yang meliputi diagram BPMN, keputusan bisnis (DMN), serta formulir antarmuka pengguna, yang berguna untuk mengekstraksi jalur eksekusi dari awal hingga akhir beserta kondisi pengambilan keputusan pada setiap *gateway*. Kemudian hasil analisis tersebut akan diubah menjadi templat kasus pengujian terstruktur berdasarkan urutan aktivitas, peran, atau aktor yang terlibat, bagian input data pada *user task*, serta prasyarat yang perlu dipenuhi.

Sistem juga menyediakan saran nilai input otomatis dari aturan yang seperti aturan keputusan, hubungan antar data, atau aturan validasi, sehingga proses pengisian parameter pengujian menjadi lebih cepat, seragam, dan minim kesalahan. Pada tahap spesifikasi kasus pengujian analisis akan memilih jalur proses yang akan diverifikasi, kemudian mengisi data melalui antarmuka berbasis *wizard* sekaligus menetapkan jumlah iterasi jika terdapat pengulangan (*loop*) serta kombinasi jalur relevan pada bagian paralel. Setelah semua parameter terdefinisi, sistem secara otomatis akan menghasilkan skrip pengujian yang dapat mensimulasikan interaksi pengguna, memanggil layanan pendukung sesuai kebutuhan alur proses, dan memverifikasi hasil terhadap perilaku yang diharapkan.

Tahap akhir dari pendekatan ini adalah eksekusi dan orkestrasi pengujian, yang di mana skrip yang dihasilkan dapat dijalankan secara lokal atau diintegrasikan ke *pipeline continuous integration* (CI) untuk memvalidasi menjaga konsistensi perilaku proses setiap versi, karena jika ada kesalahan akibat pembaruan sistem pengujian bisa menemukannya lebih awal. Adapun keunggulan dari metode ini yaitu kemudahan penggunaan bagi pengguna non-teknis, minimnya kesalahan manual berkat templat dan saran nilai otomatis, serta dukungan terhadap otomatisasi dan integrasi CI untuk

pengujian berkelanjutan. Namun, pendekatan ini masih terbatas hanya pada pengujian regresi, serta memerlukan penyesuaian pada model kompleks seperti perulangan atau paralel, serta memiliki ketergantungan dengan platform tertentu. Selain itu, penerapannya menurut kedisiplinan pemodelan BPMN dan artefak pendukung agar seluruh tahapan analisis hingga eksekusi dapat berjalan efektif.

5. Tinjauan Literatur dan Pengembangan Kerangka bPERFECT

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Lopes & Guerreiro, (2023), menerapkan pendekatan yang terstruktur dan terukur. Prosesnya dimulai dengan perumusan pertanyaan penelitian serta penentuan kata kunci pencarian, kemudian dilanjutkan dengan penelusuran pada berbagai basis data ilmiah. Hasil pencarian tersebut kemudian disaring menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi, mencakup relevansi terhadap topik pengujian atau validasi BPMN, kelengkapan naskah, serta mutu publikasi, disertai proses penghapusan duplikasi.

Kumpulan studi yang lolos seleksi kemudian akan dianalisis melalui pengkodean tematik dan kategorisasi, sehingga penelitian dapat dipetakan ke beberapa dimensi utama, meliputi tujuan pengujian (verifikasi formal, pengujian fungsional, regresi, dan integrasi), model atau representasi bantu yang digunakan (misalnya graf, Petri Net, atau automata), kriteria cakupan yang diterapkan (path, branch, dan decision coverage), tingkat otomatisasi serta dukungan alat yang tersedia, dan elemen BPMN yang didukung oleh masing – masing pendekatan.

Hasil analisis tersebut melahirkan bPERFECT (Business Process Evaluation and Research Framework for Enhancement and Continuous Testing), yaitu kerangka panduan yang dapat membantu peneliti maupun praktisi memilih metode serta metrik pengujian proses bisnis sesuai kebutuhan. Kerangka ini mengaitkan teknik pengujian dengan tujuan kualitas tertentu, seperti menjamin konsistensi pada model BPMN, cakupan jalur, dan kesiapan untuk *continuous testing*. Namun, mereka mencatat bahwa sebagian besar pendekatan yang ditinjau masih terbatas cakupan pada elemen BPMN yang belum menyeluruh dan belum tersedia implementasi siap pakai, sehingga penerapannya di industri memerlukan penyesuaian lebih lanjut.

6. Pembangkitan Skenario Pengujian BPMN dengan FLOWTGE (DFS-based Path Exploration)

Tom'as Lopes & S'ergio Guerreiro,(2023b) mengembangkan mekanisme otomatis untuk membangkitkan skenario pengujian dari model BPMN dengan

memanfaatkan algoritma *Depth-First Search* (DFS) pada komponen *generator* di dalam kerangka FLOWTGE. Sebelum proses penelusuran dilakukan, diagram BPMN terlebih dahulu dikonversi menjadi graf berarah, di mana setiap *task*, *event*, dan *gateway* direpresentasikan sebagai simpul (node), sedangkan *sequence flow* dipetakan sebagai sisi (edge). Algoritma DFS kemudian dijalankan dari *start event* guna menelusuri seluruh lintasan eksekusi yang memungkinkan.

Pada *gateway* eksklusif (XOR), pencarian bercabang mengikuti setiap kondisi keluaran, sedangkan pada *gateway* paralel (AND), setiap cabang dijelajahi secara terpisah hingga titik *join* dan kemudian akan disusun kembali secara berurutan untuk menjaga determinisme skenario. Untuk menghindari eksplorasi tanpa batas, perulangan akan dibatasi dengan jumlah iterasi tertentu. Setiap lintasan yang dihasilkan selanjutnya dipetakan menjadi satu kasus pengujian terstruktur yang memuat prasyarat (pre-condition), langkah eksekusi yang terdiri atas pengisian data pada *user task*, pemanggilan layanan pada *service* atau *script task*, serta penentuan kondisi pada *gateway* dan hasil yang diharapkan (post-condition). Pendekatan ini memungkinkan pembangkitan skenario pengujian secara otomatis yang dapat dilacak langsung ke elemen BPMN (berdasarkan id node atau edge) serta mendukung pengukuran cakupan jalur secara eksplisit, seperti *path* dan *branch coverage*.

Metode ini memiliki keunggulan karena mampu menghasilkan skenario pengujian yang lengkap dan siap diotomasi, dengan struktur kasus pengujian yang selaras dengan urutan aktivitas pada model BPMN. Selain itu, proses penyeragaman pada cabang paralel memastikan skenario tetap dapat dijalankan meskipun eksekusi aktualnya berlangsung secara bersamaan. Meski demikian, tantangan utamanya terletak pada potensi ledakan jumlah jalur pada model dengan banyak percabangan (*gateway*) atau pengulangan (*loop*), yang dapat meningkatkan kompleksitas dan waktu eksekusi. Oleh sebab itu, untuk mengatasinya diterapkan pembatasan iterasi, pemangkasan jalur yang ekuivalen, atau penentuan prioritas jalur dengan regresi rutin.

2.5 Pemilihan Metode Skenario Pengujian dan Teknologi Pendukung

Berdasarkan hasil kajian pustaka dari perbandingan berbagai metode pengujian BPMN, penelitian ini memutuskan untuk menggunakan algoritma *Depth-First Search* (DFS) sebagai metode penelusuran jalur eksekusi pada model BPMN. Algoritma ini dipilih karena kemampuannya yang dapat menelusuri jalur BPMN dari awal hingga akhir secara menyeluruh,

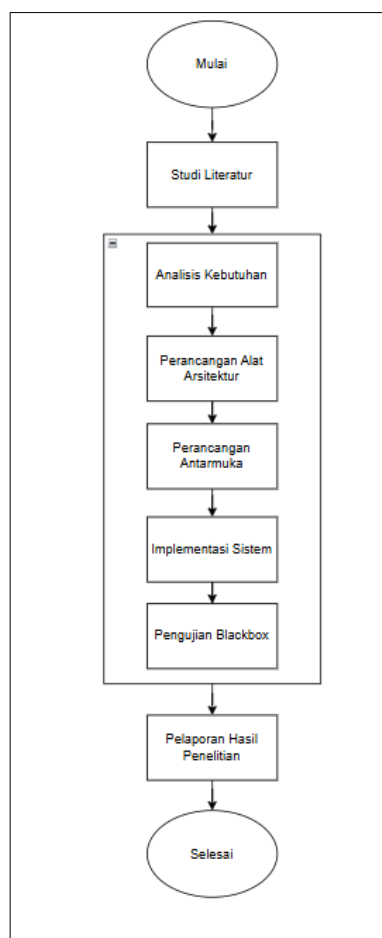
dengan metode ini, setiap jalur yang mungkin terjadi dalam proses bisnis dapat diidentifikasi secara lengkap. Metode tersebut penting untuk memastikan agar semua skenario berhasil dieksekusi. Penggunaan DFS juga mendukung tercapainya cakupan pengujian yang lebih luas, dikarenakan algoritma ini mampu menelusuri semua kombinasi jalur yang dihasilkan oleh model BPMN yang sedang diuji, hal ini sangat berkaitan mengingat model BPMN sering kali memodelkan proses bisnis yang memiliki kompleksitas yang cukup tinggi, sehingga jika tidak dianalisis secara menyeluruh dapat menyebabkan jalur BPMN tidak teruji atau terjadi kesalahan.

Untuk menghasilkan hasil BPMN yang lebih mudah dipahami dan membantu proses pembuatan data pengujian, penelitian ini juga menggunakan teknologi Large Language Model (LLM) GPT melalui OpenAI API. Model ini nanti akan digunakan untuk mengonversi jalur aktivitas yang diperoleh dari model BPMN menjadi data pengujian dan deskripsi jalur pengujian. Dengan demikian, deskripsi proses bisnis menjadi lebih mudah untuk dibaca dan dipahami, baik oleh pengguna yang memiliki latar belakang teknis maupun yang tidak memiliki latar belakang teknis. Penelitian ini akan menggunakan pustaka Camunda Model API yang terintegrasi dengan framework Spring Boot sebagai komponen backend dalam pengembangan alat ini (Camunda, n.d.), karena dapat mendukung eksekusi dan pengelolaan model BPMN secara langsung. Teknologi ini dipilih karena memungkinkan alur proses bisnis diatur secara lebih terstruktur, membantu penerapan metode penelusuran jalur seperti DFS untuk mengidentifikasi semua kemungkinan jalur eksekusi, dan meningkatkan keandalan sistem dalam menjalankan proses sesuai model BPMN yang telah dirancang. Untuk pengembangan antarmuka pengguna, framework React dan Vite digunakan karena mendukung pengembangan aplikasi web yang responsif, cepat, dan ringan. Teknologi ini juga dipilih karena memungkinkan integrasi dengan pustaka bpmn-js(bpmn-js, n.d.), sehingga dapat menampilkan dan memodifikasi diagram BPMN secara interaktif melalui peramban. Hal ini mempermudah pengguna dalam menelusuri dan memahami alur proses bisnis dari model BPMN.

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode yang akan digunakan dalam pengembangan tools pembangkit skenario pengujian dari BPMN. Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan perangkat lunak dengan tahapan linier, untuk memastikan alat yang dihasilkan memenuhi kebutuhan pengguna, yaitu seorang pembuat BPMN atau penguji perangkat lunak. Beberapa alat pengujian berbasis BPMN yang sudah dibuat, berfokus pada verifikasi model BPMN menggunakan metode model checking, namun alat tersebut masih kurang dalam mengakomodasi kebutuhan pengujian dari sudut pandang pengguna dan juga tidak sepenuhnya mengotomatisasi pembuatan data uji. Oleh sebab itu, penelitian ini berusaha mengembangkan alat yang tidak hanya melakukan verifikasi alur tetapi juga menghasilkan skenario pengujian yang terstruktur dan mudah dipahami, sehingga dapat digunakan langsung oleh seorang penguji. Alur tahapan pengembangan alat dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses Pengembangan Alat

3.1 Pengembangan Sistem

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan alat arsitektur, perancangan antarmuka, implementasi sistem, pengujian blackbox, dan pelaporan hasil penelitian. Berikut ini dijelaskan tahapan - tahapan pada penelitian ini:

3.1.1 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan bertujuan untuk mengidentifikasi serta merumuskan kebutuhan alat, baik dari sisi fungsional maupun non-fungsional, yang akan menjadi dasar dalam proses perancangan dan pengembangan alat. Analisis dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang dibangun mampu menjawab permasalahan yang ada dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Proses analisis ini dilakukan melalui dua pendekatan utama, yaitu kajian literatur dan wawancara dengan praktisi. Kajian literatur dilakukan untuk meninjau berbagai penelitian serta alat pengujian sejenis yang telah ada, untuk menemukan kesenjangan dan potensi pengembangan lebih lanjut pada konteks BPMN. Sementara itu, wawancara dilakukan untuk memperoleh pemahaman langsung dari praktisi mengenai penerapan Business Model And Notation (BPMN) dalam aktivitas analisis dan pengujian sistem di lingkungan industri, serta untuk menggali tantangan dan kebutuhan nyata yang dihadapi oleh para pengguna di lapangan.

Wawancara dilakukan terhadap empat responden yang memiliki peran, tanggung jawab, dan pengalaman kerja yang berbeda namun masih berada dalam ruang lingkup analisis proses bisnis serta. Keempat responden tersebut terdiri dari dua orang System analyst yang kini beralih peran menjadi Enterprise Architect, satu orang Business Development Analyst Senior dengan latar belakang teknis sebagai mantan programmer, serta satu orang Project Manager yang berpengalaman dalam mengelola proyek. Wawancara ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai bagaimana Business Process Model and Notation (BPMN) digunakan dalam aktivitas analisis pengujian sistem di lingkungan industri, sekaligus mengidentifikasi tantangan yang dihadapi oleh pengguna.

Tabel 3. 1 Perbandingan Responden

Responden	Jabatan dan Pengalaman	Penggunaan BPMN & Pembuatan Skenario pengujian	Durasi Pembuatan/Uji
R1	System Analyst dan sekarang jadi Enterprise Architecture dengan pengalaman 1 tahun	Menggunakan Camunda (semi-otomatis), membuat skenario pengujian masih manual	Tergantung kompleksitas tapi jika bisnis proses nya sederhana dapat selesai dalam beberapa jam
R2	System Analyst dan sekarang jadi Enterprise Architecture dengan pengalaman 3,5 tahun	Camunda, draw.io, serta AI untuk draft BPMN (semi-otomatis)	Tergantung kompleksitas pada modelnya jika bisnis proses nya sederhana dapat selesai dalam beberapa jam
R3	Business Development Analyst Officer level Senior (ex-Programmer), dengan pengalaman kurang lebih 5 tahun	Tidak langsung menggunakan BPMN; test case dibuat dari BRD (manual), Jira digunakan untuk pendukung	5 hari – 2 minggu tergantung kompleksitas dari bisnis proses itu sendiri
R4	Project Manager, ±5 tahun	Manual dan Camunda workflow; manual + AI untuk path coverage	10 menit – 2 jam (proses sederhana); lebih lama jika terdapat DMN kompleks

Tabel 3. 2 Kebutuhan Fitur Responden

Responden	Tantangan & Perubahan	Kebutuhan Fitur & Format Output	Manfaat yang Diharapkan
R1	Sering berubah proses bisnisnya	Fitur step-by-step scenario, output Excel (internal) & PDF (stakeholder)	Fitur step-by-step scenario; output Excel (internal) & PDF (stakeholder)
R2	Perubahan hampir setiap pertemuan dengan klien	Validitas hasil skenario otomatis; output Excel (internal) & PDF (klien)	Validasi lebih cepat dan efisien
R3	Requirement sering berubah, keterbatasan data dummy, integrasi API	Fitur laporan otomatis; output Excel (QA) & PDF (klien)	Dokumentasi rapi, adanya riwayat supaya bisa melihat hasil dari file sebelumnya

R4	Variabel eksponensial; hampir selalu ada <i>change request</i>	Path coverage otomatis, test case generation, Postman collection; output Excel (teknis) & PDF (end-user)	Hemat waktu, skenario otomatis tinggal divalidasi
----	--	--	---

1. Kebutuhan Fungsional

Dari hasil wawancara pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan fungsional sistem berfokus pada fitur utama yang dapat melakukan proses otomatisasi pengujian berbasis BPMN. Responden menekankan pentingnya kemampuan sistem untuk membaca dan memproses file BPMN secara otomatis, termasuk mengekstraksi elemen - elemen penting seperti *Task*, *Event*, *Gateway*, maupun *Sequence Flow*. Proses ini menjadi dasar bagi sistem untuk kemudian menghasilkan skenario pengujian secara otomatis tanpa perlu penulisan manual oleh pengguna. Selain itu, sistem juga diharapkan mampu menampilkan skenario pengujian dalam bentuk langkah pengujian agar mudah dipahami oleh berbagai peran, baik teknis maupun non-teknis.

Kebutuhan lain yang banyak disebutkan adalah kemampuan sistem menghasilkan laporan hasil pengujian otomatis dalam format Excel untuk komunikasi internal dan PDF untuk pelaporan eksternal kepada klien atau pengguna. Responden juga menyoroti pentingnya fitur penyimpanan hasil pengujian agar perubahan terhadap skenario atau model BPMN dapat ditelusuri kembali. Beberapa responden juga menekankan perlunya mendukung pembuatan data uji otomatis berdasarkan variabel dalam BPMN dan integrasi dengan alat uji eksternal untuk mendukung pengujian API.

Selain itu, responden juga menyampaikan harapan terhadap adanya mekanisme validasi hasil skenario agar sistem dapat memeriksa kesesuaian antara hasil pengujian dengan logika proses BPMN, serta perhitungan cakupan jalur (path coverage) untuk memastikan keseluruhan kemungkinan alur proses telah teruji. Secara keseluruhan, hasil wawancara menunjukkan bahwa pengguna menginginkan sistem yang dapat membaca dan menelusuri diagram BPMN hingga menghasilkan skenario pengujian, data pengujian, dan laporan yang siap digunakan sebagai dokumen pengujian.

Dalam proses penelusuran diagram BPMN, sistem menggunakan pendekatan algoritma Depth-First Search (DFS) untuk menemukan seluruh kemungkinan jalur proses dari titik awal hingga titik akhir. Namun, metode ini memiliki beberapa pembatasan, khususnya pada model BPMN yang sangat kompleks atau memiliki banyak percabangan dan perulangan. Dalam kondisi tersebut, DFS dapat menghasilkan jumlah jalur yang sangat

besar (path explosion), sehingga diperlukan pembatasan contohnya batas maksimum jumlah jalur, atau jumlah kunjungan jalur yang berulang agar proses tetap efisien dan terkendali.

2. Kebutuhan Non-Fungsional

Berdasarkan hasil wawancara pada Tabel 3.2, diperoleh beberapa kebutuhan non-fungsional yang dianggap penting oleh para responden untuk mendukung kenyamanan dan efektivitas penggunaan sistem. Responden menekankan perlunya fleksibilitas sistem, karena proses bisnis yang mereka tangani sering berubah hampir setiap kali ada pertemuan dengan klien. Dengan kondisi tersebut, sistem diharapkan mampu beradaptasi terhadap perubahan model BPMN tanpa memerlukan pengaturan ulang yang rumit.

Selain itu, hasil wawancara juga menunjukkan pentingnya efisiensi kerja dan dokumentasi yang terkelola dengan baik. Sistem yang diharapkan mampu mempercepat proses pembuatan laporan serta menyimpan hasil pengujian secara otomatis agar setiap perubahan dapat dilacak dengan mudah. Fitur seperti riwayat pengujian dinilai dapat membantu menjaga konsistensi data ketika terjadi pembaruan kebutuhan atau integrasi dengan sistem lain.

3.1.2 Perancangan Alat Arsitektur

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan sistem, alat ini dirancang untuk mendukung fungsi utama berupa proses otomatisasi pengujian berbasis diagram BPMN. Arsitektur sistem yang dikembangkan terdiri atas beberapa komponen inti yang saling terintegrasi, yaitu:

1. Pemrosesan dan Identifikasi diagram BPMN

Sistem bertugas untuk membaca dan memproses file BPMN yang diunggah oleh pengguna. Pada tahap ini, sistem mengekstraksi elemen-elemen penting dalam diagram, contohnya task, event, dan gateway. Elemen-elemen tersebut kemudian diklasifikasikan dan disiapkan untuk dianalisis lebih lanjut pada tahap selanjutnya.

2. Analisis Jalur Menggunakan Metode Depth-First Search (DFS)

Untuk mendeteksi seluruh kemungkinan alur proses BPMN dari titik awal (*start event*) hingga titik akhir (*end event*), sistem menerapkan algoritma *Depth-First Search (DFS)*, yang di mana pendekatan ini memungkinkan penelusuran menyeluruh terhadap seluruh kombinasi urutan proses di dalam diagram BPMN, sehingga sistem dapat menghasilkan cakupan skenario uji yang lebih representatif dan menyeluruh.

3. Pemanfaatan LLM untuk menciptakan Skenario dan Data Uji

Setelah jalur proses terdeteksi, sistem akan memanfaatkan LLM (Large Language Model) untuk menyusun skenario pengujian yang bersifat deskriptif. Kemudian jalur yang dihasilkan dari proses penelusuran oleh DFS akan dikirimkan ke LLM bersama dengan konteks diagram BPMN, sehingga model dapat menghasilkan narasi skenario pengujian yang mudah dipahami oleh pengguna. Selain itu, LLM juga akan secara otomatis membentuk data pengujian yang terdiri dari variabel masukan dan keluaran yang diharapkan. Seluruh hasil keluaran ini disusun dalam format terstruktur agar dapat digunakan sebagai referensi dalam validasi proses bisnis dari diagram BPMN.

4. Penyimpanan Data Terstruktur dengan Format JSONB

Untuk mendukung efisiensi penyimpanan dan fleksibilitas akses data, seluruh hasil parsing dari file BPMN yang mencakup seperti elemen-elemen proses, jalur alur kerja (path), dan skenario pengujian disimpan dalam basis data PostgreSQL menggunakan format JavaScript Object Notation Binary (JSONB). Pendekatan ini memungkinkan sistem menyimpan struktur data yang kompleks secara ringkas dan optimal, serta mendukung proses pengambilan data secara dinamis melalui operasi kueri yang efisien. Penggunaan JSONB juga dapat mempermudah integrasi antara berbagai bagian sistem yang saling berkaitan dalam proses pembentukan dan penyajian skenario uji.

5. Integrasi sistem berbasis API

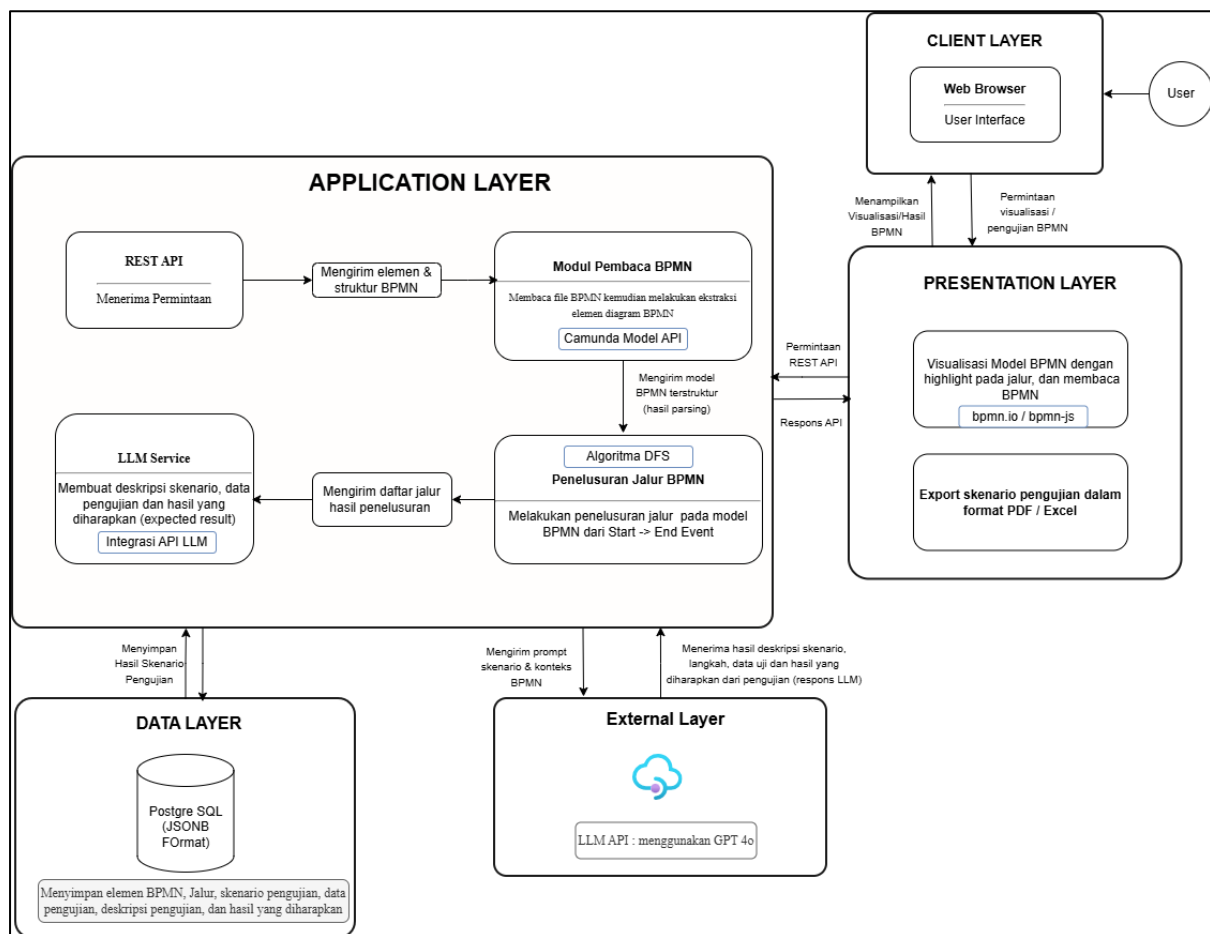
Untuk menghubungkan proses backend dengan antarmuka pengguna (frontend), sistem ini menerapkan integrasi berbasis API (Application Programming Interface). Setiap proses seperti unggah file BPMN, pemrosesan diagram, pengambilan jalur uji, dan penyajian hasil skenario pengujian dilakukan melalui pemanggilan endpoint REST API. Pendekatan ini digunakan bertujuan untuk membuat pengiriman data menjadi lebih efisien, terstruktur, serta mendukung fleksibilitas dalam pengembangan dan pemeliharaan sistem.

6. Visualisasi Jalur Uji dalam Diagram BPMN

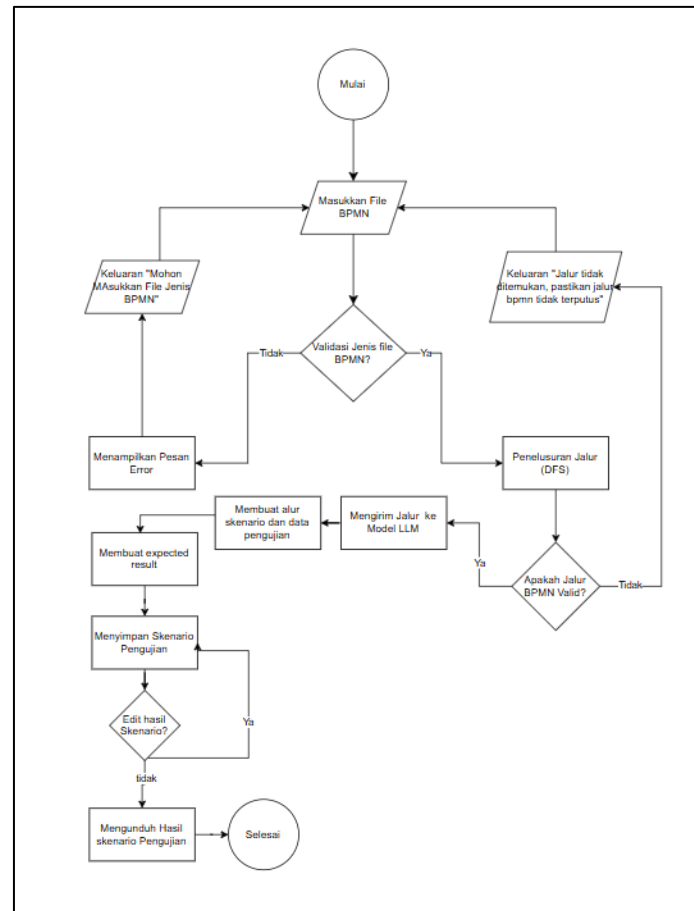
Sebagai pelengkap dari proses analisis dan penyusunan skenario, sistem ini dilengkapi dengan fitur visualisasi jalur pengujian langsung pada diagram BPMN. Setiap jalur yang berhasil dianalisis akan ditandai melalui mekanisme penyorotan pada jalur yang telah dilewati (highlight) pada elemen-elemen yang terlibat seperti task, event, dan gateway dengan warna yang berbeda. Fitur ini dirancang untuk memberikan

pemahaman visual terhadap alur proses yang sedang diuji, serta memfasilitasi pengguna dalam melakukan verifikasi dan validasi terhadap jalur uji yang dihasilkan secara intuitif.

Secara keseluruhan, rancangan alat ini dibuat dengan arsitektur yang terintegrasi agar setiap komponen dapat saling berkomunikasi dengan baik. Arsitektur sistem yang dikembangkan menggambarkan hubungan antara proses utama seperti mengunggah file BPMN, pembacaan elemen model, analisis jalur menggunakan DFS, pemanfaatan LLM untuk menghasilkan skenario pengujian, hingga penyimpanan data ke dalam basis data PostgreSQL, sebagaimana divisualisasikan pada Gambar 3.2. Alur proses pengujian BPMN secara keseluruhan kemudian tergambarkan melalui Gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Diagram Arsitektur Alat Pembangkit Skenario



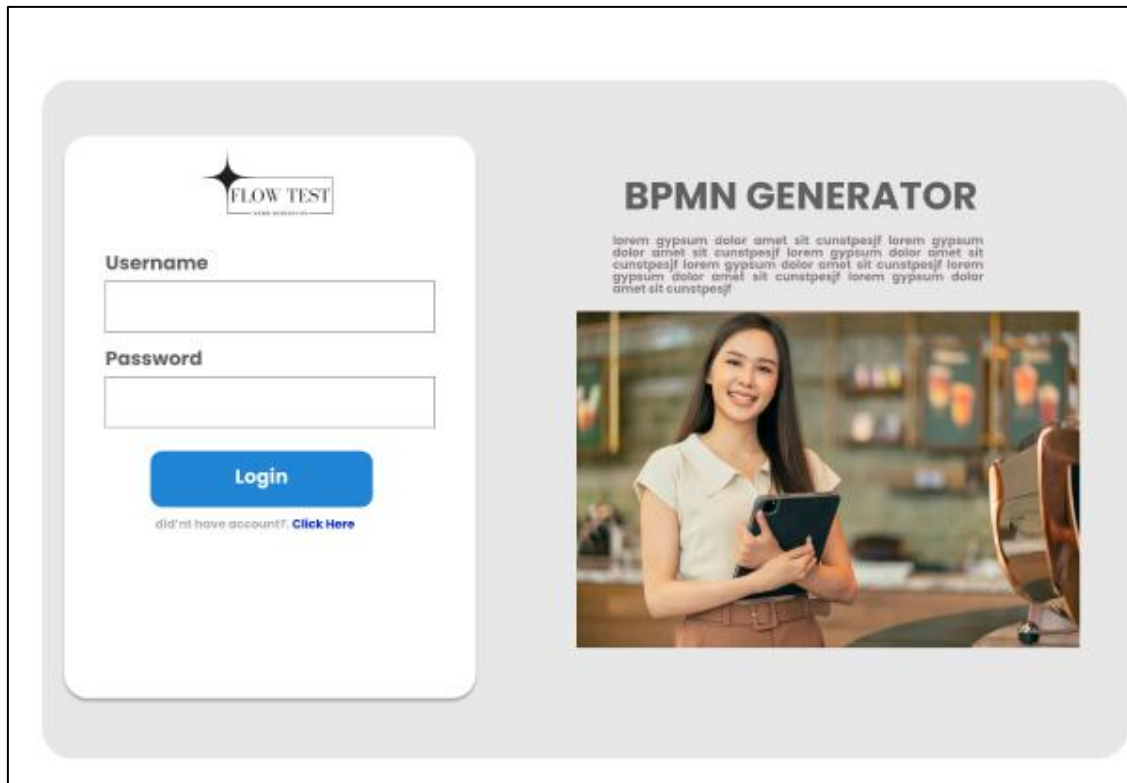
Gambar 3. 3 Diagram Alir Proses Pengujian BPMN

3.1.3 Perancangan Antarmuka

Perancangan antarmuka yang dikembangkan dalam alat ini terdiri atas beberapa bagian utama yang merepresentasikan seluruh alur kerja dari alat ini. Antarmuka ini dirancang dalam bentuk aplikasi berbasis web, yang memungkinkan pengguna untuk menjalankan proses mulai dari mengunggah file BPMN hingga mendapatkan skenario pengujian secara terstruktur. Berikut adalah komponen-komponen antarmuka yang akan dibuat:

1. Menu Autentikasi Pengguna

Menu autentikasi berfungsi sebagai gerbang awal bagi pengguna untuk mengakses sistem. Pada bagian ini pengguna dapat melakukan proses masuk (*login*) maupun pendaftaran (*register*) akun baru. Proses autentikasi ini memastikan bahwa setiap aktivitas pengujian pada model BPMN yang dilakukan tercatat berdasarkan identitas pengguna. Rancangan tampilan antarmuka untuk menu *login* dan *register* dapat dilihat secara berurutan pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



The login interface for the BPMN GENERATOR application. It features a white login card on a light gray background. The card has the 'FLOW TEST' logo at the top left. Below the logo are two input fields for 'Username' and 'Password'. A blue 'Login' button is positioned below the password field. Underneath the button is a link that says 'didn't have account? Click Here'. To the right of the login card, the text 'BPMN GENERATOR' is displayed in a large, bold font. Below this text is a paragraph of placeholder text (lorem ipsum) and a photograph of a smiling woman holding a tablet.

FLOW TEST

Username

Password

Login

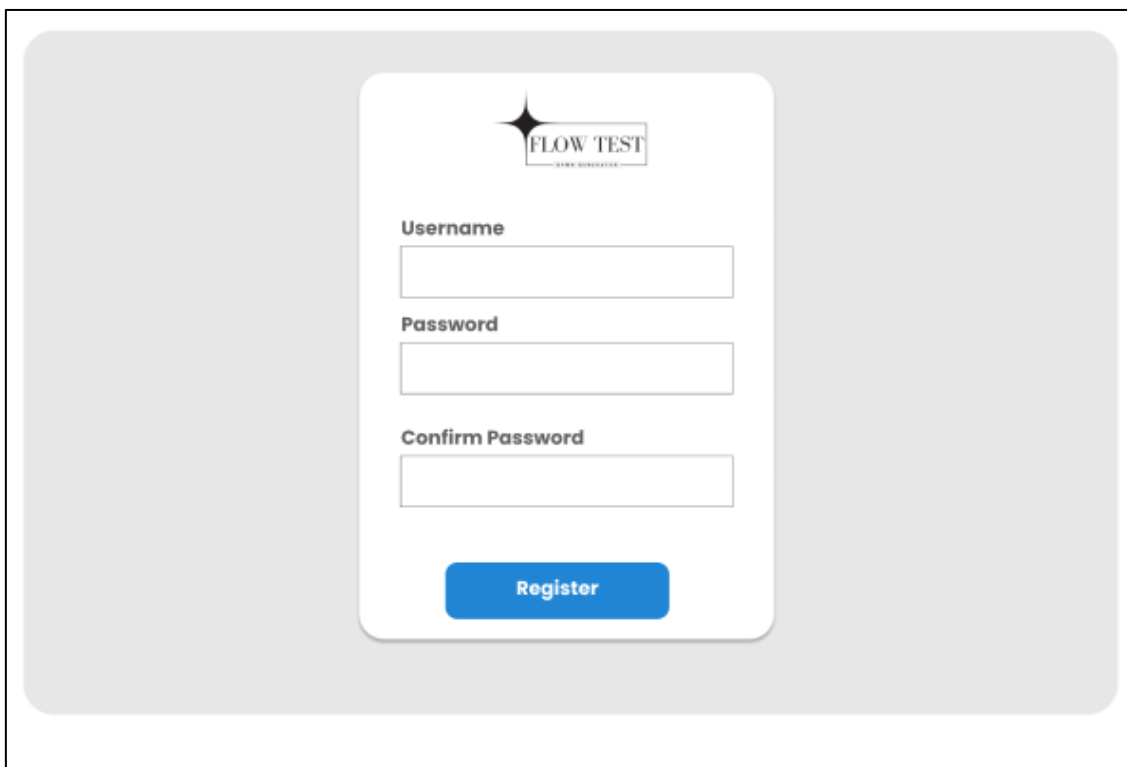
didn't have account? [Click Here](#)

BPMN GENERATOR

lorem ipsum dolor amet sit cuntpesif lorem gypsum dolor amet sit cuntpesif lorem gypsum dolor amet sit cuntpesif lorem gypsum dolor amet sit cuntpesif lorem gypsum dolor amet sit cuntpesif



Gambar 3. 4 Rancangan Antarmuka Menu login



The register interface for the BPMN GENERATOR application. It features a white register card on a light gray background. The card has the 'FLOW TEST' logo at the top. Below the logo are three input fields for 'Username', 'Password', and 'Confirm Password'. A blue 'Register' button is positioned at the bottom of the card.

FLOW TEST

Username

Password

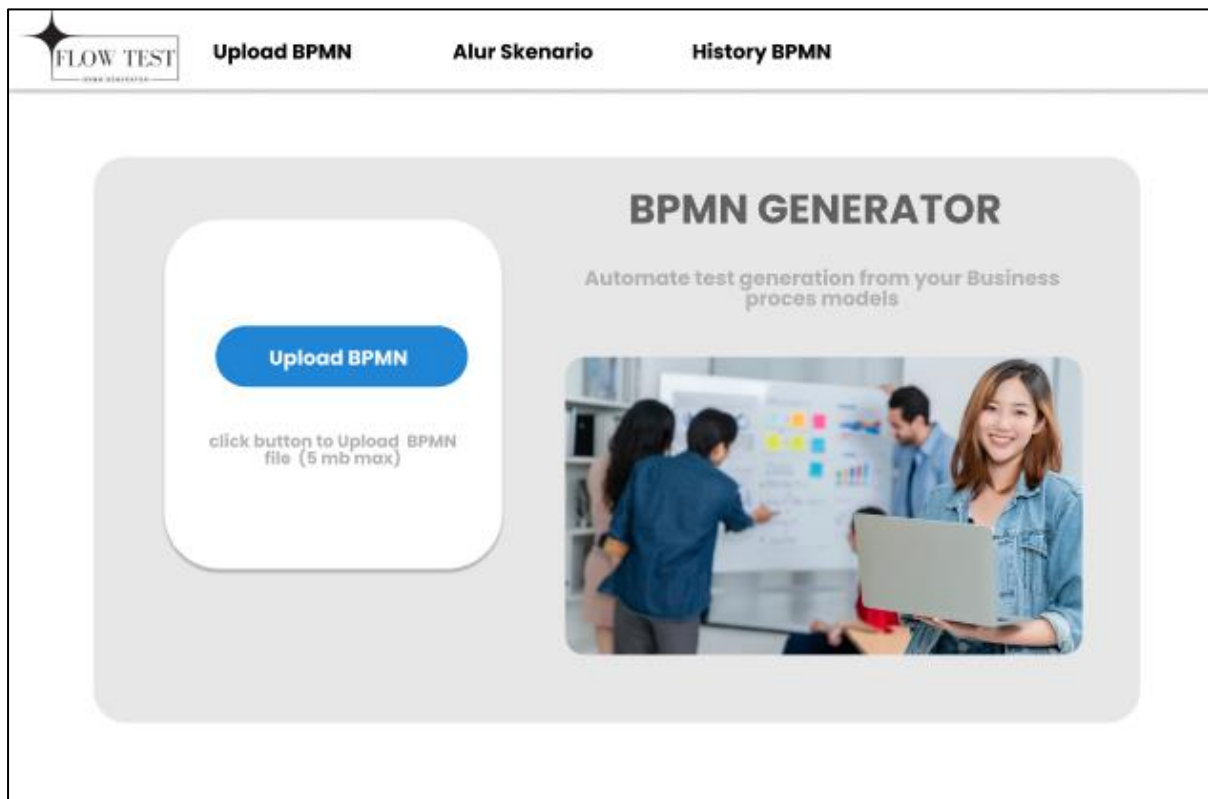
Confirm Password

Register

Gambar 3. 5 Rancangan Antarmuka Menu register

2. Menu Unggah File BPMN

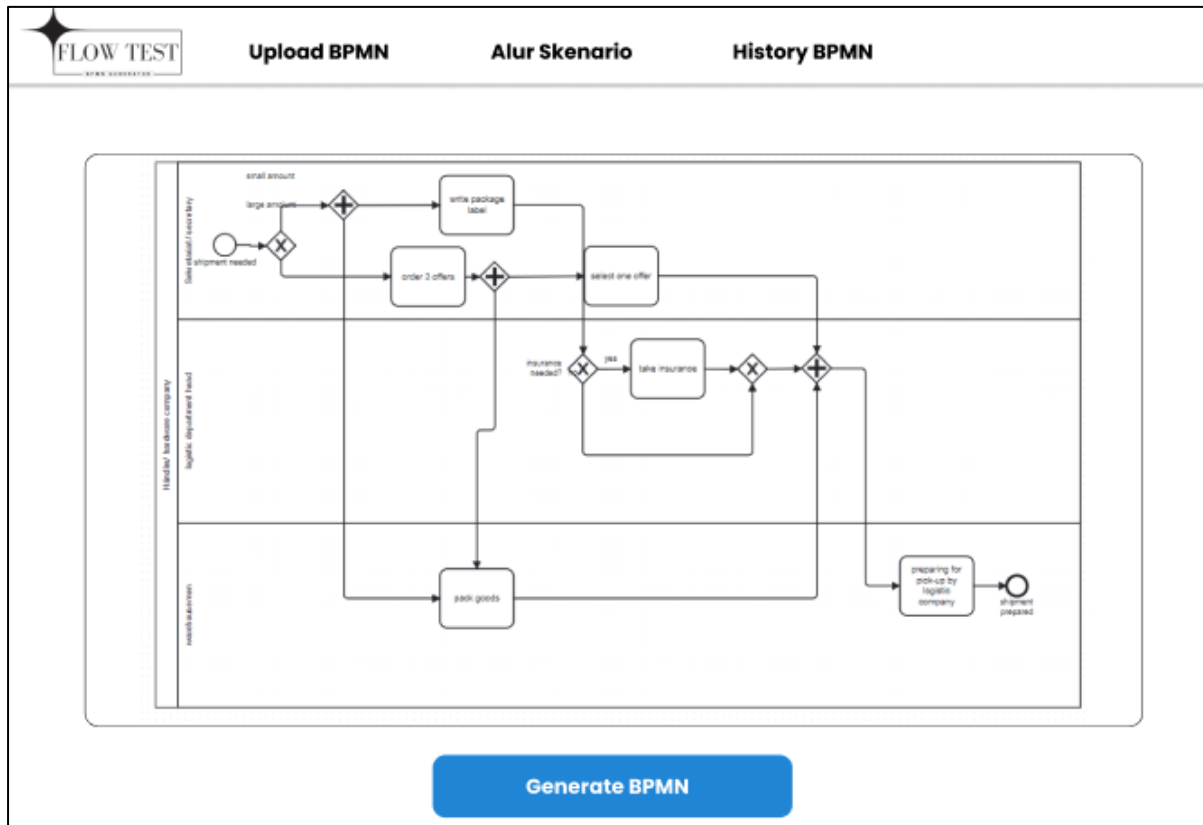
Di bagian ini memungkinkan pengguna untuk mengunggah sebuah file BPMN dengan format .bpmn. File tersebut kemudian diproses oleh menggunakan model algoritma Depth First Search (DFS) untuk menelusuri dan menganalisis struktur serta alur proses yang terdapat pada model BPMN tersebut. Rancangan antarmuka untuk menu unggah file BPMN ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Rancangan Antarmuka Menu Unggah File BPMN

3. Menu Pembuatan Skenario Pengujian

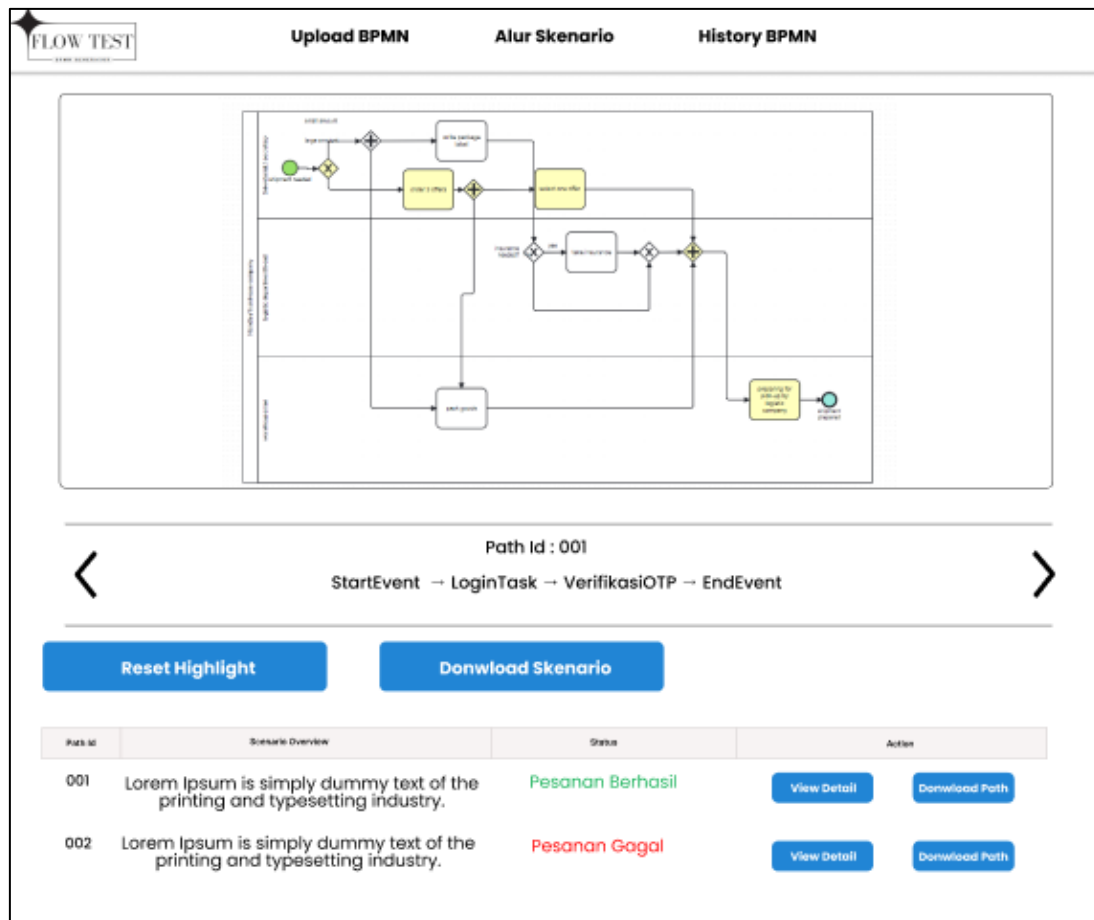
Pada bagian menu ini, sistem akan memanfaatkan Large Language Model (LLM) untuk menghasilkan skenario pengujian secara otomatis. Hasil analisis jalur yang diperoleh dari algoritma Depth-First Search (DFS) nantinya dikirim ke LLM, yang kemudian memprosesnya menjadi uraian skenario pengujian lengkap mencakup deskripsi dari jalur pengujian, langkah-langkah pengujian, data pengujian, serta hasil yang diharapkan sesuai dengan jalur dari model BPMN yang terdeteksi. Rancangan antarmuka untuk menu ini divisualisasikan pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Rancangan Antarmuka Menu Pembuatan Skenario Pengujian

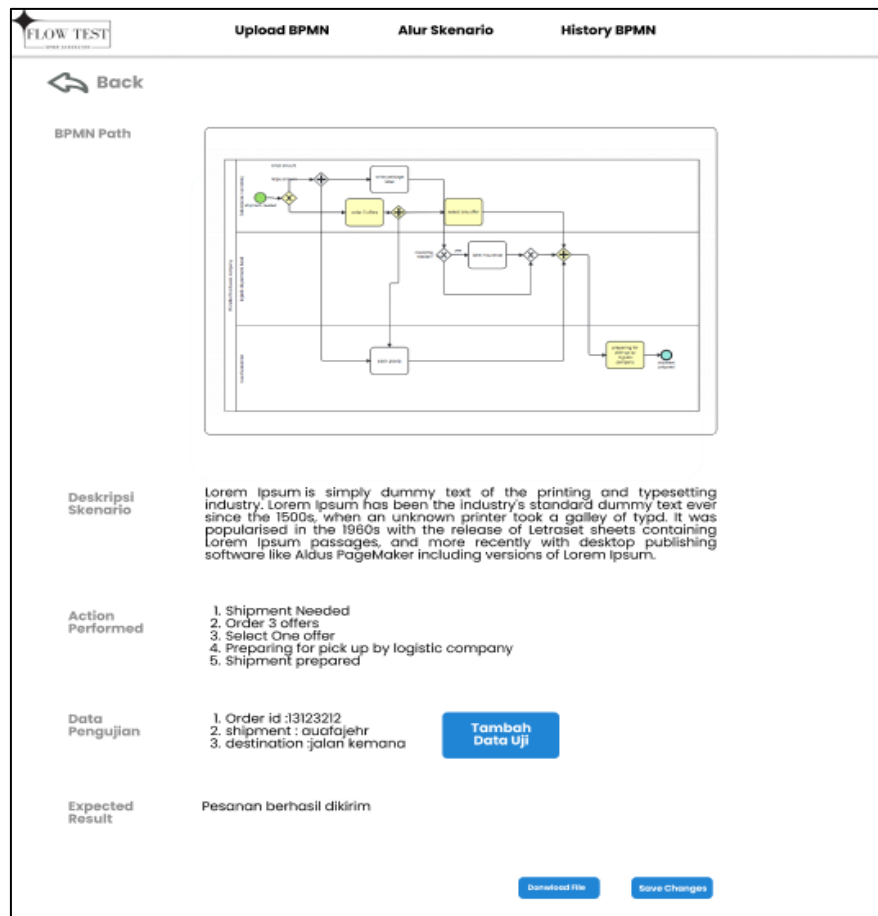
4. Menu Hasil Alur Skenario Pengujian

Pada menu ini, sistem akan menampilkan hasil skenario pengujian yang dihasilkan oleh LLM berdasarkan data jalur proses yang telah dianalisis menggunakan DFS. Kemudian diagram BPMN akan ditampilkan secara interaktif untuk memvisualisasikan alur proses, lengkap dengan penyorotan (highlight) pada elemen – elemen BPMN. Tampilan ini bertujuan membantu pengguna untuk memahami hubungan antar aktivitas dan memverifikasi jalur yang sedang diuji. Tampilan visualisasi diagram BPMN tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Rancangan Antarmuka Menu Hasil Visualisasi Diagram BPMN

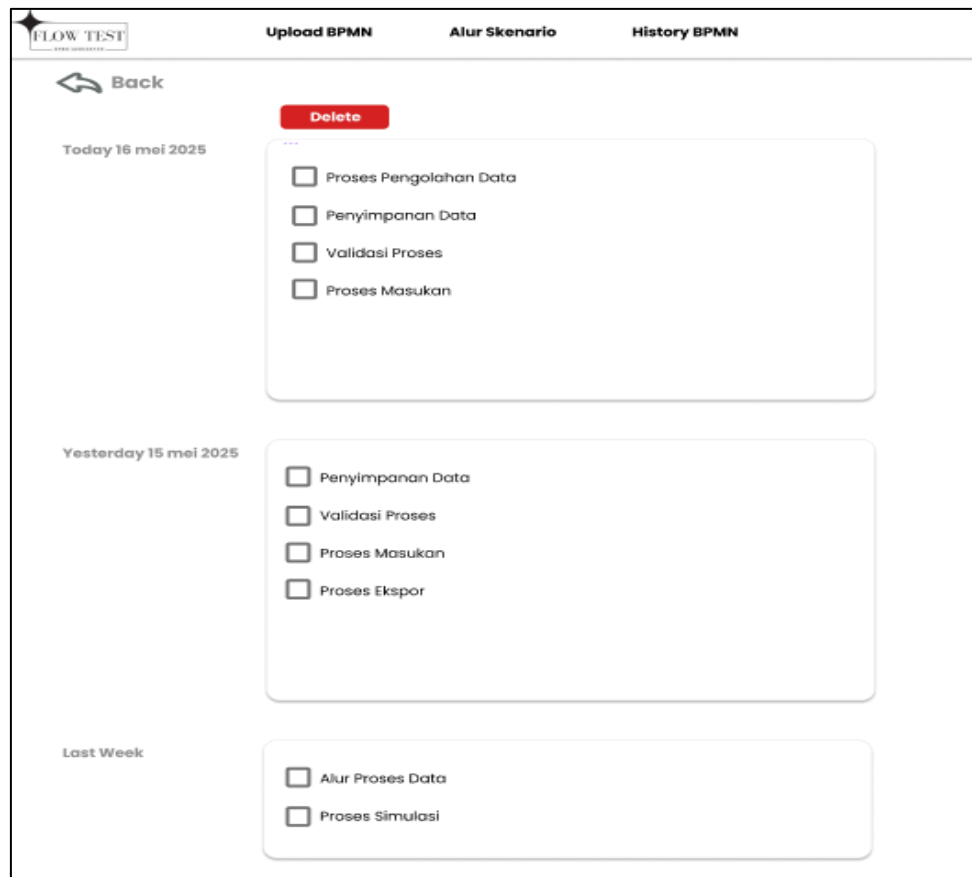
Selain diagram, pada bagian ini juga menampilkan hasil skenario pengujian yang terbentuk berdasarkan jalur proses yang telah terdeteksi. Setiap skenario berisi deskripsi yang menjelaskan urutan aktivitas, data pengujian, serta hasil yang diharapkan (expected result) yang menggambarkan hasil keluaran dari setiap langkah pengujian. Rancangan tampilan bagian ini disajikan pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Rancangan Antarmuka Menu Hasil Alur Skenario Pengujian

5. Menu Riwayat File BPMN

Fitur riwayat file digunakan untuk menyimpan dan menampilkan riwayat aktivitas pengguna, pada bagian ini meliputi berkas dari model BPMN yang pernah diunggah, hasil analisis jalur, serta skenario pengujian yang pernah dihasilkan sebelumnya. Melalui menu ini, pengguna dapat membuka kembali file sebelumnya tanpa perlu mengunggah ulang, membandingkan hasil analisis antar versi model BPMN, serta mengunduh ulang dokumen hasil pengujian. Tampilan rancangan antarmuka menu riwayat file BPMN ditunjukkan pada Gambar 3.10



Gambar 3. 10 Rancangan Antarmuka Menu Riwayat File BPMN

6. Fitur Ekspor hasil Skenario Pengujian

Fitur ini memungkinkan pengguna untuk mengunduh hasil skenario pengujian dalam bentuk tabel yang dapat diekspor ke dalam format PDF atau Excel. Tabel hasil ekspor berisi informasi lengkap mengenai hasil pengujian, meliputi Path ID, Summary Step, Action Step, Test Data, Expected Result, Actual Result, dan Tester.

Semua komponen pada antarmuka ini terhubung dengan layanan backend melalui API yang mendukung pertukaran data antara sistem frontend dan pemrosesan di sisi server. Interaksi antara antarmuka dan server berlangsung secara real-time setelah proses unggah, analisis, hingga penyajian skenario pengujian selesai dilakukan.

3.1.4 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dibuat berdasarkan rancangan arsitektur yang telah dibuat sebelumnya, dengan fokus pada implementasi pada fitur-fitur utama yang mendukung proses otomatisasi pengujian berbasis BPMN. Seluruh pengembangan dilakukan secara linier, dengan

membagi setiap fungsionalitas ke dalam bagian - bagian yang saling terhubung. Sehingga memudahkan proses implementasi, pengujian, dan juga pengembangan yang lebih lanjut.

1. Pemrosesan Model BPMN

Sistem dikembangkan dengan menerima input file dengan format .bpmn, yang kemudian akan dibaca dan diproses menggunakan pustaka Camunda Model API. Proses ini bertujuan untuk mengekstraksi elemen-elemen penting dalam model seperti *Start Event*, *Task*, *Exclusive Gateway*, *End Event*, dan *SequenceFlow*. Setiap elemen nantinya akan disimpan dalam bentuk representasi struktur data berbasis objek untuk memudahkan analisis lanjutan.

2. Implementasi Algoritma Depth-First Search (DFS)

Penelusuran jalur dalam diagram BPMN diimplementasikan menggunakan algoritma Depth-First Search (DFS). Tujuan dari proses ini adalah untuk mendeteksi seluruh kemungkinan jalur dari titik awal (*Start Event*) hingga titik akhir (*End Event*) di dalam diagram BPMN. Implementasi algoritma ini dilakukan dengan pendekatan rekursif menggunakan struktur data *Linked List* untuk menyimpan jalur sementara.

3. Integrasi dengan Large Language Model (LLM)

Untuk menghasilkan deskripsi skenario pengujian yang mudah dibaca oleh pengguna, sistem akan terhubung dengan layanan LLM melalui API. Jalur proses yang sudah terdeteksi serta konteks diagram BPMN akan dikirimkan ke LLM yang sudah ada, lalu dikembalikan dalam bentuk deskripsi skenario, data pengujian, dan hasil dari jalur pengujian, dalam JSON. Data ini kemudian akan ditampilkan dan digunakan sebagai bagian dari dokumen pengujian.

4. Visualisasi dan Ekspor Hasil

Sistem mendukung visualisasi interaktif BPMN beserta jalur yang terdeteksi melalui *highlight* pada elemen diagram BPMN yang dilewati. Setiap jalur yang dilewati akan diberi warna yang berbeda untuk memudahkan pengguna dalam proses verifikasi. Selain itu, pengguna dapat mengekspor hasil skenario dan data uji dalam format dokumen (PDF/Excel) untuk kepentingan dokumentasi pengujian.

3.2 Pengujian

3.2.1 Black Box Testing

Pengujian black box dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fitur pada alat pembangkit skenario pengujian dari BPMN berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Metode pengujian ini berfokus pada pemeriksaan fungsionalitas sistem dengan cara memberikan masukan (input) tertentu dan mengamati keluaran (output) yang dihasilkan tanpa memperhatikan proses logika internal di dalam kode program yang telah dibuat. Proses pengujian dilakukan terhadap seluruh komponen utama yang mewakili alur kerja sistem, dimulai dari proses autentikasi pengguna, unggah file BPMN, analisis jalur menggunakan algoritma Depth-First Search (DFS), pembuatan skenario pengujian otomatis dengan LLM, penyimpanan hasil dan melakukan penyuntingan (edit) ke basis data, mengakses riwayat file BPMN, hingga proses visualisasi dan ekspor hasil pengujian. Setiap pengujian dilakukan dengan membandingkan keluaran aktual yang ditampilkan oleh sistem dengan hasil yang diharapkan berdasarkan rancangan awal. Apabila keluaran sistem sesuai dengan ekspektasi, maka fitur tersebut dinyatakan berfungsi dengan benar atau valid.

Selanjutnya, sistem akan diuji secara bertahap berdasarkan urutan proses utama alur kerja, pengujian pertama dilakukan pada fitur autentikasi pengguna yang bertujuan untuk memastikan bahwa pengguna yang sudah terdaftar yang dapat mengakses sistem dan menjalankan proses pengujian. Pengujian dilakukan dengan mencoba proses login dan registrasi menggunakan berbagai kombinasi data uji, seperti kredensial valid dan tidak valid. Selanjutnya pengujian pada fitur unggah file BPMN. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem mampu menerima dan membaca berkas dengan ekstensi .bpmn secara benar. File yang diunggah harus dapat diproses dan divisualisasikan dalam bentuk diagram BPMN di antarmuka pengguna tanpa menimbulkan kesalahan, serta menelusuri jalur proses bisnis yang terdapat di dalamnya. Setelah file diunggah, sistem akan membaca struktur model BPMN dan menjalankan algoritma Depth-First Search (DFS) untuk menelusuri seluruh kemungkinan jalur dari *Start Event* hingga *End Event*. Fitur ini dapat dinyatakan berfungsi dengan baik apabila diagram BPMN dapat divisualisasikan secara utuh di antarmuka pengguna dan membaca seluruh jalur dari diagram BPMN.

Tahap berikutnya adalah pengujian pada fitur pembuatan skenario pengujian otomatis yang terintegrasi dengan model *Large Language Model* (LLM). Pengujian ini bertujuan untuk memastikan hasil dari analisis jalur dari algoritma DFS dapat dikirim ke LLM dengan benar, serta menghasilkan deskripsi skenario pengujian yang mencakup deskripsi, langkah – langkah

pengujian, data uji, dan hasil yang diharapkan. Fitur ini dinyatakan berfungsi dengan baik apabila sistem dapat menampilkan narasi skenario secara lengkap, relevan, dan sesuai konteks diagram BPMN yang diuji.

Pengujian dilanjutkan pada fitur visualisasi hasil jalur pengujian untuk memverifikasi bahwa sistem mampu menyorot (highlight) elemen – elemen BPMN yang termasuk dalam jalur pengujian yang sedang dianalisis. Kriteria keberhasilan pada tahap ini adalah setiap elemen yang terlibat dalam jalur pengujian ditampilkan dengan penanda visual sesuai urutan proses, sehingga pengguna dapat memahami alur pengujian yang sedang diuji.

Berikutnya pengujian terhadap fitur riwayat file BPMN dengan tujuan memastikan sistem dapat menyimpan serta menampilkan kembali hasil analisis sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan membuka kembali file BPMN yang telah diunggah untuk memverifikasi bahwa pengguna dapat mengakses data pengujian terdahulu tanpa perlu mengunggah ulang berkas. Fitur ini dinyatakan berhasil apabila data hasil analisis dan skenario pengujian sebelumnya dapat dimuat secara konsisten dan tanpa kehilangan informasi.

Tahap terakhir adalah pengujian pada fitur ekspor hasil pengujian, yang berfungsi untuk memastikan sistem mampu menghasilkan keluaran dalam format dokumen seperti PDF dan Excel. Fitur ini dinyatakan berhasil apabila berkas hasil ekspor dapat diunduh dan menampilkan data secara lengkap meliputi Path ID, Summary Step, Action Step, Test Data, Expected Result, Actual Result, dan Tester.

3.2.2 Usability Testing

Pengujian ini dilakukan untuk menilai tingkat kegunaan pada alat ini, pengujian juga mencakup evaluasi terhadap tingkat kegunaan sistem berdasarkan persepsi pengguna. Jenis pengujian yang digunakan adalah *System Usability Scale (SUS)*, yaitu metode penilaian standar yang terdiri atas sepuluh butir pernyataan dengan *likert scale* 1–5. Dalam pelaksanaannya, empat responden yang sebelumnya telah diwawancarai turut mengikuti pengujian dengan pendekatan observasi langsung. Setiap responden diminta untuk menggunakan sistem dan menjalankan beberapa fungsi utama, seperti mengunggah file BPMN, menjalankan analisis jalur, menghasilkan skenario pengujian otomatis, serta mengekspor hasil pengujian. Selama proses tersebut, peneliti mengamati interaksi pengguna untuk mencatat kemudahan, kendala, serta waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan setiap tugas.

Selain keempat responden tersebut, beberapa pengguna tambahan juga berpartisipasi dengan cara menguji sistem secara mandiri dan mengisi kuesioner SUS setelah menggunakan

alat. Kuesioner ini menilai aspek kemudahan penggunaan, konsistensi antarmuka, kebutuhan terhadap bantuan teknis, serta tingkat kepercayaan diri pengguna dalam mengoperasikan sistem. Nilai total SUS dikonversi ke rentang skor 0–100 untuk menentukan tingkat penerimaan sistem oleh pengguna, di mana skor di atas 68 secara umum dianggap menunjukkan tingkat kegunaan yang baik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

4.1.1 Pemrosesan Model BPMN

Pemrosesan model BPMN merupakan bagian penting di dalam sistem yang sedang dikembangkan karena berfungsi untuk mengenali model BPMN yang diunggah oleh pengguna dan mengubahnya dari berkas XML menjadi struktur data yang terorganisasi. Model BPMN itu sendiri berisi alur aktivitas, keputusan, dan hubungan antarproses yang perlu diterjemahkan terlebih dahulu agar dapat diproses dan dianalisis secara otomatis oleh sistem.

Untuk melakukan proses tersebut, alat ini menggunakan *Camunda BPMN Model API*, yaitu pustaka java yang dirancang khusus untuk mengelola, membaca, dan memodifikasi model BPMN secara terstruktur. Dengan pustaka ini, sistem dapat mengenali setiap elemen dalam diagram seperti *task*, *event*, *gateway* hingga *end event* beserta atribut yang terhubung. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk memahami file BPMN sebagai model proses yang dapat dianalisis secara menyeluruh.

Setelah model berhasil dimuat, sistem kemudian akan menelusuri seluruh elemen di dalamnya untuk menemukan komponen – komponen utama pada model BPMN, informasi dari setiap aktivitas, keputusan, serta alur proses akan diubah menjadi bentuk data yang lebih sederhana agar mudah dianalisis di tahap selanjutnya. Selain itu ada juga proses untuk pemetaan peran atau aktor (*lane mapping*) yang dilakukan untuk menentukan siapa pelaksana dari setiap aktivitas dalam proses bisnis. Jika model BPMN sudah menyertakan pembagian peran tersebut, sistem akan secara otomatis menghubungkannya. Namun jika tidak memiliki peran atau aktor, sistem akan menggunakan dari proses utama sebagai acuan pemrosesan.

Sebelum hasil pemrosesan digunakan, sistem akan memeriksa terlebih dahulu apakah struktur model sudah lengkap dan valid, contohnya proses bisnis harus memiliki *start event* dan *end event*. Jika ditemukan kekurangan, maka sistem akan menghentikan proses dan meminta pengguna untuk mengunggah proses bisnis yang sesuai. Setelah semua elemen berhasil diidentifikasi dan divalidasi, hasil pemrosesan akan disimpan ke dalam basis data sebagai representasi model BPMN yang siap digunakan. Data tersebut mencakup struktur proses seperti elemen atau alur proses BPMN, peran pelaksana(*lane mapping*), serta hasil analisis awal yang nantinya menjadi dasar dalam pembangkitan skenario pengujian otomatis.

Dengan cara ini, pengguna bisa mengakses kembali model tanpa harus mengunggah file yang sama berulang kali seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.

```

ALGORITHM ProcessBPMNFile
    INPUT: fileBPMN
    OUTPUT: parsedElements, laneMapping, graphStructure
    IF fileBPMN is empty THEN
        DISPLAY "Mohon unggah file BPMN"
        STOP
    ENDIF
    IF fileBPMN is not BPMN format THEN
        DISPLAY "Jenis file tidak valid"
        STOP
    ENDIF
    model ← LoadBPMNModel(fileBPMN)

    parsedElements ← ExtractAllElements(model)
    laneMapping ← MapLanesAndActors(model)
    graphStructure ← BuildGraphFromSequenceFlows(parsedElements)

    IF StartEvent OR EndEvent is missing THEN
        DISPLAY "Model BPMN tidak valid"
        STOP
    ENDIF

    SAVE parsedElements, laneMapping, graphStructure TO database

    RETURN parsedElements, laneMapping, graphStructure
END ALGORITHM

```

Gambar 4. 1 Pemrosesan Model BPMN

4.1.2 Implementasi Algoritma Depth-First Search (DFS)

Penerapan algoritma DFS ini berperan untuk menelusuri setiap kemungkinan jalur eksekusi proses di dalam model BPMN, mulai dari *start event* hingga *end event*. Penerapan ini bertujuan agar seluruh alur proses bisnis dapat terdeteksi secara menyeluruh dan terstruktur sehingga menghasilkan skenario pengujian yang komprehensif.

Pemilihan algoritma DFS dilakukan karena algoritma ini mampu menelusuri setiap alur proses secara berurutan dan menyeluruh hingga mencapai akhir dari suatu jalur sebelum beralih ke jalur lainnya. Pendekatan ini sangat sesuai digunakan pada model BPMN yang memiliki

banyak percabangan, penggabungan, maupun proses bersarang, dikarenakan sistem dapat memastikan seluruh kemungkinan jalur eksekusi dapat ditemukan secara teratur. Dengan cara ini, sistem dapat memahami urutan aktivitas di dalam model secara lebih sistematis dan memastikan tidak ada bagian proses yang terlewat selama analisis jalur dilakukan.

Setelah model BPMN selesai diproses pada tahap sebelumnya, sistem kemudian membangun representasi struktur graf sebagai dasar untuk menjalankan algoritma DFS. Setiap *flow node* di dalam model diperlakukan sebagai simpul (node), sedangkan *Sequence Flow* yang menghubungkannya direpresentasikan sebagai sisi (edge). Struktur graf ini memberikan bentuk matematis dari proses bisnis, di mana setiap hubungan antar elemen dapat diakses dengan mudah oleh sistem.

```

ALGORITHM BuildGraph(model)
    INPUT: model (BPMN Model Instance)
    OUTPUT: graph (nodeById, outgoingEdges)

    INITIALIZE graph.nodeById as empty map
    INITIALIZE graph.outgoingEdges as empty map

    FOR each node IN model.getAllFlowNodes() DO
        graph.nodeById[node.id] ← node

        IF node.id not in graph.outgoingEdges THEN
            graph.outgoingEdges[node.id] ← empty list
        ENDIF

        FOR each sequenceFlow IN node.outgoingFlows DO
            targetId ← sequenceFlow.target.id
            ADD targetId TO graph.outgoingEdges[node.id]
        END FOR
    END FOR

    RETURN graph
END ALGORITHM

```

Gambar 4. 2 Potongan Kode Implementasi Pembentukan Struktur BPMN

Potongan kode pada Gambar 4.2 berfungsi untuk mengenali semua elemen yang ada di dalam model BPMN, beserta arah dan hubungan antar elemen. Setiap aktivitas, seperti *task*,

event, *gateway*, akan disimpan di dalam sebuah struktur data yang disebut *node map*, yaitu semacam daftar berisi semua elemen proses yang dapat dikenali melalui ID-nya masing – masing. Selanjutnya, sistem juga akan mencatat setiap garis penghubung antar elemen ke dalam daftar yang disebut *outgoing flow*. Daftar ini menunjukkan ke arah mana proses akan berjalan setelah satu aktivitas selesai dilakukan. Selain menyusun hubungan antar aktivitas pada model proses bisnis, tahap ini juga memastikan bahwa semua aliran *node* memiliki koneksi yang valid dan tidak ada aliran proses yang terputus. Dengan demikian, sistem tidak hanya menyiapkan data untuk algoritma DFS, tetapi juga melakukan validasi terhadap konsistensi struktur model BPMN yang diunggah oleh pengguna.

Tahapan selanjutnya adalah proses penelusuran jalur menggunakan algoritma DFS. Pada bagian ini, sistem akan secara bertahap menelusuri setiap kemungkinan urutan aktivitas yang ada di dalam model BPMN, dimulai dari titik awal (start event) hingga mencapai titik akhir (end event). Penelusuran dilakukan secara berulang dan menyeluruh untuk memastikan seluruh jalur proses yang mungkin dapat ditemukan. Setiap kali sistem berhasil mencapai titik akhir, urutan aktivitas tersebut akan dicatat dan disimpan sebagai salah satu jalur proses bisnis pada model BPMN.

```

PROCEDURE DFS(g, currentNode, path)
  cur ← g.nodeById[currentNode]

  ADD currentNode TO path

  IF cur is EndEvent THEN
    SAVE copy of path TO listOfPaths
    REMOVE currentNode FROM path
    RETURN
  ENDIF

  outgoingList ← g.outgoing[currentNode]
  FOR each nextNode IN outgoingList DO
    DFS(g, nextNode, path)
  END FOR

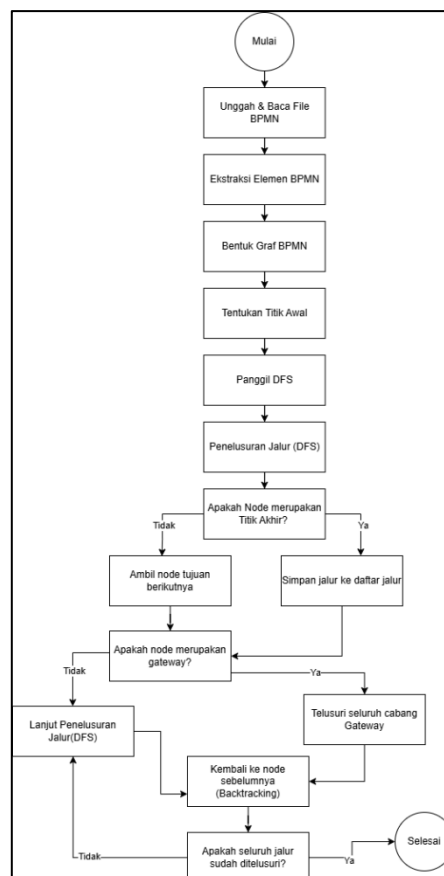
  REMOVE currentNode FROM path
END PROCEDURE

```

Gambar 4. 3 Potongan Kode Implementasi Jalur DFS

Pada potongan kode di atas (Gambar 4.3) merupakan inti dari proses penelusuran jalur. Sistem memulai dari simpul awal yang ditandai sebagai *start event*, lalu bergerak mengikuti arah aliran proses hingga mencapai *end event*. Setiap node yang dilewati akan ditambahkan ke dalam daftar sementara, yang berfungsi menyimpan urutan aktivitas yang sedang dilalui. Setelah mencapai titik akhir, daftar ini disalin dan disimpan sebagai hasil penelusuran satu jalur lengkap.

Pendekatan rekursif yang digunakan di dalam DFS memungkinkan sistem menjelajahi seluruh kombinasi jalur secara menyeluruh. Contohnya ketika sistem menemukan *exclusive gateway*, hanya satu jalur akan diikuti terlebih dahulu, sementara jalur lainnya akan diproses setelahnya. Sebaliknya, jika sistem menemukan *parallel gateway*, seluruh jalur dijalankan secara bersamaan sebelum akhirnya bergabung kembali pada langkah berikutnya. Dengan cara ini, sistem dapat menemukan semua kemungkinan alur proses yang mungkin terjadi pada model BPMN, termasuk kombinasi dari percabangan dan penggabungan aktivitas, tanpa ada bagian yang terlewat. Untuk alur penelusuran algoritma DFS dapat ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Tahap Penelusuran DFS

Untuk mencegah proses penelusuran berjalan terlalu lama atau memasuki perulangan yang tidak berujung, sistem menerapkan konfigurasi batasan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.5 berikut:

```

STRUCT DFSOptions
    maxVisitsPerNode    ← 3
    maxPaths             ← 50,000
    timeLimitMillis     ← 30,000
    maxDepth            ← 300
END STRUCT

```

Gambar 4. 5 Potongan Kode Pembatasan Algoritma DFS

Pembatasan ini bertujuan untuk mengendalikan perilaku dari algoritma DFS selama proses analisis dilakukan, beberapa parameter yang diatur di dalamnya antara lain batas jumlah kunjungan maksimum pada setiap elemen proses agar sistem tidak terjebak dalam pengulangan yang berlebihan, terutama pada model yang memiliki perulangan. Selain itu, sistem juga membatasi jumlah jalur maksimum yang dapat dihasilkan secara otomatis apabila melebihi waktu yang ditentukan. Pembatasan lainnya mengatur tentang kedalaman penelusuran agar sistem tetap stabil ketika melakukan analisis model BPMN yang kompleks atau memiliki banyak percabangan.

Melalui penerapan algoritma DFS, sistem tidak hanya dapat menemukan jalur-jalur proses dengan akurat, tetapi juga mampu memahami kompleksitas struktur BPMN yang dibuat oleh pengguna. Meskipun algoritma DFS yang diterapkan telah mampu menelusuri seluruh jalur proses pada model yang diuji, penerapannya tetap memiliki batasan. Sistem ini difokuskan untuk menganalisis elemen utama yang memengaruhi alur kontrol proses, sehingga elemen pendukung atau yang bersifat non-eksekusi belum sepenuhnya ditangani. Selain itu, pada model BPMN yang sangat kompleks, algoritma DFS dapat menghasilkan jumlah jalur yang sangat besar (path explosion), sehingga diperlukan pembatasan jumlah jalur dan waktu eksekusi untuk menjaga stabilitas sistem. Dengan cara ini, alat yang dikembangkan dapat memastikan bahwa setiap potensi alur eksekusi teridentifikasi di dalam hasil pengujian.

Secara keseluruhan, penerapan algoritma DFS berperan penting sebagai dasar untuk melakukan analisis di dalam sistem yang dikembangkan. Algoritma ini tidak hanya berfungsi untuk menemukan jalur proses, tetapi juga memastikan hubungan antar elemen dalam model

BPMN dapat terjaga sesuai dengan proses bisnis. Penerapan algoritma ini menjadi bagian yang krusial dalam mewujudkan otomatisasi pengujian berbasis BPMN yang efisien, akurat, serta dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna.

4.1.3 Integrasi Large Language Model (LLM)

Setelah seluruh jalur proses berhasil diidentifikasi melalui algoritma DFS, sistem kemudian memanfaatkan hasil analisis tersebut sebagai landasan dalam pembentukan skenario pengujian yang mudah dipahami. Jalur – jalur yang sudah ditemukan selanjutnya akan dikirim ke dalam LLM untuk diproses lebih lanjut. Pada tahap ini LLM akan menerjemahkan hasil analisis yang semula bersifat teknis menjadi bentuk narasi yang informatif dan mudah dipahami.

Integrasi LLM dilakukan melalui layanan *API Service*, yang bertugas untuk menghubungkan sistem dengan model GPT-4o. Prosesnya dimulai dengan mengonversi hasil penelusuran jalur menjadi format teks yang mudah dipahami. Sistem menggabungkan seluruh aktivitas di setiap jalur menjadi rangkaian terstruktur dengan simbol panah “->” sebagai penghubung setiap aktivitas. Jika model BPMN memiliki pembagian tanggung jawab (*lane*), maka sistem tetap mempertahankan informasi tersebut agar dapat menyesuaikan narasi pengujian sehingga relevan di setiap langkah yang dibuat.

Selanjutnya ada pembentukan instruksi (*prompt*) yang berisi sebagai panduan bagi LLM dalam menghasilkan hasil sesuai yang diinginkan. Isi dari *prompt* tersebut mencakup gambaran umum proses yang sedang diuji, urutan aktivitas yang dihasilkan oleh algoritma DFS, serta arahan penulisan agar keluaran yang dihasilkan bersifat naratif dan konsisten. Melalui instruksi ini, sistem meminta model menguraikan skenario pengujian secara runtut dan deskriptif, dan melengkapi setiap langkah dengan data pengujian dan hasil yang diharapkan dalam format JSON. Selain itu, model juga diarahkan untuk menuliskan ringkasan singkat yang menggambarkan keseluruhan alur kerja dari proses bisnis. Contoh lengkap isi *prompt* dapat dilihat pada Lampiran A.

Fungsi *OptimizedPrompt* adalah untuk menyusun teks panduan yang berisi konteks proses bisnis, urutan aktivitas yang akan diuji, serta aturan penulisan hasil keluaran agar model dapat menghasilkan skenario pengujian yang terstruktur dan mudah dipahami. Pada bagian awal, sistem akan memeriksa hasil dari model BPMN yang sedang diproses memiliki pembagian *lane* atau tidak. Jika terdapat *lane*, maka ditambahkan sebuah instruksi khusus agar

setiap langkah yang dihasilkan oleh model tetap menampilkan format [*lane*], sehingga peran dari setiap aktor dalam proses bisnis dapat terlihat dengan jelas.

Selanjutnya dalam instruksi ini juga menambahkan contoh langkah yang benar ke dalam instruksi sebagai acuan bagi model dalam menyusun kalimat. Contoh ini berfungsi untuk membedakan hasil keluaran yang terlalu singkat misalnya “Kirim barang” dengan hasil yang lebih lengkap dan bermakna, seperti “Melakukan pengiriman barang sesuai dengan alamat tujuan”. Dengan contoh tersebut, model akan menulis hasil skenario pengujian yang lebih informatif dan mudah dipahami.

Setelah seluruh bagian instruksi selesai disusun, sistem menggabungkannya menjadi satu teks utuh menggunakan format *string*. Di dalamnya terdapat elemen – elemen penting hasil dari urutan jalur aktivitas analisis DFS, dan petunjuk penulisan yang harus diikuti oleh LLM. Selain itu, struktur hasil keluaran juga telah ditentukan agar menghasilkan output yang rapi dan konsisten. Format keluaran tersebut terdiri dari, SUMMARY, DESKRIPSI, SCENARIO_STEP, INPUT_DATA dan EXPECTED RESULT. Masing – masing bagian tersebut memiliki fungsi yang berbeda: SUMMARY yang berisi ringkasan singkat proses bisnis, DESKRIPSI menjelaskan alur proses bisnis secara naratif, SCENARIO_STEP berisi langkah – langkah pengujian, INPUT_DATA menampilkan contoh data pengujian dari proses bisnis, dan EXPECTED RESULT menunjukkan hasil yang diharapkan pada proses bisnis tersebut.

Setelah instruksi selesai dibentuk, langkah selanjutnya adalah menyiapkan dan mengirim permintaan ke LLM untuk diproses. Permintaan tersebut berisi konteks proses bisnis, langkah – langkah dari proses bisnis, serta arahan yang harus diikuti oleh model dalam menghasilkan skenario pengujian. Tujuannya adalah agar model dapat memahami alur proses secara menyeluruh dan menghasilkan skenario pengujian yang mudah dipahami oleh semua pengguna, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.

```

ALGORITHM GenerateScenarioUsingLLM(pathLabels, context, hasLanes)
  INPUT: pathLabels, context, hasLanes
  OUTPUT: llmResponse
  readablePath ← Join(pathLabels, " -> ")
  fullDescription ← BuildDescription(pathLabels)
  prompt ← BuildOptimizedPrompt(context, readablePath,
  fullDescription, hasLanes)

```

```

requestBody.model      ← "gpt-4o"
requestBody.temperature ← 0.1
requestBody.max_tokens  ← 2000

requestBody.messages ← [
    { role: "system", content: "Anda adalah asisten QA profesional
yang sangat terstruktur." },
    { role: "user",   content: prompt }
]

llmResponse ← SendPOSTRequest(
    url =
"https://api.openai.com/v1/chat/completions",
    body = requestBody,
    headers = authorizationHeader
)

RETURN llmResponse
END ALGORITHM

```

Gambar 4. 6 Potongan Kode Implementasi Integrasi LLM

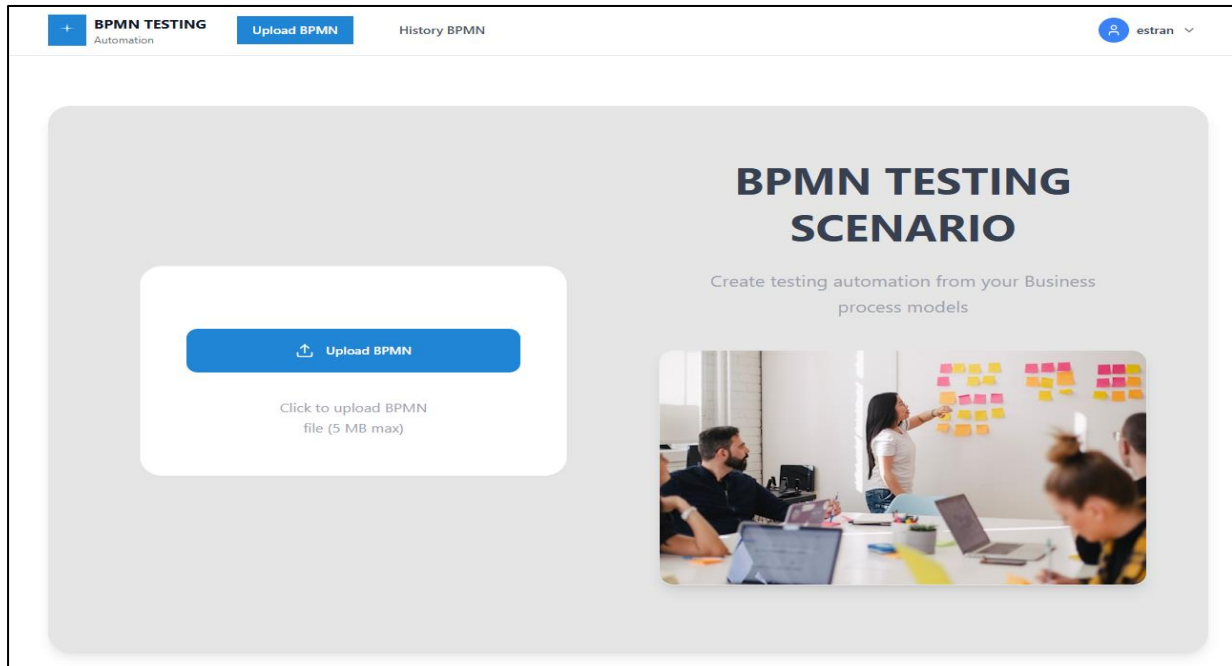
Pada potongan kode tersebut menunjukkan cara sistem dalam menyiapkan dan mengirim permintaan ke dalam model agar dapat menghasilkan skenario pengujian secara otomatis. Setelah menyiapkan data permintaan dalam format JSON, yang mencakup pengaturan model yang digunakan (GPT-4o), tingkat ketelitian jawaban (temperature), batas panjang teks keluaran, serta isi instruksi atau *prompt* yang telah disusun sebelumnya, sistem kemudian mengirimkannya ke layanan OpenAI melalui *endpoint* API. LLM tersebut akan memproses permintaan dan mengembalikan hasil berupa deskripsi skenario pengujian yang lengkap. Seperti langkah – langkah pengujian, data pengujian, serta hasil yang diharapkan dari setiap jalur proses bisnis.

4.2 Tampilan Antarmuka Sistem

4.2.1 Menu Unggah Model BPMN

Setelah pengguna berhasil masuk melalui proses autentikasi, pengguna akan diarahkan ke tampilan ini untuk mengunggah file model BPMN dengan format .bpmn, halaman ini merupakan awal bagi pengguna untuk melakukan pengujian pada model BPMN. Pengguna dapat mengunggah file dengan menekan tombol “Upload BPMN”, setelah file diunggah, sistem akan secara otomatis melakukan pembacaan terhadap struktur model BPMN menggunakan

Camunda Model API. Seluruh elemen penting seperti *start event*, *task*, *gateway*, dan *end event* akan diekstraksi dari model, kemudian akan ditelusuri menggunakan algoritma Depth-First Search (DFS) untuk menemukan seluruh kemungkinan jalur proses dari awal hingga akhir, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.7.

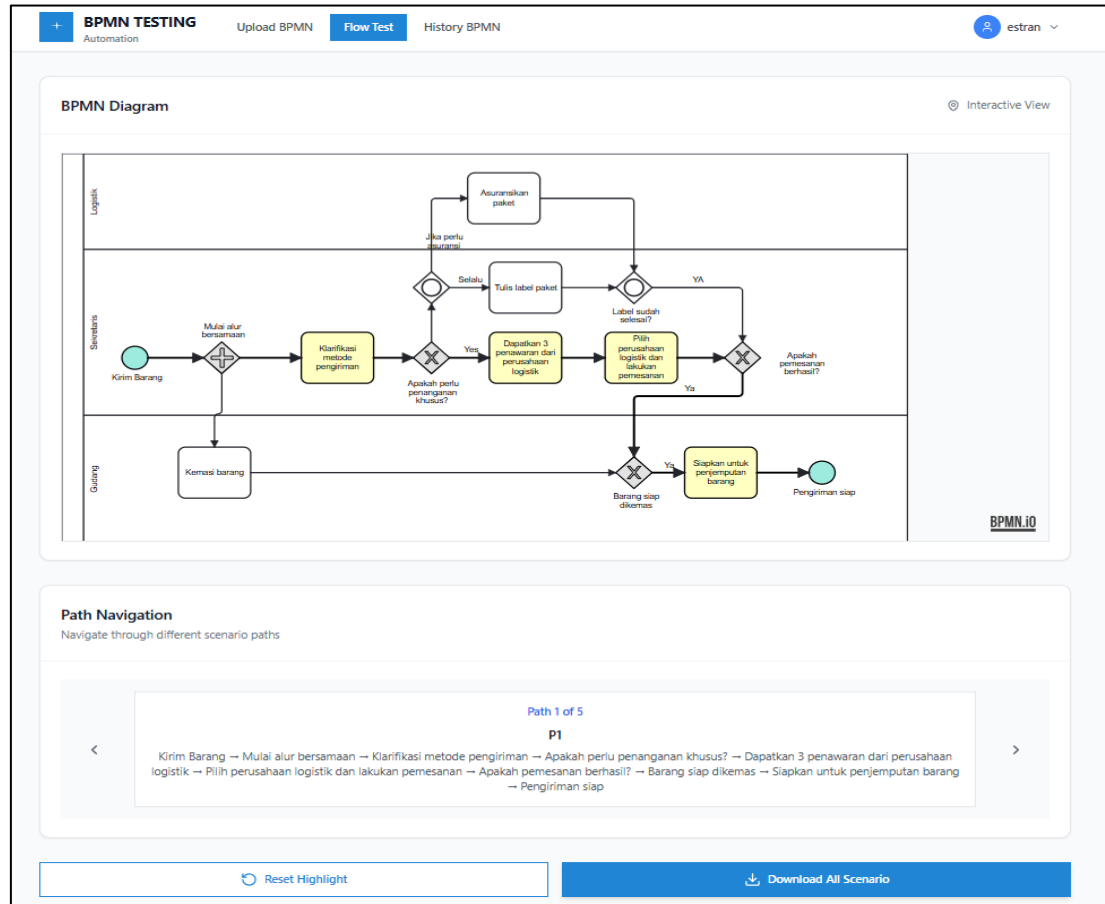


Gambar 4. 7 Implementasi Menu Unggah File BPMN

4.2.2 Menu Pembuatan Skenario Pengujian Secara Otomatis

Setelah file BPMN berhasil diunggah dan divisualisasikan, pengguna dapat melanjutkan ke tahap pembuatan skenario pengujian secara otomatis. Proses ini dilakukan dengan menekan tombol “Generate Scenario” seperti terlihat pada Gambar 4.8.

pengujian melalui *path navigation* yang menampilkan urutan proses bisnis dari setiap jalur yang berhasil diidentifikasi, sebagaimana divisualisasikan pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Visualisasi Diagram BPMN Hasil Pengujian

2. Daftar jalur dan Skenario Pengujian

Bagian selanjutnya adalah daftar seluruh skenario pengujian yang berhasil dibentuk dari hasil analisis jalur BPMN. Setiap jalur memiliki *id path*, dan masing – masing jalur berisi deskripsi singkat mengenai langkah proses bisnis yang diuji, jumlah langkah dalam skenario (steps), serta status pengujian yang menunjukkan hasil dari pengujian tersebut. Kemudian pengguna dapat menekan tombol “Detail“ untuk membuka tampilan yang lebih lengkap dari setiap skenario pengujian, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.10.

Test Scenarios			
5 scenario paths available			
PATH ID	SCENARIO OVERVIEW	STATUS	ACTIONS
P1	Proses pengiriman barang dimulai ketika sekretaris mengirimkan barang dan 10 steps	Proses pengiriman berhasil disiapkan	Detail
P2	Proses pengiriman barang dimulai dengan sekretaris yang bertanggung jawab 11 steps	Proses pengiriman berhasil	Detail
P3	Proses pengiriman barang dimulai dengan sekretaris yang bertanggung jawab 11 steps	Proses pengiriman barang berhasil diselesaikan	Detail
P4	Proses pengiriman barang dimulai ketika sekretaris mengirim barang ke alam 13 steps	Proses pengiriman berhasil disiapkan	Detail
P5	Proses pengiriman barang dimulai dengan sekretaris yang bertugas mengirim 6 steps	Proses pengiriman barang berhasil	Detail

Gambar 4. 10 Daftar Jalur Skenario Pengujian

3. Deskripsi dan Langkah Pengujian

Setelah pengguna memilih salah satu jalur pengujian, sistem akan menampilkan halaman berisi deskripsi jalur pengujian. Deskripsi ini merupakan hasil dari analisis jalur yang diubah oleh LLM menjadi narasi yang mudah dipahami oleh pengguna. Di bagian bawah halaman, terdapat bagian langkah - langkah pengujian dilengkapi dengan informasi mengenai *lane* (jika tersedia), beserta uraian tindakan yang dilakukan pada setiap tahap proses. Seluruh langkah disusun secara berurutan dan logis sesuai dengan alur pada diagram BPMN, sehingga pengguna dapat memahami urutan proses pengujian dengan lebih mudah. Selain itu, halaman ini juga menyediakan fitur penyuntingan (edit) terhadap setiap langkah maupun deskripsi skenario. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk memperbaiki redaksi kalimat, menambahkan detail, atau menyesuaikan konteks tindakan tertentu agar hasil skenario pengujian lebih sesuai dengan kondisi pengujian aktual, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.11.

Scenario Description

Edit

Proses pengiriman barang dimulai ketika sekretaris mengirimkan barang dan memulai alur bersamaan untuk mengklarifikasi metode pengiriman yang tepat. Jika barang memerlukan penanganan khusus, sekretaris bertugas mendapatkan tiga penawaran dari perusahaan logistik yang berbeda. Setelah menerima penawaran, sekretaris memilih perusahaan logistik yang paling sesuai dan melakukan pemesanan. Jika pemesanan berhasil, gudang akan diberitahu untuk menyiapkan barang. Barang kemudian dikemas dan disiapkan untuk penjemputan, memastikan bahwa semua persiapan telah dilakukan untuk pengiriman yang sukses.

Action Steps

Edit

- [Sekretaris] Mengirim barang ke alamat tujuan yang telah ditentukan dengan memastikan semua dokumentasi dan persyaratan pengiriman telah dipenuhi.
- [Sekretaris] Memulai alur bersamaan untuk mengklarifikasi metode pengiriman yang paling efisien dan sesuai dengan kebutuhan barang.
- [Sekretaris] Mengklarifikasi apakah barang memerlukan penanganan khusus berdasarkan jenis dan kondisi barang.
- [Sekretaris] Jika diperlukan, mendapatkan tiga penawaran dari perusahaan logistik yang berbeda untuk membandingkan harga dan layanan.
- [Sekretaris] Memilih perusahaan logistik yang menawarkan penawaran terbaik dan melakukan pemesanan untuk pengiriman barang.
- [Sekretaris] Memastikan bahwa pemesanan telah berhasil dilakukan dan semua detail pengiriman telah dikonfirmasi.
- [Gudang] Menyiapkan barang untuk dikemas dengan memastikan semua barang dalam kondisi baik dan sesuai dengan pesanan.
- [Gudang] Menyiapkan barang untuk penjemputan dengan melakukan pengecekan akhir terhadap kualitas dan kelengkapan barang.
- [Gudang] Memastikan bahwa pengiriman siap dilakukan dengan semua dokumen dan persiapan telah selesai.

Gambar 4. 11 Deskripsi dan Langkah Pengujian

4. Data Pengujian dan Hasil yang Diharapkan

Bagian terakhir menampilkan data pengujian (Test Data) dan hasil yang diharapkan (Expected Result) dari skenario pengujian. Komponen ini berfungsi untuk memberikan konteks yang lebih konkret terhadap jalur proses yang diuji. Data pengujian mencakup nilai – nilai input yang dihasilkan secara otomatis oleh LLM berdasarkan konteks proses bisnis. Sementara itu, hasil yang diharapkan (expected result) menggambarkan kondisi akhir yang seharusnya terjadi apabila seluruh langkah pengujian dijalankan sesuai skenario, sehingga informasi tersebut dapat menjadi acuan bagi pengguna dalam melakukan verifikasi hasil pengujian, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 4.12.

Test Data

Edit

1. Logistics Offers

Item 1: price: 1000, company: Logistik A

Item 2: price: 1200, company: Logistik B

Item 3: price: 1100, company: Logistik C

2. Destination Address: Jl. Merdeka No. 123

3. Requires Special Handling: true

Expected Result

Edit

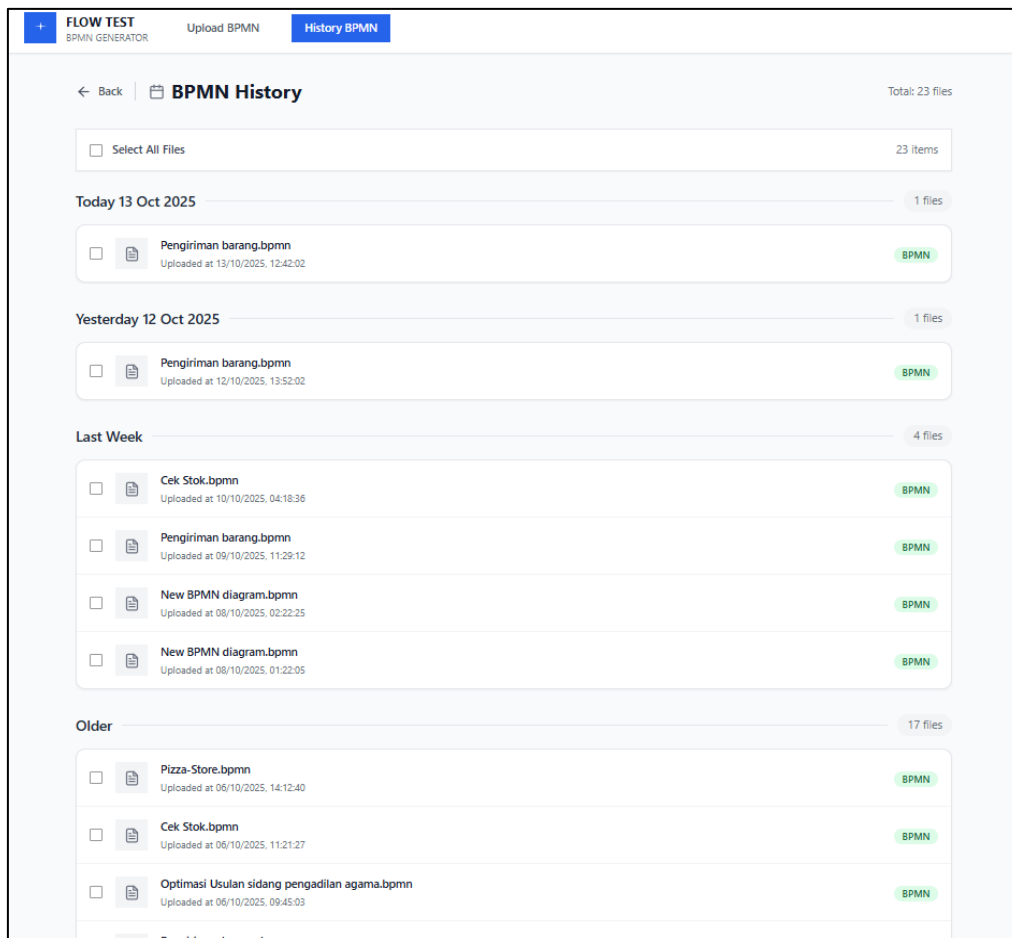
Proses pengiriman berhasil disiapkan

Gambar 4. 12 Data Pengujian dan Hasil yang Diharapkan

4.2.4 Menu Riwayat File BPMN

Menu ini berfungsi untuk menampilkan daftar seluruh berkas model BPMN yang pernah diunggah dan diuji oleh pengguna. Fitur ini dikembangkan agar pengguna dapat mengakses kembali hasil pengujian sebelumnya tanpa perlu melakukan unggahan ulang terhadap berkas yang sama. Dengan demikian, pengguna dapat melakukan perbandingan antara versi model BPMN yang berbeda, melihat hasil skenario sebelumnya, atau mengunduh ulang dokumen hasil pengujian apabila diperlukan.

Pada halaman ini, sistem menampilkan daftar file dalam bentuk tabel yang dikelompokkan secara otomatis berdasarkan waktu unggah, contohnya *today*, *yesterday*, *last week*, dan *older*, untuk mempermudah navigasi dan pencarian berkas. Setiap item dalam daftar dilengkapi dengan nama file, tanggal dan waktu unggah, serta jenis berkas yang ditandai BPMN. Selain itu pengguna juga dapat menghapus berkas yang sudah tidak diperlukan dan memastikan hanya model BPMN yang relevan yang tersimpan di dalam sistem. Implementasi tampilan menu ini dapat dilihat pada Gambar 4.13.

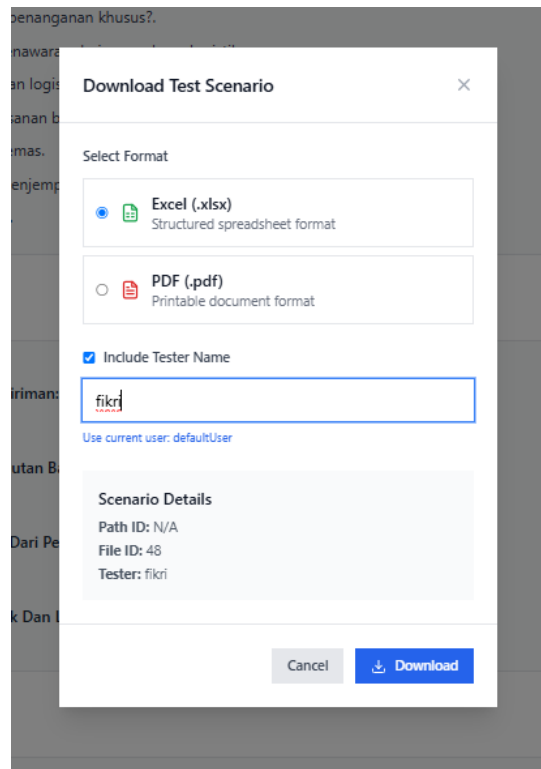


Gambar 4. 13 Implementasi Riwayat File BPMN

4.2.5 Fitur Ekspor Hasil Skenario Pengujian

Fitur ini berfungsi untuk menghasilkan dokumen hasil pengujian yang dapat diunduh oleh pengguna dalam format Excel (.xlsx) atau PDF (.pdf). Tujuannya adalah agar pengguna dapat menyimpan, membagikan, atau memvalidasi hasil pengujian yang telah dilakukan di luar sistem. Dokumen yang dihasilkan mencakup seluruh informasi penting mengenai jalur pengujian, langkah pengujian, data pengujian, dan hasil yang diharapkan.

Sebelum proses unduhan dilakukan, sistem akan menampilkan jendela *pop-up* yang berisi beberapa opsi ekspor. Pada bagian ini, pengguna dapat memilih jenis format dokumen serta dapat mengaktifkan opsi “*Include Tester Name*” untuk menambahkan nama penguji pada dokumen. Dengan menulis secara manual pada kolom yang tersedia. Setelah pengaturan selesai, pengguna dapat menekan tombol “Download”, dan sistem akan secara otomatis menghasilkan sesuai pilihan yang telah ditentukan. Contoh tampilan jendela ekspor ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Jendela pop-up ekspor file pengujian

Hasil ekspor dalam format Excel atau PDF akan menampilkan data dalam bentuk tabel terstruktur. Setiap skenario pengujian akan direpresentasikan dalam satu baris dengan kolom yang memuat detail pengujian. Deskripsi dari setiap kolom hasil ekspor dijelaskan pada Tabel 4.1, sedangkan contoh hasil ekspor lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel 4. 1 Deskripsi Kolom Hasil Pengujian

Kolom	Keterangan
Path ID	Menunjukkan identitas atau kode jalur pengujian (contohnya P1, P2 dan seterusnya) yang mempresentasikan urutan proses BPMN yang diuji
Summary Step	Berisikan ringkasan dari keseluruhan alur pengujian yang dihasilkan berdasarkan analisis jalur menggunakan algoitma DFS dan LLM
Action Step	Menampilkan daftar langkah – langkah pengujian yang disusun secara berurutan sesuai dengan proses bisnis.
Test Data	Memuat nilai – nilai input yang digunakan selama proses pengujian yang diambil berdasarkan hasil analisis jalur pengujian

Expected Result	Memuat hasil yang diharapkan dari pengujian pada jalur proses bisnis
Actual Result	Merupakan kolom yang disediakan untuk mencatat hasil aktuan yang diperoleh saat pengujian dilakukan secara langsung oleh pengguna
Tester	Menampilkan nama pengguna atau penguji yang menjalankan proses pengujian

4.3 Hasil Black Box Testing

Pengujian black box dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fitur pada alat pembangkit skenario pengujian dari BPMN berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Metode ini berfokus pada pemeriksaan fungsionalitas sistem dari sisi masukan (input) dan keluaran (output), tanpa memperhatikan proses logika internal di dalam kode program. Pengujian dilakukan terhadap seluruh komponen utama yang merepresentasikan alur penggunaan sistem, mulai dari autentikasi pengguna, proses unggah dan analisis file BPMN, pembuatan serta pengeditan skenario pengujian otomatis, hingga visualisasi, penyimpanan riwayat, dan ekspor hasil pengujian. Setiap pengujian dilakukan dengan memberikan data uji tertentu untuk memverifikasi apakah hasil keluaran yang dihasilkan sistem sesuai dengan hasil yang diharapkan. Apabila hasil aktual sesuai dengan ekspektasi, maka fitur dinyatakan berfungsi dengan benar (valid).

4.3.1 Pengujian Autentikasi Pengguna

Pengujian pertama dilakukan pada fitur autentikasi pengguna yang mencakup proses registrasi dan login. Tujuannya untuk memastikan bahwa sistem dapat memverifikasi kredensial pengguna secara benar serta menampilkan pesan validasi yang sesuai. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Skenario Pengujian Autentikasi Pengguna

No	Skenario Pengujian	Data Uji (Input)	Hasil yang diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Pengguna mengisi form registrasi dengan data valid.	Username: estran, Password: 123456, Confirm Password: 123456	Pengguna berhasil membuat akun baru dan muncul pesan "Registration Succesfully".	Akun baru berhasil dibuat dan pesan "Registration Successfully" muncul.	Berhasil

2	Pengguna <i>login</i> dengan data valid.	Username: estran, Password: 123456,	Pengguna berhasil masuk ke dalam halaman pengguna	Pengguna berhasil masuk dan diarahkan ke halaman pengguna	Berhasil
3	Pengguna <i>login</i> dengan data tidak valid	Username: nasze Password: asqweqwe12	Pengguna tidak berhasil masuk dan Muncul pesan “Invalid username or password”	Pengguna gagal masuk dan muncul pesan “Invalid username or password”	Berhasil
4	Pengguna mengisi kolom password kurang dari 6 karakter	Username: deanzel Password: na123 Confirfm Password: na123	Pengguna tidak berhasil membuat akun dan muncul pesan “Password must be at least 6 characters long ”	Pengguna gagal membuat akun dan muncul pesan “Password must be at least 6 characters long”	Berhasil

4.3.2 Pengujian Pembuatan Skenario dari Diagram BPMN

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk memverifikasi fungsi utama sistem, yaitu proses pembuatan skenario pengujian otomatis dari model BPMN. Pengujian mencakup proses mengunggah file BPMN, analisis jalur dengan algoritma DFS, pengiriman data ke LLM, hingga penyuntingan narasi dan penyorotan jalur pada diagram BPMN. Rincian hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Skenario Pengujian Pembuatan Skenario dari BPMN

No	Skenario Pengujian	Data Uji (Input)	Hasil yang diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Pengguna mengunggah file BPMN yang valid	File: Pengiriman Barang.bpmn	Pengguna berhasil mengunggah file BPMN	File BPMN berhasil diunggah	Berhasil
2	Pengguna menjalankan analisis jalur BPMN.	Menekan tombol “Upload BPMN”	Seluruh jalur valid dari diagram BPMN dapat terdeteksi dari awal hingga akhir.	Jalur BPMN dapat dianalisis dari titik awal hingga titik akhir	Berhasil

3	Pengguna mengunggah file BPMN tidak valid	File: Pengiriman Barang.png	Pengguna gagal mengunggah file BPMN dan muncul pesan “Please select a valid BPMN file (.bpmn)”	File BPMN gagal diunggah dan muncul pesan “Please select a valid BPMN file (.bpmn)”	Berhasil
4	Sistem mengirim jalur ke LLM dengan file yang valid	File: Pengiriman Barang.bpmn	Skenario Pengujian menampilkan langkah pengujian, data uji, dan hasil yang diharapkan.	Sistem berhasil mengirimkan hasil analisis ke LLM dan menampilkan skenario pengujian secara lengkap	Berhasil
5	Pengguna dapat mengedit narasi skenario pengujian dan menyimpan ulang.	Menekan tombol “Edit”	Perubahan tersimpan dan muncul pesan “Saved Succesfully”	Perubahan berhasil disimpan dan muncul pesan “Saved Succesfully”	Berhasil
6	Sistem menyorot jalur yang dilalui pada diagram BPMN.	Path 1 terpilih	Elemen BPMN diberi warna berbeda sesuai urutan aktivitas.	Diagram BPMN berhasil menyorot urutan aktivitas sesuai <i>path</i> yang dipilih	Berhasil

4.3.3 Pengujian Fitur Riwayat File dan Ekspor Hasil Pengujian

Pengujian terakhir dilakukan pada fitur riwayat file dan ekspor hasil pengujian. Tujuannya yaitu untuk memastikan bahwa sistem dapat menyimpan dan menampilkan kembali hasil pengujian sebelumnya, serta mampu mengekspor data ke dalam format excel ataupun PDF. Rincian hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Skenario Riwayat File dan Ekspor Hasil Pengujian

No	Skenario Pengujian	Data Uji (Input)	Hasil yang diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Membuka kembali file yang pernah diunggah.	File: Cek Stok.bpmn	Riwayat file dan hasil pengujian dapat diakses kembali.	File BPMN yang sudah diunggah dapat dibuka kembali beserta hasil skenario pengujiannya.	Berhasil
2	Mengekspor hasil ke format PDF dan Excel.	File: Cek Stok.bpmn Skenario Hasil pengujian	File hasil ekspor dapat diunduh dan berisi kolom Summary Step, Action Step, Test Data, Expected Result, Actual Result dan Tester.	File berhasil diekspor dalam format PDF dan Excel dengan struktur kolom sesuai.	Berhasil
3	Hapus hasil pengujian BPMN	Menekan tombol Delete	File hasil pengujian dapat dihapus.	File BPMN berhasil dihapus	Berhasil

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur telah berfungsi dengan baik. Sistem mampu memproses file BPMN, menelusuri jalur menggunakan algoritma DFS, serta menghasilkan skenario pengujian otomatis melalui LLM dengan keluaran yang sesuai harapan. Fitur seperti autentikasi pengguna, penyuntingan skenario pengujian, penyorotan jalur pada diagram, riwayat file, dan ekspor hasil pengujian juga berjalan stabil tanpa kesalahan. Secara keseluruhan, sistem dinyatakan valid secara fungsional, dengan demikian, sistem telah bekerja secara konsisten dan menjalankan seluruh fungsi utamanya dengan baik.

4.4 Hasil Usability Testing

Berdasarkan hasil observasi, seluruh pengguna dapat menjalankan fungsi utama sistem dengan baik, mulai dari proses unggah file BPMN, analisis jalur menggunakan algoritma Depth-First Search (DFS), hingga pembuatan skenario pengujian otomatis melalui LLM. Pada pengujian menggunakan model BPMN sederhana, waktu pemrosesan rata - rata kurang dari satu menit sejak analisis dimulai hingga skenario pengujian dihasilkan. Sementara itu, pada

model dengan struktur yang lebih kompleks dan memiliki banyak percabangan, waktu eksekusi membutuhkan durasi yang lebih lama dan proses analisis dan pemanggilan pada LLM menjadi lebih berat. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu berfungsi secara efisien, dengan perbedaan waktu pemrosesan yang bergantung pada tingkat kompleksitas model BPMN yang diuji.

Selanjutnya setelah seluruh fitur utama pada sistem berfungsi dengan baik, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian *usability* untuk menilai sejauh mana alat pembangkit skenario pengujian dari BPMN mudah digunakan oleh pengguna. Pada tahap ini, pengguna akan diminta memberikan penilaian menggunakan skala likert satu sampai lima yaitu, 1 sangat tidak setuju, 2 tidak setuju, 3 netral, 4 setuju, 5 sangat setuju. Setiap jawaban dari responden kemudian akan diolah menggunakan rumus berikut:

1. Setiap pernyataan yang bernomor ganjil, skor dihitung dengan nilai yang diberikan responden dikurangi satu.
2. Setiap pernyataan yang bernomor genap, lima akan dikurangi dengan nilai yang diberikan responden.
3. Seluruh skor yang diperoleh akan dijumlahkan, kemudian hasilnya akan dikalikan dengan 2,5 untuk mendapatkan nilai akhir dengan rentang 0 – 100.

Pengujian ini dilakukan terhadap 14 responden yang berasal dari beragam profesi di bidang teknologi informasi dan pengembangan perangkat lunak. Adapun respondennya terdiri dari 3 orang Backend Engineer/Developer, 2 orang Enterprise Architect serta masing – masing 1 orang Product Manager, Software Engineer, AI Engineer, Machine Learning Engineer, System analyst, Datacom Specialist, Business Analyst, Business Development Officer, dan Mahasiswa. Daftar pertanyaan yang digunakan dalam kuesioner System Usability Scale (SUS) dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Pertanyaan System Usability Scale

No	Pertanyaan
1	Saya berpikir saya akan ingin menggunakan sistem ini secara sering
2	Saya merasa alat ini terlalu rumit untuk digunakan
3	Saya merasa alat ini mudah digunakan
4	Saya memerlukan dukungan teknis untuk dapat menggunakan alat ini
5	Fitur-fitur dalam alat ini terintegrasi dengan baik
6	Saya menemukan adanya ketidakkonsistenan dalam alat ini

7	Saya yakin kebanyakan orang dapat dengan cepat mempelajari cara menggunakan alat ini
8	Alat ini terasa membingungkan untuk digunakan
9	Saya merasa percaya diri saat menggunakan alat ini
10	Saya perlu mempelajari banyak hal terlebih dahulu sebelum dapat menggunakan alat ini

Tabel 4. 6 Hasil Kuesioner System Usability Scale

Responden	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
R1	4	1	4	3	4	3	4	2	4	3
R2	4	1	4	1	4	4	3	1	2	2
R3	5	1	5	4	5	1	5	1	5	3
R4	4	2	5	2	5	2	5	1	5	1
R5	3	2	4	4	4	1	3	3	3	4
R6	3	2	4	3	5	2	4	3	4	4
R7	5	2	5	2	4	2	5	2	4	2
R8	3	3	3	4	4	3	3	4	2	5
R9	5	1	5	2	5	1	5	1	5	1
R10	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
R11	5	1	5	1	5	1	4	1	5	1
R12	4	1	5	1	5	3	4	2	5	1
R13	4	2	5	1	4	1	5	1	5	1
R14	4	2	4	3	4	4	4	2	4	2

Pengujian ini dilakukan terhadap 14 responden dari berbagai latar belakang profesi setelah menggunakan sistem yang dikembangkan. Hasil pengisian kuesioner System Usability Scale (SUS) oleh masing – masing responden disajikan pada Tabel 4.6. Berdasarkan hasil tersebut, Diperoleh nilai rata – rata SUS sebesar 78.92. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem termasuk dalam kategori *Good* atau *Acceptable*, sehingga dapat disimpulkan bahwa alat ini mudah digunakan dan dapat diterima dengan baik oleh pengguna.

Secara umum, pengguna menilai bahwa sistem yang diuji telah berfungsi dengan baik dan mudah untuk digunakan. Proses unggah, analisis jalur, hingga pembuatan skenario secara otomatis dapat dijalankan tanpa kendala berarti. Tampilan antarmuka juga dianggap sederhana dan tidak membingungkan, meskipun terdapat beberapa hal yang dapat ditngkatkan agar pengalaman pengguna menjadi lebih nyaman. Beberapa umpan balik yang diperoleh dari hasil pengujian antara lain:

1. Sebagian pengguna awalnya mengira sistem ini juga dapat digunakan untuk membuat model BPMN, bukan hanya membaca dan menguji model yang sudah ada. Mereka menyarankan agar deskripsi atau petunjuk penggunaan pada halaman unggah dapat dibuat lebih informatif supaya pengguna baru langsung memahami fungsi sistem dengan jelas.
2. Antarmuka dinilai sudah cukup bersih dan mudah dipahami, namun tampilannya masih terlihat kaku. Oleh karena itu, pengguna menyarankan agar desain dibuat lebih menarik dengan tambahan *sticky header* dan *footer* agar navigasi terasa lebih rapi dan profesional.
3. Navigasi antarhalaman sudah berjalan dengan baik, namun beberapa pengguna menilai perlu adanya notifikasi saat berpindah halaman tanpa menyimpan hasil edit, khususnya pada halaman “Flow Test”. Fitur ini dianggap penting agar perubahan yang telah dilakukan tidak hilang secara tidak sengaja.
4. Beberapa pengguna juga menilai bahwa nama variabel pada bagian *test data* dan *edit scenario* belum sepenuhnya konsisten, sehingga terkadang menimbulkan kebingungan. Diperlukan penyesuaian nama atau label agar lebih mudah dipahami dan sesuai dengan konteks data yang digunakan.
5. Selain itu, pengguna juga memberikan ide pengembangan tambahan seperti penambahan fitur berbagi hasil pengujian melalui tautan (share link) serta fitur validasi pada struktur BPMN sebelum proses analisis dijalankan. Keduanya dinilai dapat meningkatkan fleksibilitas dan keandalan sistem.

4.5 Hasil Analisis Waktu dan Kompleksitas Sistem

Pada bagian ini dilakukan analisis terhadap kinerja sistem dalam memproses model BPMN berdasarkan waktu eksekusi yang dibutuhkan untuk menelusuri seluruh jalur proses dan menghasilkan skenario pengujian. Pengujian ini tidak hanya bertujuan untuk memastikan bahwa sistem bekerja dengan benar secara fungsional, tetapi juga untuk memahami bagaimana performa sistem berubah ketika berhadapan dengan tingkat kompleksitas model yang berbeda. Oleh karena itu, beberapa skenario BPMN digunakan sebagai sampel, mulai dari model sederhana yang hanya memiliki satu alur utama, hingga model yang lebih kompleks yang melibatkan subprocess, inclusive gateway, dan implicit merge. Melalui pengukuran ini, dapat diketahui kemampuan sistem dalam menangani struktur proses yang bervariasi, serta batasan-

batasan yang mungkin muncul ketika model menjadi semakin rumit. Hasil pengujian pada model BPMN dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Pemrosesan Model BPMN

Nama Model	Kategori	Jumlah Jalur Terbaca	Waktu Pemrosesan	Catatan
Cek Stok.bpmn	Sederhana (<i>Exclusive Gateway</i>)	2	16 detik	Semua elemen BPMN dapat terbaca
Registrasi Akun Baru.bpmn	Sederhana (<i>User/System Task</i>)	2	29 detik	Semua elemen BPMN dapat terbaca
Pengajuan Cuti Karyawan.bpmn	Sederhana (<i>User/System Task</i>)	2	24 detik	Semua elemen BPMN dapat terbaca
Optimasi Sidang Pengusulan Agama.bpmn	<i>Subprocess, Timer Boundary</i>	6	1 Menit 9 detik	Semua elemen BPMN dapat terbaca pada bagian sub proses
Pengiriman Barang.bpmn	<i>Inclusive dan paralel Gateway 2 cabang</i>	6	1 Menit 10 detik	Semua elemen BPMN dapat terbaca dan dapat membuat kombinasi jalur pada <i>inclusive gateway</i>
Klaim Asuransi Kesehatan.bpmn	<i>Subprocess, Exclusive Gateway</i>	6	1 Menit 10 detik	Semua elemen BPMN dapat terbaca pada bagian sub proses
Peminjaman Barang Kampus.bpmn	<i>Lane, pole, Timer Boundary</i>	4	1 Menit 7 detik	Seluruh elemen BPMN berhasil terbaca oleh sistem, namun beberapa jalur tidak dieksekusi sepenuhnya karena terkena batasan panjang jalur yang telah ditentukan.
<i>credit-scoring-asynchronous.bpmn</i>	<i>Event Based Gateway, Participant, Lane, Message Flow, annotation</i>	12	2 Menit 14 detik	Belum Mencakup keseluruhan elemen yang terbaca seperti annotation karena terkena pembatasan pada sistem

<i>credit-scoring-synchronous.bpmn</i>	<i>Send task, message flow, Lane Participant</i>	20	3 menit 50 detik	Belum mencakup keseluruhan elemen yang terbaca masih ada jalur atau langkah yang belum terbaca sepenuhnya
<i>Smart-Parking.bpmn</i>	<i>Lane, Exclusive Gateway, Timer Boundary, Message Flow</i>	78	10 Menit 48 detik	Belum mencakup keseluruhan elemen yang terbaca masih ada jalur atau langkah yang belum terbaca sepenuhnya dikarenakan pembatasan sistem
Verifikasi Dokumen Klaim.bpmn	<i>Inclusive Gateway (3cabang), Implicit Gateway, Human Task</i>	7	1 Menit 43 detik	Seluruh elemen BPMN dapat berhasil terbaca. Namun sistem belum mampu membuat kombinasi dari 3 cabang sehingga menyebabkan duplikat pada pembuatan skenario pengujian
Peminjaman <i>Inventory.bpmn</i>	Tidak memiliki <i>end event</i>	0	-	Sistem tidak dapat membuat jalur skenario pengujian
Coba Kirim Email.bpmn	Tidak Memiliki <i>start event</i>	0	-	Sistem tidak dapat membuat jalur skenario pengujian
Klaim Asuransi Kesehatan	<i>Subprocess(paralel gateway)</i>	0	-	Sistem tidak dapat membaca <i>paralel gateway</i> pada <i>subprocess</i> sehingga tidak dapat membuat jalur skenario pengujian
Proses Onboarding karyawan baru.bpmn	Jalur saling tidak terhubung	0	-	Sistem tidak dapat membuat jalur skenario pengujian

Hasil pengujian terhadap berbagai model BPMN dengan tingkat kompleksitas yang berbeda menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang sangat baik pada diagram dengan struktur sederhana. Pada kategori ini, seluruh elemen utama dapat dibaca secara konsisten, dan jalur proses yang dihasilkan sesuai dengan konfigurasi model. Waktu pemrosesan pun relatif singkat, berada dalam hitungan detik, sehingga mengindikasikan bahwa mekanisme dari

penelusuran algoritma DFS bekerja secara efisien ketika diagram tidak memuat banyak percabangan atau elemen kontrol yang kompleks.

Pada diagram dengan kompleksitas menengah yang umumnya mencakup variasi elemen seperti *subprocess*, *timer boundary event*, serta percabangan melalui *gateway* tertentu, sistem tetap menunjukkan kinerja yang stabil. Elemen – elemen penting dapat diproses dengan benar, dan jalur proses berhasil dibangkitkan tanpa penyimpangan. Namun demikian, waktu pemrosesan meningkat menjadi sekitar satu hingga dua menit seiring bertambahnya jumlah jalur lintasan yang harus ditelusuri oleh algoritma. Peningkatan waktu ini masih berada dalam batas yang wajar dan menunjukkan bahwa sistem mampu menangani model BPMN yang lebih bervariasi tanpa mengalami degradasi akurasi pemrosesan.

Perubahan mulai terlihat secara signifikan pada diagram dengan struktur yang jauh lebih kompleks, khususnya model yang melibatkan banyak *participant*, *message flow*, atau penggunaan kombinasi seperti *gateway inclusive/parallel*, maupun *event-based gateway*. Pada kategori ini, jumlah jalur proses yang dihasilkan meningkat secara drastis hingga puluhan jalur, dan waktu pemrosesan dapat mencapai lebih dari sepuluh menit. Pada beberapa kasus, sistem tidak mampu membaca seluruh elemen BPMN secara menyeluruh, terutama elemen pendukung seperti *annotation* atau jalur yang sangat panjang. Ketidaklengkapan ini bukan merupakan kegagalan sistem, melainkan konsekuensi dari penerapan mekanisme pembatasan internal seperti batas jumlah jalur, batas kedalaman pencarian, dan limit waktu eksekusi yang diterapkan untuk menjaga stabilitas dan mencegah *path explosion*. Pembatasan ini bersifat fleksibel sehingga dapat disesuaikan dengan standar operasional atau kebutuhan organisasi tertentu, baik dengan memperlonggar batas parameter maupun mengoptimalkan konfigurasi sesuai konteks penerapan.

Selain itu, pengujian pada elemen *inclusive gateway* menunjukkan bahwa sistem bekerja optimal pada konfigurasi dengan dua cabang, di mana seluruh kombinasi lintasan dapat dihasilkan tanpa terjadi duplikasi. Namun, ketika jumlah cabang melebihi dua, sistem mulai menghasilkan lintasan ganda akibat meningkatnya kombinasi eksponensial yang harus ditelusuri oleh algoritma. Kondisi ini bukan disebabkan oleh kesalahan pembacaan, tetapi merupakan dampak dari strategi pengendalian kompleksitas yang diterapkan guna menjaga waktu eksekusi tetap dalam batas yang dapat diterima. Pengembangan lebih lanjut diperlukan agar sistem mampu menangani *inclusive gateway* dengan jumlah cabang lebih besar secara lebih akurat dan efisien. Di samping itu, hasil pengujian juga menunjukkan bahwa *parallel gateway* yang ditempatkan di dalam *subprocess* belum dapat diproses oleh sistem.

Keterbatasan ini muncul karena elemen tersebut belum sepenuhnya didukung pada implementasi saat ini, sehingga jalur yang melibatkan konstruksi tersebut tidak dapat ditelusuri secara lengkap. Meskipun demikian, baik penanganan *inclusive gateway* dengan cabang lebih dari dua maupun dukungan terhadap *parallel gateway* dalam *subprocess* merupakan area yang sangat potensial untuk dikembangkan pada tahap berikutnya agar cakupan sistem menjadi lebih komprehensif dan akurasinya semakin meningkat.

Hasil pengujian juga mengungkap bahwa sistem mampu melakukan deteksi otomatis terhadap model BPMN yang tidak valid secara struktural. Seperti diagram yang tidak memiliki *start event*, tidak menyediakan *end event*, memiliki jalur yang tidak saling terhubung, atau memuat struktur *gateway* dalam *subprocess* yang berada di luar dukungan sistem, tidak dapat diproses lebih lanjut. Ketidadaan jalur output pada kasus ini menunjukkan bahwa algoritma secara tepat menghentikan proses penelusuran ketika struktur model tidak dapat dieksekusi secara semantik, sehingga perilaku ini lebih merefleksikan fungsi validasi internal daripada kegagalan pemrosesan.

Secara keseluruhan, rangkaian pengujian ini menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan sangat baik pada diagram sederhana hingga menengah dan tetap mampu memproses sebagian besar elemen pada diagram kompleks, meskipun dengan batasan tertentu yang berasal dari kontrol kompleksitas internal. Temuan ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kemampuan sistem saat ini, sekaligus mengidentifikasi ruang pengembangan untuk meningkatkan akurasi, cakupan elemen, serta performa pada model BPMN yang memiliki kompleksitas yang tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah mampu menjalankan fungsinya. Sistem dapat membaca dan menganalisis model BPMN secara otomatis dengan memanfaatkan *Camunda Model API* untuk mengenali setiap elemen penting contohnya *task*, *event*, *gateway*, *sequence flow*, hingga *lane mapping*. Melalui mekanisme ini, sistem dapat mengubah berkas BPMN berformat .bpmn (XML) menjadi struktur data yang dapat dianalisis. Proses ini memastikan bahwa setiap model yang diuji dapat diterjemahkan menjadi representasi graf terstruktur yang siap dianalisis untuk mendeteksi jalur proses pengujian yang valid

Selanjutnya, penelusuran terhadap jalur proses bisnis dilakukan dengan menerapkan algoritma *Depth-First Search* (DFS) yang berfungsi untuk menelusuri seluruh kemungkinan urutan aktivitas pada proses bisnis. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi jalur proses pada tipe *gateway*, seperti *exclusive*, *parallel*, dan *inclusive gateway*, dengan tetap menjaga efisiensi performa. Sistem juga dilengkapi dengan mekanisme pembatasan kunjungan *node* dan waktu proses untuk mencegah terjadinya *path explosion* pada model yang kompleks. Jalur hasil penelusuran tersebut kemudian akan dikirimkan ke Large Language Model (LLM) untuk menghasilkan skenario pengujian otomatis yang mencakup deskripsi, langkah – langkah pengujian, data uji, serta hasil yang diharapkan. Integrasi antara algoritma DFS dan LLM ini memungkinkan proses pembuatan skenario pengujian secara otomatis, dan mudah dipahami oleh pengguna dari berbagai latar belakang.

Hasil pengujian terhadap berbagai model BPMN menunjukkan bahwa sistem berfungsi optimal pada model sederhana hingga menengah, di mana seluruh elemen dapat terbaca dan jalur proses dapat dibangkitkan secara akurat dengan waktu pemrosesan yang relatif singkat, yaitu kurang dari satu menit untuk model sederhana dan sekitar satu hingga dua menit untuk model menengah. Pada model yang lebih kompleks, sistem tetap mampu menghasilkan sebagian besar jalur proses, namun waktu pemrosesan meningkat secara signifikan karena tingginya jumlah kombinasi lintasan yang harus dianalisis. Beberapa keterbatasan ditemukan, seperti munculnya duplikasi lintasan pada *inclusive gateway* dengan lebih dari dua cabang dan belum terdukungnya *parallel gateway* yang berada di dalam *subprocess*. Selain itu, terdapat elemen-elemen tertentu yang tidak terbaca sepenuhnya akibat pembatasan internal sistem,

seperti batas kedalaman jalur dan waktu eksekusi, yang memang dirancang untuk menjaga stabilitas performa dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan organisasi di masa mendatang.

Evaluasi akhir melalui metode System Usability Scale (SUS) terhadap 14 responden menghasilkan skor rata-rata 78,92, yang termasuk kategori *Good* atau *Acceptable*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dinilai mudah digunakan, konsisten, dan dapat diterima dengan baik oleh pengguna. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini membuktikan bahwa sistem mampu mendukung proses analisis BPMN dan pembuatan skenario pengujian secara otomatis, sekaligus memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut terkait dukungan elemen BPMN yang lebih kompleks dan optimasi algoritma penelusuran.

5.2 Saran

Alat yang dikembangkan pada penelitian ini masih memiliki ruang untuk pengembangan lebih lanjut pada penelitian berikutnya, antara lain:

1. Sistem dapat dikembangkan agar tidak hanya membaca model BPMN yang sudah ada, tetapi juga menyediakan fitur untuk membuat atau menggambar diagram BPMN secara langsung di dalam alat. Sehingga, pengguna dapat melakukan proses pemodelan dan pengujian dalam satu platform tanpa perlu berpindah ke alat lain.
2. Pengembangan selanjutnya dapat menambahkan dukungan integrasi melalui layanan API agar sistem dapat terhubung dengan platform lain, misalnya sistem manajemen proyek atau alat pengujian eksternal. Integrasi ini akan mempermudah proses otomatisasi alur kerja mulai dari pembuatan model hingga pengujian berbasis BPMN secara menyeluruh.
3. Sistem dapat dilengkapi dengan fitur berbagi hasil pengujian menggunakan tautan (share link), sehingga pengguna dapat membagikan hasil skenario pengujian kepada rekan tim atau pihak lain secara langsung.
4. Sistem juga dapat dilengkapi dengan validasi BPMN, yang dapat memeriksa apakah elemen – elemen dalam model yang dianalisis sesuai dengan aturan notasi BPMN 2.0.

DAFTAR PUSTAKA

- bpmn-js. (n.d.). *bpmn-js: BPMN 2.0 rendering toolkit and web modeler*. Retrieved June 28, 2025, from <https://bpmn.io/toolkit/bpmn-js/>
- Camunda. (n.d.-a). *2024 State of Process Orchestration*.
- Camunda. (n.d.-b). *Camunda BPMN Model API User Guide*. Retrieved June 27, 2025, from <https://docs.camunda.org/manual/latest/user-guide/model-api/bpmn-model-api/>
- Chauhan, A., Datta, S., & Praveen, M. (2025). *Parallel Complexity of Depth-First-Search and Maximal path in restricted graph classes*. <http://arxiv.org/abs/2506.14974>
- Chevuturu, A. A., Mathur, D. P., Reddy, B. J. P. K., & R, Dr. C. (2022). A Comparative Survey on Software Testing Tools. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 11(6), 32–40. <https://doi.org/10.35940/ijeat.F3664.0811622>
- Comidor Team. (2024, May 24). *10 Must-Know Business Process Management Statistics*. <https://www.comidor.com/news/industry-news/bpm-statistics/>
- Compagnucci, I., Corradini, F., Fornari, F., & Re, B. (2023). *BPMN Inspector: A Tool for Extracting Features from BPMN Models*. <http://ceur-ws.org>
- Dechsupa, C., Vatanawood, W., & Thongtak, A. (2021). An automated framework for bpmn model verification achieving branch coverage. *Engineering Journal*, 25(2), 135–150. <https://doi.org/10.4186/ej.2021.25.2.135>
- Falcone, Y., Salaün, G., & Zuo, A. (2024). Probabilistic Runtime Enforcement of Executable BPMN Processes. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 14573 LNCS, 56–76. https://doi.org/10.1007/978-3-031-57259-3_3
- Lopes, T. (2023). *FlowTGE: Automating Functional Testing of Executable Business Process Models Based on BPMN*. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-47112-4_26
- Lopes, T., & Guerreiro, S. (2023). Assessing business process models: a literature review on techniques for BPMN testing and formal verification. In *Business Process Management Journal* (Vol. 29, Issue 8, pp. 133–162). Emerald Publishing. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-11-2022-0557>
- OBJECT MANAGEMENT GROUP. (2013). *Date: December 2013 Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0.2 NOTE: Version 2.0.2 contains a minor change to Clause 15. OMG Document Number: formal/2013-12-09 Standard document URL: http://www.omg.org/spec/BPMN Machine consumable files.*

- Rehan, S., Al-Bander, B., & Al-Said Ahmad, A. (2025). Harnessing Large Language Models for Automated Software Testing: A Leap Towards Scalable Test Case Generation. *Electronics (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/electronics14071463>
- Sami, A. M., Rasheed, Z., Waseem, M., Zhang, Z., Tomas, H., & Abrahamsson, P. (2024). *A Tool for Test Case Scenarios Generation Using Large Language Models*. <http://arxiv.org/abs/2406.07021>
- Schneid, K., Stapper, L., Thone, S., & Kuchen, H. (2021). Automated Regression Tests: A No-Code Approach for BPMN-based Process-Driven Applications. *Proceedings - 2021 IEEE 25th International Enterprise Distributed Object Computing Conference, EDOC 2021*, 31–40. <https://doi.org/10.1109/EDOC52215.2021.00014>
- Si, Y. W., & Yung, W. H. (2021). Unraveling Iterative Control Structures from Business Processes. *Journal of Computer Science and Technology*, 36(1), 158–190. <https://doi.org/10.1007/s11390-020-9516-3>
- Tomás Lopes, & Sérgio Guerreiro. (2023). *FlowTGE: Automating Functional Testing of Executable Business Process Models Based on BPMN*. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-47112-4_26
- Tomas Lopes, & Sergio Guerreiro. (2023). *bpmj-11-2022-0557*.
- Von Olberg, P., & Strey, L. (2022). Approach to Generating Functional Test Cases from BPMN Process Diagrams. *Proceedings of the IEEE International Conference on Requirements Engineering*, 185–189. <https://doi.org/10.1109/REW56159.2022.00042>
- Wang, J., Huang, Y., Chen, C., Liu, Z., Wang, S., & Wang, Q. (2024). Software Testing With Large Language Models: Survey, Landscape, and Vision. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 50(4), 911–936. <https://doi.org/10.1109/TSE.2024.3368208>

LAMPIRAN

LAMPIRAN A isi prompt integrasi LLM

```
private String OptimizedPrompt (String context, String readablePath,
String cleanPath, boolean hasLanes) {
    String laneInstruction = hasLanes ?
        "\n\nPENTING UNTUK SCENARIO_STEP: Dalam langkah-langkah
SCENARIO_STEP, WAJIB gunakan format yang sama dengan jalur yang
diberikan. Jika ada [Lane], pertahankan format [Lane] dan buat kalimat
yang menjelaskan apa yang dilakukan oleh lane tersebut secara detail dan
naratif." :
        "\n\nPENTING UNTUK SCENARIO_STEP: Buat langkah-langkah
yang naratif dan menjelaskan tindakan yang dilakukan secara detail.
Jangan hanya sebutkan nama aktivitas, tapi jelaskan apa yang dilakukan.";
    String stepExamples = hasLanes?
        ""
        :
        CONTOH FORMAT SCENARIO_STEP YANG BENAR:
        - JIKA ADA LANE: "1. [Sekretaris] Kirim barang ke alamat tujuan yang
telah ditentukan dengan memastikan kemasan sesuai standar"
        - JIKA ADA LANE: "2. [Gudang] Siapkan barang untuk penjemputan dengan
melakukan pengecekan kualitas dan kelengkapan"

        JANGAN HANYA MENULIS:
        - "1. [Sekretaris] Kirim Barang"
        - "2. [Gudang] Siapkan Barang"

        TAPI HARUS SEPERTI INI:
        - "1. [Sekretaris] Melakukan pengiriman barang ke alamat tujuan
dengan memastikan dokumentasi lengkap"
        - "2. [Gudang] Menyiapkan barang untuk dijemput dengan melakukan
pengecekan kualitas terlebih dahulu"
        "" :
        ""
        :
        CONTOH FORMAT SCENARIO_STEP YANG BENAR:
        - TANPA LANE: "1. Lakukan pengiriman barang ke alamat tujuan dengan
memastikan kemasan sesuai standar"
        - TANPA LANE: "2. Siapkan barang untuk penjemputan dengan melakukan
pengecekan kualitas dan kelengkapan"
```

JANGAN HANYA MENULIS:

- "1. Kirim Barang"
- "2. Siapkan Barang"

TAPI HARUS SEPERTI INI:

- "1. Lakukan pengiriman barang ke alamat tujuan dengan memastikan dokumentasi lengkap"
- "2. Siapkan barang untuk dijemput dengan melakukan pengecekan kualitas terlebih dahulu"

""";

return String.format("""

Anda adalah asisten QA yang membuat skenario pengujian untuk proses bisnis BPMN.

KONTEKS PROSES: %s

JALUR UNTUK SCENARIO_STEP: %s

JALUR UNTUK DESKRIPSI: %s%s

INSTRUKSI:

1. Buat deskripsi skenario yang menjelaskan alur proses secara naratif dan mengalir tanpa menyebutkan format teknis [Lane]
2. Buat langkah-langkah pengujian yang NARATIF dan DETAIL - jelaskan tindakan yang dilakukan, bukan hanya nama aktivitas
3. Berikan contoh data input dalam format JSON yang valid
4. Berikan expected result dalam format JSON yang valid
5. Ringkas deskripsi tersebut menjadi satu paragraf ringkasan yang bernaratif dan mudah dipahami(===SUMMARY===)

WAJIB MENGIKUTI FORMAT INI PERSIS:

===SUMMARY===

[tuliskan deskripsi singkat tentang alur proses bisnis proses awal hingga akhir yang menggambarkan keseluruhan proses di suatu path buat jadi naratif yaa]

===DESKRIPSI===

[Tuliskan deskripsi skenario pengujian yang mengalir secara naratif. Fokus pada alur proses bisnis, bukan format teknis. Jangan sebutkan format [Lane] dalam deskripsi]

```

===SCENARIO_STEP===
[Buat langkah-langkah yang numbered, naratif, dan menjelaskan tindakan
yang dilakukan secara detail]
1. [Penjelasan detail tindakan yang dilakukan pada langkah pertama]
2. [Penjelasan detail tindakan yang dilakukan pada langkah kedua]
dst...

===INPUT_DATA===
{
  "field1": "value1",
  "field2": "value2"
}

===EXPECTED_RESULT===
{
  "status": "success",
  "message": "Proses berhasil",
  "data": {}
}

%s

PENTING:
- Deskripsi harus mengalir secara naratif tanpa format teknis
- Scenario_step harus NARATIF dan menjelaskan tindakan yang dilakukan
secara detail
- Jangan hanya menyebutkan nama aktivitas, tapi jelaskan apa yang
dilakukan
- Setiap step harus menjelaskan HOW dan WHAT, bukan hanya WHAT
"", context, readablePath, cleanPath, laneInstruction, stepExamples);
  }

```

LAMPIRAN B hasil ekspor File BPMN

A. Hasil ekspor skenario pengujian tanpa *Lane*

Path ID	Summary Step	Action Step	Test Data	Expected Result	Actual Result	Tester
P1	Proses dimulai ketika pesanan diterima dari pelanggan. Setelah pesanan diterima, langkah selanjutnya adalah melakukan pengecekan terhadap pesanan tersebut untuk memastikan bahwa semua item yang dipesan tersedia di gudang. Jika stok tersedia, barang-barang tersebut kemudian dikemas dengan standar pengemasan yang telah ditetapkan untuk memastikan keamanan selama pengiriman. Setelah pengemasan selesai, barang siap untuk dikirim ke alamat yang telah ditentukan oleh pelanggan. Proses ini diakhiri dengan konfirmasi bahwa pesanan telah berhasil diterima oleh pelanggan, menandakan bahwa seluruh proses telah berjalan dengan sukses.	Step 1: Terima pesanan dari pelanggan dan catat detail pesanan untuk referensi lebih lanjut. Step 2: Lakukan pengecekan terhadap pesanan untuk memastikan bahwa semua item yang dipesan tersedia di gudang. Step 3: Jika stok tersedia, lanjutkan dengan mengemas barang sesuai dengan standar pengemasan yang telah ditetapkan untuk memastikan keamanan selama pengiriman. Step 4: Slapkan barang untuk pengiriman dengan memastikan semua dokumen pengiriman telah lengkap dan alamat tujuan sudah benar. Step 5: Lakukan pengiriman barang ke alamat tujuan dan pastikan barang diterima oleh pelanggan dengan baik. Step 6: Konfirmasikan bahwa pesanan telah berhasil diterima oleh pelanggan dan catat status pesanan sebagai selesai.	Items: - Item 1: item_id: A001, quantity: 2 - Item 2: item_id: B002, quantity: 1 Order Id: 12345 Customer Name: John Doe Shipping Address: 123 Main St, Anytown, AN	Proses berhasil		

B. Hasil ekspor skenario pengujian dengan *Lane*

Path ID	Summary Step	Action Step	Test Data	Expected Result	Actual Result	Tester
P1	Proses pengiriman barang dimulai ketika sekretaris mengirimkan barang dan memulai alur bersamaan untuk mengklarifikasi metode pengiriman yang tepat. Jika barang memerlukan penanganan khusus, sekretaris bertugas mendapatkan tiga penawaran dari perusahaan logistik yang berbeda. Setelah menerima penawaran, sekretaris memilih perusahaan logistik yang paling sesuai dan melakukan pemesanan. Jika pemesanan berhasil, gudang akan diberitahu untuk menyiapkan barang. Barang kemudian dikemas dan disiapkan untuk penjemputan, memastikan bahwa semua persiapan telah dilakukan untuk pengiriman yang sukses.	Step 1: [Sekretaris] Mengirim barang ke alamat tujuan yang telah ditentukan dengan memastikan semua dokumentasi dan persyaratan pengiriman telah dipenuhi. Step 2: [Sekretaris] Memulai alur bersamaan untuk mengklarifikasi metode pengiriman yang paling efisien dan sesuai dengan kebutuhan barang. Step 3: [Sekretaris] Mengklarifikasi apakah barang memerlukan penanganan khusus berdasarkan jenis dan kondisi barang. Step 4: [Sekretaris] Jika diperlukan, mendapatkan tiga penawaran dari perusahaan logistik yang berbeda untuk membandingkan harga dan layanan. Step 5: [Sekretaris] Memilih perusahaan logistik yang menawarkan penawaran terbaik dan melakukan pemesanan untuk pengiriman barang. Step 6: [Sekretaris] Memastikan bahwa pemesanan telah berhasil dilakukan dan semua detail pengiriman telah dikonfirmasi. Step 7: [Gudang] Menyiapkan barang untuk dikemas dengan memastikan semua barang dalam kondisi baik dan sesuai dengan pesanan. Step 8: [Gudang] Menyiapkan barang untuk penjemputan dengan melakukan pengecekan akhir terhadap kualitas dan kelengkapan barang. Step 9: [Gudang] Memastikan bahwa pengiriman siap dilakukan dengan semua dokumen dan persiapan telah selesai.	Logistics Offers: - Item 1: price: 1000, company: Logistik A - Item 2: price: 1200, company: Logistik B - Item 3: price: 1100, company: Logistik C Destination Address: Jl. Merdeka No. 123 Requires Special Handling: true	Proses pengiriman berhasil disiapkan		RAFLI

LAMPIRAN C Hasil Wawancara Pengguna

A. System Analyst/Enterprise Architecture

Pertanyaan	Jawaban Responden
Apa peran Anda saat ini?	Oke jadi sebelumnya aku jadi system analyst ya, jadi system analyst tuh kayak stakeholder butuhnya apa terus habis itu kita orkestrasi menjadi kebutuhan fungsional di sistem kita nanti. Tapi untuk saat ini aku udah

	nggak lagi di sistem analyst tapi aku sekarang udah di enterprise architecture jadi cakupannya lebih luas lagi.
Berapa lama pengalaman Anda dalam bidang manajemen proyek/proses bisnis?	Kurang lebih satu tahun
Apakah pernah menggunakan model BPMN dalam pekerjaan sehari-hari? Kalau iya, dalam konteks apa?	Pake tools namanya camunda buat bikin bpmnnya untuk proses bisnis, Kemarin sih terakhir tuh kami pakai ai buat generate proses bpmn, jadi kami ketik langkahnya seperti apa nanti dia pakai ai buat generate diagram BPMN-nya.
Bagaimana Anda biasanya membuat skenario/kasus uji dari model BPMN (manual, semi-otomatis, atau otomatis)?	Aku tuh Biasanya tuh cuma Based on BPMN Terus Dokumen spesifikasi Terus dari situ Dibikin lah Skenarionya sendiri, untuk lamanya berjam - jam nyampe sih tergantung dari kompleksitas BPMN-nya
Berapa lama rata-rata waktu yang Anda butuhkan untuk membuat satu set skenario pengujian dari BPMN?	Tergantung kompleksitasnya sih Kalau yang sederhana ya ga nyampe sehari ya, mungkin cuma beberapa jam, atau kalau yang sederhana banget sejam juga bisa kali ya
Tantangan apa yang paling sering Anda hadapi saat membuat skenario uji dari BPMN?	Kalau di tempat kami ni ya yang stakeholder tuh ada banyak, nah biasanya proses bisnisnya tuh beda - beda Paling tantangannya di situ sih
Seberapa sering model BPMN berubah dalam satu proyek, sehingga skenario uji perlu diperbarui?	Kalau proses bisnis nya sering berubah sih tapi tergantung lagi dari segi proses bisnisnya
Menurut Anda, seberapa besar manfaatnya jika proses pembuatan skenario	Untuk otomatisasi menurutku itu bisa membantu sih jadi kayak semacam reverse engineering sih jadi kayak udah ada bpmn nya, terus mungkin ga semua orang ga bisa baca ya apalagi kalau udah kompleks sama banyak percabangan gitu ya, jadi kalau misal bisa generate langkahnya itu menurutku bisa mempermudah orang - orang non - it sih.

uji dari BPMN dapat diotomatisasi?	
Fitur apa yang paling penting dalam alat otomatisasi pembuatan skenario uji dari BPMN?	Kalau proses bisnis aplikasi ya kalau misal udah ada step atau langkah itu bisa mempermudah orang untuk testing sih karena kan orang yang testing sama yang buat BPMN itu beda role ya itu sangat membantu sih
Format hasil skenario pengujian seperti apa yang menurut Anda paling bermanfaat? Dan dalam format file/ekspor apa sebaiknya disediakan?	Kalau menurutku keknya lebih enak tabel sih, karena tabel kan lebih to the point ya, dan udah ada pembagian misalnya kolom ini isinya apa gitu jadi lebih jelas dan terstruktur gitu
Jika Anda menggunakan alat ini, apa manfaat terbesar yang Anda harapkan dibandingkan metode yang Anda gunakan sekarang?	Kalau menurutku yang pertama itu history ya, jadi kita bisa inventarisasi dari BPMN apa aja yang udah kita buat, terus habis itu untuk bisa generate prosedur dan langkahnya manfaatnya mungkin misal kita kasih ke orang yang testing ya, terus habis itu bisa berguna buat stakeholder yang butuh tau emang proses bisnis kita gimana sih, nah itu bisa membantu untuk mereka yang mungkin bidang ilmu mereka itu yang ga di IT jadi lebih mudah untuk memahami karena kan udah ada langkah - langkahnya

B. System Analyst/Enterprise Architecture

Pertanyaan	Jawaban Responden
Apa peran Anda saat ini?	Saat ini berperan sebagai Enterprise Architect.
Berapa lama pengalaman Anda dalam bidang manajemen proyek/proses bisnis?	Lebih dari 3,5 tahun sebagai System Analyst. Mengenal BPMN sejak masih menjadi mahasiswa.
Apakah pernah menggunakan model BPMN dalam pekerjaan sehari-hari? Kalau iya, dalam konteks apa?	Ya, pernah saat bekerja sebagai System Analyst, sejak 2 tahun yg lalu. Dengan menggunakan <i>Camunda</i> untuk memodelkan proses bisnis (semi-otomatis). Selain itu, pernah menggunakan <i>draw.io</i> untuk pemodelan manual, dan juga memanfaatkan <i>Google AI Studio</i> untuk menghasilkan draft BPMN secara otomatis sebelum diperbaiki kembali sesuai kebutuhan.
Bagaimana Anda biasanya membuat skenario/kasus uji dari	Untuk pembuatan skenario uji tidak bisa dikatakan langsung dari BPMN. Biasanya saya memodelkan dahulu proses bisnisnya menggunakan

model BPMN (manual, semi-otomatis, atau otomatis)?	<i>Camunda</i> (semi-otomatis), kemudian mendefinisikan fiturnya. Setelah itu saya membuat skenario pengujian berdasarkan fitur yang telah ditetapkan.
Berapa lama rata-rata waktu yang Anda butuhkan untuk membuat satu set skenario pengujian dari BPMN?	Tergantung pada kompleksitas bisnis proses model. Jika kompleksitas rendah, pembuatan kasus uji dapat diselesaikan dalam beberapa jam.
Tantangan apa yang paling sering Anda hadapi saat membuat skenario uji dari BPMN?	Tantangan terbesar adalah ketika bisnis proses sering berubah setelah pertemuan dengan klien, sehingga skenario uji yang sudah dibuat harus sering diperbarui.
Seberapa sering model BPMN berubah dalam satu proyek, sehingga skenario uji perlu diperbarui?	Cukup sering, hampir setiap kali ada pertemuan dengan klien biasanya muncul tambahan atau revisi baru.
Menurut Anda, seberapa besar manfaatnya jika proses pembuatan skenario uji dari BPMN dapat diotomatisasi?	Sangat membantu dan dapat menghemat waktu karena mempercepat proses pembuatan skenario uji.
Fitur apa yang paling penting dalam alat otomatisasi pembuatan skenario uji dari BPMN?	Seberapa valid hasil pembuatan skenario ujinya. Walau terotomatisasi & pastinya lebih cepat proses pembuatan skenario uji, harapannya hasil yang diberikan tetap valid/ bahkan setara ketika kita membuat sendiri skenario ujinya.
Format hasil skenario pengujian seperti apa yang menurut Anda paling bermanfaat? Dan dalam format file/ekspor apa sebaiknya disediakan?	Untuk koordinasi internal antar tim, format Excel dalam bentuk tabel lebih cocok. Namun untuk komunikasi dengan klien, format narasi dalam bentuk PDF lebih sesuai agar lebih mudah dipahami.
Jika Anda menggunakan alat ini, apa manfaat terbesar yang Anda harapkan	Proses pembuatannya lebih cepat.

dibandingkan metode yang Anda gunakan sekarang?	
---	--

C. Business Development Analyst Officer

Pertanyaan	Jawaban Responden
Apa peran Anda saat ini?	Jadi saya ini bekerja di instansi di bawah naungannya Krakatau Steel. Cuman kalau Krakatau Steel kan dia beroperasi proses bisnisnya tentang baja ya, steel. Kalau saya itu lebih ke IT support di perusahaan itu, jadi ada anak perusahaan itu namanya Krakatau IT, dimana Krakatau IT ini yang support untuk di sisi Krakatau Steel Group ini. Posisi saat ini saya sebelumnya itu jadi programmer mas. Jadi programmer yang dimana di tahun 2019 jaman COVID itu saya diamanahkan jadi programmer dulu. Dan makin kesini-makin kesini kan ada naik jabatan dan segala macam. Akhirnya saya dipromosikan menjadi business development officer di tahun 2023. Cuman kalau untuk job role saya saat ini, saya masih di business development analysis officer yang level senior aja sih mas.”
Berapa lama pengalaman Anda dalam bidang manajemen proyek/proses bisnis?	Saya bekerja di bidang IT sejak 2019 sebagai programmer, lalu sejak 2023 menjabat sebagai business development officer di Krakatau IT.
Apakah pernah menggunakan model BPMN dalam pekerjaan sehari-hari? Kalau iya, dalam konteks apa?	Kalau untuk secara penggunaan tools di BPMN-nya sendiri saya belum pernah mas. Karena kan sebenarnya lebih ke bisnis proses model juga sama-sama oh mungkin ini kalau di tempat gue lebih ke BRD gitu ya. Karena kan berbicara tentang visual diagram juga kan mas yang di mana nanti nunjukkan alur mulainya sampai endingnya itu nanti seperti apa. Supaya nanti bisa dibuatkan test case-nya yang nanti itu akan dijadikan bahan untuk UAT sama klien sih mas.
Bagaimana Anda biasanya membuat skenario/kasus uji dari model BPMN (manual, semi-otomatis, atau otomatis)?	Kalau dari pribadi saya untuk menerapkan bisnis model proses di perusahaan saya itu sebenarnya sama menuangkannya itu ke dalam bentuk BRD sih mas... dari main flow, decision point, bikin beberapa skenario uji test case-nya entah positif, negatif, sampai error handling. Jadi memang semuanya itu akan dituangkan ke dalam bentuk BRD sih mas kayak gitu.
Berapa lama rata-rata waktu yang Anda butuhkan untuk membuat satu set skenario pengujian dari BPMN?	Sebenarnya kalau untuk waktu itu tergantung dari sisi bisnis project-nya itu ya mas... Kalau sederhana kayak sampai 5–10 aktivitas itu bisa sampai 3 hari kerja. Kalau menengah 10–20 aktivitas itu sampai seminggu. Kalau yang kompleks bisa sampai 2 minggu sih mas.

Tantangan apa yang paling sering Anda hadapi saat membuat skenario uji dari BPMN?	Pertama udah pasti stakeholder sih mas... kadang kan kalau kita ngikutin user, developernya ini udah ngikutin, tahu-tahu besok usernya beda berubah lagi... terus kadang tuh kita gak punya gambar proses bisnis yang detail atau lengkap... Sama kalau ada integrasi API atau third party dari luar ya mas, kayak SAP, itu lama banget soalnya prosesnya di corporate panjang banget.
Seberapa sering model BPMN berubah dalam satu proyek, sehingga skenario uji perlu diperbarui?	Sebenarnya yang berapa sering itu karena kita itu ketemu user itu gak cuman 1, 2 mas... Kadang user minta tambahan fitur baru, jadi berubah-ubah. Tapi tergantung kita ngejaga scoop di awal. Biasanya tiap validasi proses bisnis itu bisa aja berubah, tergantung komunikasinya.
Menurut Anda, seberapa besar manfaatnya jika proses pembuatan skenario uji dari BPMN dapat diotomatisasi?	Ya sebenarnya kan kalau dari saya pribadi, ya sebenarnya pengennya otomatisasi mas. Jadi memang all the same ya, gak usah ada manual lah. Karena kan supaya kita bisa implementasikan ketika ada project baru nih gitu kan. Dengan kita ngadop yang udah kita create sebelumnya itu, udah langsung jadi gitu mas. Pertama kan pasti ngehemat waktu dan biaya ya mas ya... yang ngedukung continuous testing itu tuh mas.
Fitur apa yang paling penting dalam alat otomatisasi pembuatan skenario uji dari BPMN?	Kalau dari saya pasti lebih ke fitur report itu sih mas... Jadi kadang saya harus ngeluarin report ya mas ya, report dari sisi yang udah kita buat skenarionya kita tes segala macam kan... terus yang kedua mungkin terkait dari sisi ininya sih mas... ketika kita mau mengadop kontinuitas tuh mas... Ketika kita mau implementasi ke skenario test case project baru tuh kita gak usah nge-create lagi... jadi emang udah langsung ke generate automation gitu aja sih mas.
Format hasil skenario pengujian seperti apa yang menurut Anda paling bermanfaat? Dan dalam format file/ekspor apa sebaiknya disediakan?	Kalau dari saya ke user itu harus PDF-nya mas ya. Lebih ke manajemen. Cuman kalau untuk ke team developer atau KE itu biasanya ke Excel sih mas. Kadang kan kalau Excel kan lebih detail tuh mas... Jadi setara saya nge-review dengan user itu bisa dimengerti gitu.
Jika Anda menggunakan alat ini, apa manfaat terbesar yang Anda harapkan dibandingkan metode yang Anda gunakan sekarang?	Sebenarnya itu sih mas dokumentasi itu yang penting buat di manajemen perusahaan saya... Jadi memang secara dokumentasi itu tersistemasi lah mas lah untuk dokumentasi test case dan dokumen-dokumen yang skenario yang kita buat di awal gitu. Terus juga saya bisa nge-tracking skenario mana yang udah dijalankan, mana yang belum... Jadi memang balik lagi mas ya kan ke dokumentasi cuman lebih ke dokumentasi dari sisi skenario itu sih mas.

D. Product Manager

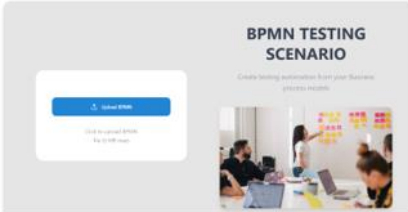
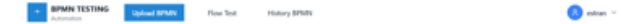
Pertanyaan	Jawaban Responden
Apa peran Anda saat ini?	Saya sekarang bekerja di perusahaan software host, ya. Namanya PT Javan Cipta Solusi. Saya, roles-nya adalah PM manager. Jadi project

	management manager. PM manager itu, di bawahnya itu ada trap lead. Trap lead itu punya tim sendiri-sendiri. Ada product owner, analis, QC, ada juga engineer.
Berapa lama pengalaman Anda dalam bidang manajemen proyek/proses bisnis?	Saya kalau jadi PM manager itu udah berapa ya? 5 tahun mungkin. 5 tahunan ya, sejak lulus. Lulus itu tahun 2018. Ya, 5 tahunan lah jadi PM manager. Gitu, Fik.
Apakah pernah menggunakan model BPMN dalam pekerjaan sehari-hari? Kalau iya, dalam konteks apa?	Ada. Jadi beberapa proyek yang saya handle, ya. Yang perusahaanku handle. Itu dia menggunakan semacam workflow engine, ya. Namanya Camunda. Nah Camunda itu dia bisa membaca BPMN sih. Menjadi suatu workflow gitu. Jadi sistemnya bakal sudah jadi secara BPN, ya. Ketika BPMN-nya sudah dibuat, digambar, kemudian di-deploy ke Camunda. Nah itu sudah menjadi workflow engine. Nah jadi dari sana ya kemudian diintegrasikan dengan UI, ya. Dengan frontend. Nah nanti ya diuji sesuai dengan flow yang digambarkan lewat BPMN. Gitu, Fik.
Bagaimana Anda biasanya membuat skenario/kasus uji dari model BPMN (manual, semi-otomatis, atau otomatis)?	Pertama tentunya manual, ya. Itu yang paling gampang. Nah yang kedua, ada juga menggunakan AI untuk mencari path coverage. Path-nya, jalurnya bisa lewat mana saja.
Berapa lama rata-rata waktu yang Anda butuhkan untuk membuat satu set skenario pengujian dari BPMN?	Kalau misalkan input data cuti, itu kan gampang, ya. Hanya ada tanggal cuti sama alasan, kan. Nah itu gampang, 10 menit juga beres. Nah, tapi ada juga yang di BPMN itu ada notasi namanya DMN. Kamu pernah tahu nggak DMN? Decision Model Notation ya, yang pakai tabel itu. Nah, datanya bisa jadi variabelnya banyak. Jadi kalau ditanya berapa menit, itu sulit sih jawabannya. Lagi-lagi tergantung seberapa kompleks process business-nya dan seberapa kompleks data yang harus diuji. Maksudnya, aku nggak bisa jawab 10 menit, pasti jadi. Belum tentu ya, tergantung dengan complexity-nya. Nah, kalau aku, ya, yang disuruh bikin, ya, ini paling keseluruhan ini 2 jam mungkin, jadi skenario utuh, ya, Fik, ya.
Tantangan apa yang paling sering Anda hadapi saat membuat skenario uji dari BPMN?	Yang membuat lebih mudah ketika kita mengembangkan suatu sistem menggunakan BPMN adalah kita bisa memastikan pad coverage-nya. Jadi kita bisa memastikan bahwa langkah uji yang kita buat itu sudah melewati semua kemungkinan jalur. Itu kemudahan atau kelebihan dan manfaat, ya, kita menggunakan BPMN. Nah, tapi yang menantang adalah ketika butuh data yang banyak. Ketika proses bisnis itu melibatkan parameter atau banyak variable. Jadi kalau pesanan, kan simpel variabelnya, ada variabel barang, variabel stok, terus variabelnya lagi diterima atau ditolak. Nah, tapi BPMN itu juga tidak bisa meredam kompleksitas variabel itu. Jadi kalau variabelnya banyak, itu yang sulit.
Seberapa sering model BPMN berubah dalam	Itu selalu. Itu kayak kalau kita naik motor, bisa kepanasan dan kehujanan nggak? Itu selalu menjadi satu hal yang mengintai kita, terutama dalam

satu proyek, sehingga skenario uji perlu diperbarui?	proyek manajemen. Itu selalu ada, Fik. Nah, cuma aku menerapkan metodologi waterfall. Nah, jadinya desain itu disepakati di awal dan di-lock. Nah, ketika tahap implementasi, itu sudah tidak boleh ada perubahan requirement atau perubahan proses bisnis. Kalau harus ada, ya itu kita sebutnya sebagai chain request. Akan ada kontrak baru.
Menurut Anda, seberapa besar manfaatnya jika proses pembuatan skenario uji dari BPMN dapat diotomatisasi?	Pembuatan skenario uji bisa diotomasi, itu manfaatnya besar banget. Mungkin enggak kerasa kalau proyek yang dikendalikan sedikit. Tapi kalau proyek yang dikendalikan banyak, itu bakal lebih kerasa dampaknya. Jadi kalau, ya bayangkan, misalkan dikasih satu BPMN yang sebelumnya harus mikir, tapi kita pakai AI, itu dibuatin sama AI, pet coverage-nya, data coverage-nya, test coverage-nya, itu tugas kita kan tinggal ngevalidasi apa yang dibuat AI, enggak dikendalikan. Itu akan sangat membantu.
Fitur apa yang paling penting dalam alat otomatisasi pembuatan skenario uji dari BPMN?	Pet coverage dan test case. Dua itu yang paling penting.
Format hasil skenario pengujian seperti apa yang menurut Anda paling bermanfaat? Dan dalam format file/ekspor apa sebaiknya disediakan?	Kalau dari aku, karena aku tim teknis, orang teknis, aku enggak butuh narasi. Yang butuh narasi kan sebenarnya end user. Kalau aku lebih butuh output-nya skenario test. Output-nya itu ada skenario test disertai dengan test case-nya. Misalkan gini. Kalau mau login, itu field-nya sederhana. Username sama password. Aku bakal senang banget kalau sudah disediakan berbagai macam data untuk menguji fitur login.
Jika Anda menggunakan alat ini, apa manfaat terbesar yang Anda harapkan dibandingkan metode yang Anda gunakan sekarang?	Kalau manual tentu harus digambar atau digarisi satu-satu. Langkah satu ke sini, langkah dua ke sini, langkah tiga ke sini, langkah empat ke sini lewatnya. Tapi kalau sudah pakai AI, itu akan sangat membantu, karena ya sudah tinggal divalidasi saja. Karena itu kompleks ya, misalkan kalau hanya ada satu gateway, itu kan enak ya. Misalkan gateway eksklusif ada dua cabang, berarti hanya ada dua skenario kan. Tapi kalau ada tiga gateway eksklusif dengan lima cabang, di tengahnya ada inklusif, kan bingung kan kita gimana cara simulasinya. Itu manfaatnya kerasa banget sih.

LAMPIRAN D Umpan Balik Pengguna

1	Bagus sih ini udah apa namanya buat skenario testing, kalau ini lebih buat membantu buat testingnya sama mungkin ini aku agak bingung ya di tampilan upload bpmn karena aku ngiranya ini dalam aplikasinya bisa bikin bpmn-nya juga
2	Kalau ini kan namanya ini sama semua kan, tapi di bagian test data dia beda sendiri kan namanya itu, sama di bagian editnya tuh kurang kelihatan bagian edit itu yang mana, sama disamain penamaannya ya untuk donwload

3	Mantep sih mas, kalau dari aku sih itu penamaan teksnya sama yang ini sih mas kalau aku pindah halaman dikasih notify gitu mas, kayak apakah kamu ingin meninggalkan flow test ini gitu
4	Ini lebih bagus lagi kalau ada fitur share ya, jadi sharenya itu pake link gitu lho apakah sharenya ke publik atau dengan password atau apakah bisa ke semua orang atau emailnya apa gitu, nah habis itu satu lagi sih tapi ini ide untuk ide pengembangan berikutnya ya, nah sebelum mengevaluasi atau identifikasi dulu apakah sintaksnya itu bener, contohnya format labelingnya, kalau dari aplikasinya sendiri bagus dari sisi <i>user interface</i> bagus banget
5	Aplikasinya cukup menarik dan <i>useful</i>
6	Overall good, ada beberapa saran yang bisa di consider: 1. Username, Password dan API Token terexpose <pre> <div class="text-left"> <label for="username" class="block text-sm font-medium text-gray-700 mb-2">Username</label> <input type="text" id="username" name="username" class="w-full px-4 py-3 border border-gray-300 rounded-lg focus:ring-2 focus:ring-blue-500 focus:border-blue-500 outline-none transition-colors" placeholder="Enter your username" required value="estran"> </div> <div class="text-left"> <label for="password" class="block text-sm font-medium text-gray-700 mb-2">Password</label> <input type="password" id="password" name="password" class="w-full px-4 py-3 border border-gray-300 rounded-lg focus:ring-2 focus:ring-blue-500 focus:border-blue-500 outline-none transition-colors" placeholder="Enter your password" required value="123456"> </pre>   2. UI Overall Review a. Overall tampilan terlalu kaku, dan terlalu besar padahal hanya ada 1 fungsi tombol upload. Bisa di buat lebih menarik  b. Header di freeze agar memudahkan pengguna  c. Tab Flow Test ga bisa di click, better ga usah muncul sekalian  d. Header tidak konsisten  e. Sediakan footer

LAMPIRAN E Dokumentasi Wawancara

Intan Nabila Azmi

FIKRI ACHMAD F...





LAMPIRAN F Surat *Consent* Penelitian

	LEMBAR PERSETUJUAN PARTISIPAN PENELITIAN Saya yang bertanda tangan di bawah ini: Nama/Inisial : Intan Jabatan/Profesi : Enterprise Architect Dengan ini menyatakan bahwa saya bersedia menjadi partisipan dalam penelitian yang dilakukan oleh: Nama Peneliti : Fikri Achmad Fauzi Program Studi : Informatika Fakultas : Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Judul Penelitian : "Pengembangan Alat Pembangkit Skenario Pengujian dari BPMN" Saya telah mendapatkan penjelasan terkait tujuan, manfaat, serta prosedur penelitian. Saya memahami bahwa: 1. Data yang saya berikan hanya akan digunakan untuk kepentingan penelitian akademik. 2. Identitas saya akan dijaga kerahasiaannya dan tidak akan dicantumkan tanpa izin. 3. Saya berhak untuk menarik diri kapan saja dari penelitian tanpa konsekuensi apapun. 4. Tidak ada risiko atau kerugian yang ditimbulkan dari partisipasi saya dalam penelitian ini. Dengan ini saya menyatakan setuju untuk memberikan data/informasi yang diperlukan dan mengizinkan data tersebut diolah untuk kepentingan penelitian. Yogyakarta, 10 Oktober 2025 Partisipan,  Intan	
--	--	--

LEMBAR PERSETUJUAN PARTISIPAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama/Inisial : Fika Febrika
Jabatan/Profesi : Enterprise Architect

Dengan ini menyatakan bahwa saya bersedia menjadi partisipan dalam penelitian yang dilakukan oleh:

Nama Peneliti : Fikri Achmad Fauzi
Program Studi : Informatika
Fakultas : Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Judul Penelitian : "Pengembangan Alat Pembangkit Skenario Pengujian dari BPMN"

Saya telah mendapatkan penjelasan terkait tujuan, manfaat, serta prosedur penelitian. Saya memahami bahwa:

1. Data yang saya berikan hanya akan digunakan untuk kepentingan penelitian akademik.
2. Identitas saya akan dijaga kerahasiaannya dan tidak akan dicantumkan tanpa izin.
3. Saya berhak untuk menarik diri kapan saja dari penelitian tanpa konsekuensi apapun.
4. Tidak ada risiko atau kerugian yang ditimbulkan dari partisipasi saya dalam penelitian ini.

Dengan ini saya menyatakan **setuju** untuk memberikan data/informasi yang diperlukan dan mengizinkan data tersebut diolah untuk kepentingan penelitian.

Yogyakarta, 8 Oktober 2025

Partisipan,



Fika Febrika

LEMBAR PERSETUJUAN PARTISIPAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama/Inisial: Muhamad Farras Afif
Jabatan/Profesi: Business Development Analyst Officer.

Dengan ini menyatakan bahwa saya bersedia menjadi partisipan dalam penelitian yang dilakukan oleh:

Nama Peneliti : Fikri Achmad Fauzi
Program Studi : Informatika
Fakultas : Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Judul Penelitian : "Pengembangan Alat Pembangkit Skenario Pengujian dari BPMN"

Saya telah mendapatkan penjelasan terkait tujuan, manfaat, serta prosedur penelitian. Saya memahami bahwa:

1. Data yang saya berikan hanya akan digunakan untuk kepentingan penelitian akademik.
2. Identitas saya akan dijaga kerahasiaannya dan tidak akan dicantumkan tanpa izin.
3. Saya berhak untuk menarik diri kapan saja dari penelitian tanpa konsekuensi apapun.
4. Tidak ada risiko atau kerugian yang ditimbulkan dari partisipasi saya dalam penelitian ini.

Dengan ini saya menyatakan **setuju** untuk memberikan data/informasi yang diperlukan dan mengizinkan data tersebut diolah untuk kepentingan penelitian.

Yogyakarta, 7 Oktober 2025

Partisipan,



M Farras Afif

LEMBAR PERSETUJUAN PARTISIPAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama/Inisial : Dicky Puja Pratama
Jabatan/Profesi : Product Manager

Dengan ini menyatakan bahwa saya bersedia menjadi partisipan dalam penelitian yang dilakukan oleh:

Nama Peneliti : Fikri Achmad Fauzi
Program Studi : Informatika
Fakultas : Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Judul Penelitian : "Pengembangan Alat Pembangkit Skenario Pengujian dari BPMN"

Saya telah mendapatkan penjelasan terkait tujuan, manfaat, serta prosedur penelitian. Saya memahami bahwa:

1. Data yang saya berikan hanya akan digunakan untuk kepentingan penelitian akademik.
2. Identitas saya akan dijaga kerahasiaannya dan tidak akan dicantumkan tanpa izin.
3. Saya berhak untuk menarik diri kapan saja dari penelitian tanpa konsekuensi apapun.
4. Tidak ada risiko atau kerugian yang ditimbulkan dari partisipasi saya dalam penelitian ini.

Dengan ini saya menyatakan setuju untuk memberikan data/informasi yang diperlukan dan mengizinkan data tersebut diolah untuk kepentingan penelitian.

Yogyakarta, 4 Oktober 2025

Partisipan,



Dicky Puja Pratama