

Rancang Bangun Sistem E-Checksheet Berbasis Web Dengan *Chatbot* Analitik Untuk Digitalisasi Proses Inspeksi

Rayhan Safar Putra Dwiliano

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta

Depok, Jawa Barat

rayhan.safar.putra.dwiliano.tik22@mhs.wpnj.ac.id

Abstract - *Quality control in the manufacturing sector at PT. XYZ still relies on spreadsheet-based checklists. The use of this method results in inspection results and historical data being stored across numerous files, making it difficult to search for and analyse inspection data. This research aims to design and develop a web-based E-Checksheet system integrated with an analytical chatbot based on Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation (Agentic RAG) to support interactive, contextual and real-time quality control decision-making. The system development method employed was the Waterfall model, utilising the Model-View-Controller (MVC) architectural pattern on Laravel and PostgreSQL, whilst the chatbot component was built using FastAPI and the GPT-5 Large Language Model (LLM). Functionality testing using Black-box Testing indicated that the entire system operated satisfactorily. The usability evaluation yielded a System Usability Scale (SUS) score of 97.5 (Category A+ / Excellent) and a Net Promoter Score (NPS) of 100. Meanwhile, the chatbot evaluation using the RAGAS framework showed an Overall Pass Rate of 80.0% across 30 test scenarios, with answer relevance, routing accuracy and contextual validity (Faithfulness) all averaging above 96%. This research has successfully digitised the inspection workflow and provided a secure and accurate analytical assistant to support the efficiency of quality control in the industry.*

Keywords: *E-Checksheet, Quality Control, Multi-Agent RAG, Laravel, RAGAS.*

Abstrak - *Pengendalian mutu dalam industri manufaktur pada PT. XYZ masih menggunakan checksheet berbasis spreadsheet. Penggunaan metode tersebut menyebabkan pencatatan hasil inspeksi, data historis tersimpan pada banyak file, serta menyulitkan proses pencarian dan analisis data inspeksi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem E-Checksheet berbasis web yang terintegrasi dengan chatbot analitik berbasis Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation (Agentic RAG) guna mendukung pengambilan keputusan pengendalian mutu yang interaktif, kontekstual, dan real-time. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah model Waterfall dengan menerapkan pola arsitektur Model-View-Controller (MVC) pada Laravel dan PostgreSQL, sementara komponen chatbot dibangun menggunakan FastAPI, dan GPT 5 LLM. Hasil pengujian fungsionalitas menggunakan Black-box Testing menunjukkan seluruh sistem berjalan dengan baik. Evaluasi usability menghasilkan skor System Usability Scale (SUS) sebesar 97,5 (Kategori A+ / Excellent) dan Net Promoter Score (NPS) sebesar 100. Sementara itu, evaluasi chatbot menggunakan kerangka kerja RAGAS menunjukkan Overall Pass Rate sebesar 80,0% dari 30 skenario uji, dengan tingkat relevansi jawaban (Answer Relevance), akurasi routing, dan validitas konteks (Faithfulness) mencapai rata-rata di atas 96%. Penelitian ini berhasil mendigitalisasi alur kerja inspeksi serta menyediakan asisten analitik yang aman dan akurat untuk mendukung efisiensi pengendalian mutu di industri.*

Kata kunci: *E-Checksheet, Pengendalian Mutu, Multi-Agent RAG, Laravel, RAGAS.*

I. PENDAHULUAN

Pengendalian mutu (*quality control*) merupakan salah satu aspek penting dalam industri manufaktur untuk memastikan produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Salah satu aktivitas utama dalam pengendalian mutu adalah inspeksi berkala yang bertujuan mendeteksi ketidaksesuaian sejak dini sehingga tindakan perbaikan dapat segera dilakukan. Seiring perkembangan teknologi informasi, digitalisasi proses inspeksi melalui sistem berbasis

web mampu meningkatkan efisiensi pencatatan, keterlacakan data, serta kemudahan akses terhadap informasi inspeksi [1], [2]

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi sistem pengereman kendaraan dan melaksanakan inspeksi *Machine DBX* secara berkala. Berdasarkan hasil observasi, pengelolaan data inspeksi masih bergantung pada *spreadsheet*, sehingga pencarian data historis, rekapitulasi hasil inspeksi, dan analisis informasi belum berjalan secara efisien. Kondisi tersebut menyebabkan pengguna memerlukan waktu lebih lama untuk

memperoleh informasi yang dibutuhkan sebagai dasar evaluasi maupun pengambilan keputusan.

Jafar *et al.* mengembangkan *Digital Inspection Checksheet* yang mampu meningkatkan akurasi pencatatan serta mengurangi aktivitas administrasi [3]. Selanjutnya, Majid dan Kartini mengembangkan sistem inspeksi berbasis web dan *mobile* yang meningkatkan efisiensi pelaporan serta akses terhadap data inspeksi [4]. Hussamadin *et al.* juga menunjukkan bahwa sistem inspeksi digital mampu meningkatkan akurasi dan keterlacakan data inspeksi [5]. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih berfokus pada digitalisasi pencatatan dan pelaporan sehingga analisis data inspeksi masih dilakukan secara manual.

Perkembangan *Generative Artificial Intelligence* menghadirkan pendekatan *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) yang menggabungkan kemampuan pencarian informasi dengan *Large Language Model* sehingga mampu menghasilkan respons yang lebih kontekstual berdasarkan data aktual [1]. Pengembangan lebih lanjut berupa *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* membagi proses pencarian, analisis, dan penyusunan jawaban ke dalam beberapa agen sehingga mampu meningkatkan akurasi dan kualitas respons dibandingkan pendekatan RAG konvensional [6], [7].

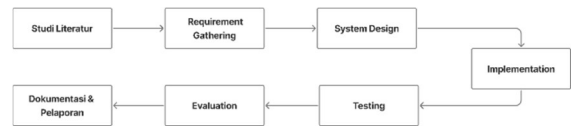
Berdasarkan penelitian terdahulu, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan sistem *E-Checksheet* berbasis web dengan *chatbot* analitik berbasis *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* untuk mendukung analisis data inspeksi. Akibatnya, pengguna masih harus menelusuri dan menginterpretasikan data inspeksi secara manual ketika membutuhkan informasi tertentu.

Penelitian ini menawarkan pengembangan sistem *E-Checksheet* berbasis web yang terintegrasi dengan *chatbot* analitik berbasis *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation*. Integrasi tersebut memungkinkan pengguna memperoleh informasi inspeksi secara interaktif berdasarkan data aktual perusahaan melalui bahasa alami sehingga proses pencarian dan analisis data menjadi lebih cepat, akurat, dan kontekstual.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem *E-Checksheet* berbasis web yang terintegrasi dengan *chatbot* analitik berbasis *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* (RAG) untuk

mendukung digitalisasi proses inspeksi pada PT XYZ. Pengembangan sistem menggunakan model Waterfall karena menyediakan tahapan yang sistematis dan berurutan, sehingga setiap proses dapat diselesaikan dan diverifikasi sebelum dilanjutkan ke tahap berikutnya [8]. Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahap penelitian diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teoritis mengenai digitalisasi proses inspeksi, *E-Checksheet*, *Large Language Model*, *Retrieval-Augmented Generation* (RAG), dan *Multi-Agent RAG*. Selanjutnya dilakukan *requirement gathering* melalui observasi proses inspeksi *Machine DBX*, analisis dokumen kebutuhan yang diberikan perusahaan, serta diskusi dengan *stakeholder* guna mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem. Hasil tahap ini menjadi dasar dalam proses pengembangan sistem.

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem yang meliputi penyusunan arsitektur sistem, perancangan proses bisnis, basis data, serta pemodelan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML). Sistem kemudian diimplementasikan menggunakan Laravel, Livewire, dan PostgreSQL sebagai platform utama pengembangan aplikasi web. Sementara itu, layanan *chatbot* dikembangkan menggunakan Python dan FastAPI sebagai *Application Programming Interface* (API) yang menghubungkan aplikasi dengan *AI Service* [9]. Data inspeksi dimanfaatkan sebagai *knowledge base* dan disimpan pada ChromaDB sebagai *vector database* untuk mendukung proses *retrieval* sebelum diproses oleh *Large Language Model* menggunakan pendekatan *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* [10].

Evaluasi sistem dilakukan dari aspek fungsionalitas, kualitas *chatbot*, *usability*, kepuasan pengguna, dan performa sistem. Pengujian fungsional menggunakan metode *Black-box Testing* untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai kebutuhan [11]. Kualitas *chatbot* dievaluasi menggunakan framework RAGAS melalui metrik *Faithfulness*, *Answer Relevance*, dan *Context Relevance* [12]. Tingkat *usability* sistem diukur menggunakan *System Usability Scale* (SUS) [13],

sedangkan kepuasan dan loyalitas pengguna dievaluasi menggunakan *Net Promoter Score* (NPS) [14]. Selain itu, pengujian performa dilakukan menggunakan Grafana K6 untuk mengukur waktu respons dan kemampuan sistem dalam menangani akses pengguna secara bersamaan dengan Standar ISO/IEC SQuaRE.

Objek penelitian adalah proses inspeksi Machine DBX di PT XYZ yang meliputi pengisian *checksheet*, pencatatan hasil inspeksi, proses *approval*, serta penyusunan laporan inspeksi. Populasi penelitian terdiri atas seluruh pengguna sistem *E-Checksheet* pada bagian Machine DBX, yaitu satu orang manajer, dua orang operator, dan satu orang administrator. Karena jumlah populasi relatif kecil, penelitian ini menggunakan teknik *sampling* jenuh (*exhaustive sampling*), yaitu teknik penentuan sampel dengan melibatkan seluruh anggota populasi sebagai responden [15]. Seluruh responden berpartisipasi dalam pengujian *System Usability Scale* (SUS) dan *Net Promoter Score* (NPS) untuk mengevaluasi tingkat *usability* serta kepuasan pengguna terhadap sistem yang dikembangkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi proses inspeksi, diskusi dengan *stakeholder*, serta penelaahan dokumen kebutuhan yang digunakan oleh PT XYZ. Tahap ini bertujuan mengidentifikasi permasalahan pada proses inspeksi yang berjalan serta menentukan kebutuhan sistem sebagai dasar pengembangan *E-Checksheet* berbasis web yang terintegrasi dengan *chatbot* analitik.

1. Analisis Proses Existing

Berdasarkan hasil observasi, proses inspeksi Machine DBX masih menggunakan *checksheet* berbasis Microsoft Excel. Operator mencatat hasil inspeksi pada dokumen *spreadsheet*, kemudian dokumen dikirim kepada manajer untuk proses *approval*. Seluruh data inspeksi disimpan dalam folder bersama sehingga setiap periode menghasilkan berkas tersendiri. Kondisi tersebut menyebabkan pencarian data historis, pemantauan status inspeksi, dan analisis hasil inspeksi menjadi kurang efisien. Gambar 2 menunjukkan contoh *checksheet* yang digunakan sebelum digitalisasi, sedangkan Gambar 3 memperlihatkan mekanisme penyimpanan dokumen inspeksi.

PREVENTIVE MAINTENANCE CHECK SHEET									
LINE/AREA		M/C NAME	MACHINE NO	YEAR		DATE-MONTH			
Disc Brake 1		Cleaning & Grease	MEC/2026/RL/015	2026		5			
Problem and Solution 1									
No	Item Cek	Standard	Metode	Hasil	Deskripsi Sebelum	Foto Sebelum	Deskripsi Sesudah	Foto Sesudah	
1	Tegangan Input	1 Phase 110/220 VAC & 3 Phase	Ukur	OK	Tegangan input breaker normal 220 VAC		Tegangan output breaker normal, tidak ada abnormalitas		
2	Sensor Material	Tidak kedip dan lensa bersih	Cleaning	OK	Cleaning sensor		terdapat debu tipis Sensor dibersihkan, fungsi normal		
3	Sensor Tipe	Berfungsi, tidak rusak	Check	OK	Cleaning sensor		Sensor dibersihkan dan diuji, berfungsi normal		
4	Kabel Lampu Pokayoke LH/RI	Kabel tidak terkelupas, Lampu menyala	Check	OK	Check kabel & lampu pokayoke RI, oke		Pemeriksaan kabel LH dan fungsi lampu normal		
5	P-R-I Unit	Berfungsi baik, bersih	Cleaning	OK	FRL terdapat debu pada permukaan		FRL dibersihkan dan fungsi normal		
6	Piping Housing Vacuum (di area belahang)	Tidak ada kotoran yang menumpuk sehingga daya hisap tidak terganggu	Cleaning	OK	Ditemukan debu ringan pada jalur vacuum		Pipa vacuum dibersihkan, daya hisap normal		

Gambar 2. Potongan *Checksheet Existing*

Name	Date modified	Type	Size
preventive_8701.xlsx	1/6/2025 8:00 AM	Microsoft Excel M...	4,461 KB
preventive_8702.xlsx	1/13/2025 8:00 AM	Microsoft Excel M...	4,463 KB
preventive_8703.xlsx	1/20/2025 8:00 AM	Microsoft Excel M...	4,526 KB
preventive_8704.xlsx	1/27/2025 8:00 AM	Microsoft Excel M...	4,480 KB
preventive_8705.xlsx	2/3/2025 8:00 AM	Microsoft Excel M...	4,549 KB
preventive_8706.xlsx	2/10/2025 8:00 AM	Microsoft Excel M...	4,482 KB
preventive_8707.xlsx	2/17/2025 8:00 AM	Microsoft Excel M...	4,807 KB
preventive_8708.xlsx	2/24/2025 8:00 AM	Microsoft Excel M...	4,526 KB
preventive_8709.xlsx	3/3/2025 8:00 AM	Microsoft Excel M...	4,527 KB

Gambar 3. Penyimpanan Dokumen *Checksheet*

2. Hasil Analisis Permasalahan

Berdasarkan hasil analisis proses yang telah dilakukan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I. HASIL ANALISIS MASALAH

No	Permasalahan	Dampak
1.	Data inspeksi disimpan dalam banyak file spreadsheet.	Pencarian data historis membutuhkan waktu lebih lama.
2.	Data tidak tersimpan dalam database terpusat.	Risiko duplikasi dan inkonsistensi data.
3.	Status inspeksi tidak dapat dipantau secara langsung.	Monitoring proses inspeksi menjadi kurang efektif.
4.	Tidak tersedia fitur analisis data inspeksi.	Pengguna harus melakukan analisis secara manual.

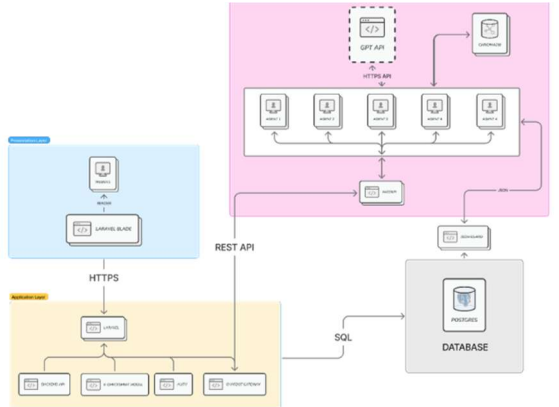
Berdasarkan Tabel I, permasalahan utama terletak pada penyimpanan data yang belum terpusat, proses monitoring yang belum berjalan secara *real-time*, serta belum tersedianya fasilitas analitik. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan harus mampu mendukung digitalisasi proses inspeksi sekaligus menyediakan fasilitas analisis data secara interaktif.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa permasalahan utama bukan hanya terletak pada digitalisasi pencatatan, tetapi juga pada keterbatasan pengguna dalam memperoleh informasi dari data inspeksi yang telah tersimpan. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan tidak hanya menyediakan E-Checksheet berbasis web, tetapi juga mengintegrasikan *chatbot* analitik berbasis *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* untuk mendukung pencarian dan analisis data inspeksi secara interaktif.

Berdasarkan hasil analisis permasalahan, sistem harus mendukung fitur autentikasi pengguna, pengelolaan *checksheet*, pelaksanaan inspeksi, proses *approval*, pelaporan, *dashboard* analitik, serta *chatbot* berbasis *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation*. Selain kebutuhan fungsional, sistem juga dirancang memenuhi kebutuhan nonfungsional yang mencakup *usability*, keamanan, *reliability*, *performance*, dan *robustness*.

B. Perancangan Sistem

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, dirancang arsitektur sistem *E-Checksheet* yang terdiri atas empat lapisan utama, yaitu *presentation layer*, *application layer*, *data layer*, dan *intelligence layer*, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Pemisahan arsitektur ke dalam beberapa lapisan bertujuan untuk meningkatkan modularitas sistem sehingga proses pengembangan, pemeliharaan, dan integrasi setiap komponen dapat dilakukan secara lebih terstruktur.

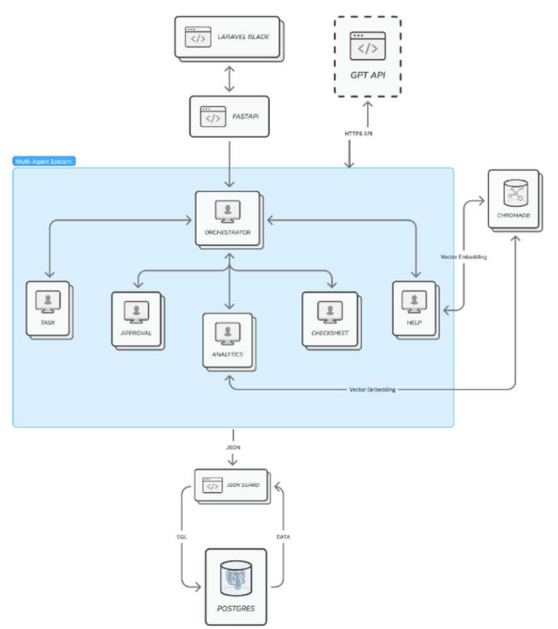


Gambar 4. Arsitektur Sistem E-Checksheet

Presentation layer menyediakan antarmuka berbasis web yang digunakan oleh Admin, Operator, dan Manager untuk mengakses fitur sistem. *Application layer* dikembangkan menggunakan Laravel sebagai pusat logika bisnis yang menangani autentikasi, pengelolaan *checksheet*, pelaksanaan inspeksi, proses *approval*, dan komunikasi dengan

layanan *chatbot*. Seluruh data operasional disimpan pada PostgreSQL sebagai *data layer*, sedangkan *intelligence layer* dibangun menggunakan Python, FastAPI, dan *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* untuk menyediakan *chatbot* analitik berbasis data inspeksi.

Arsitektur *chatbot* yang diusulkan menerapkan pendekatan *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* untuk membantu pengguna memperoleh informasi inspeksi melalui bahasa alami. Arsitektur tersebut terdiri atas antarmuka *chatbot*, *service layer*, *multi-agent system*, *Large Language Model* (LLM), ChromaDB sebagai *vector database*, PostgreSQL sebagai sumber data operasional, serta mekanisme validasi *JSON Guard*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



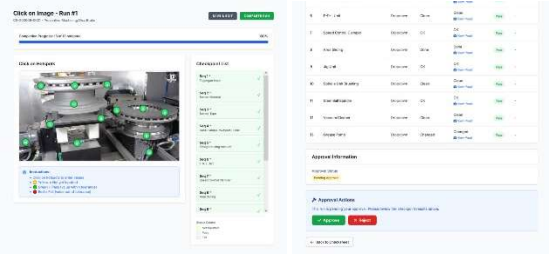
Gambar 5. Arsitektur Sistem Chatbot E-Checksheet

Pada arsitektur tersebut, setiap *agent* memiliki tanggung jawab yang berbeda dalam memproses permintaan pengguna. Deskripsi fungsi masing-masing *agent* disajikan pada Tabel II.

TABEL II. DESKRIPSI FUNGSI AGENT

Agent	Fungsi
Orchestrator Agent	Menganalisis pertanyaan pengguna dan menentukan agent yang sesuai untuk memproses permintaan.
Task Agent	Menyediakan informasi mengenai tugas inspeksi, jadwal inspeksi, dan pekerjaan yang belum diselesaikan.

disesuaikan dengan karakteristik proses inspeksi yang dilakukan. Setelah seluruh data inspeksi diinput, hasil pemeriksaan diajukan kepada Manager untuk proses *review* dan *approval*, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Halaman Pelaksanaan Inspeksi dan Approval

Melalui mekanisme tersebut, seluruh aktivitas inspeksi terdokumentasi secara digital, mulai dari pencatatan hasil inspeksi, pemberian bukti pendukung, hingga proses persetujuan, sehingga meningkatkan keterlacakan (*traceability*) dan mempermudah pemantauan status inspeksi.

4. Dashboard Analytics

Sistem menyediakan *dashboard analytics* untuk menyajikan hasil inspeksi dalam bentuk visualisasi sehingga memudahkan pengguna melakukan pemantauan terhadap kondisi inspeksi. Dashboard menampilkan informasi seperti *pass rate*, statistik pelaksanaan inspeksi, distribusi *checksheet*, serta ringkasan hasil inspeksi berdasarkan periode tertentu, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



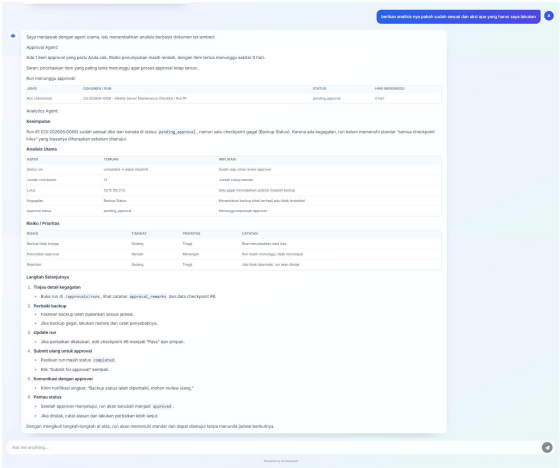
Gambar 10. Tampilan Halaman Dashboard Analytics

Selain menyajikan visualisasi data, sistem juga mendukung ekspor laporan dalam format PDF dan CSV sehingga mempermudah proses dokumentasi dan penyusunan laporan inspeksi berdasarkan data yang tersimpan pada sistem.

5. Chatbot Analitik

Chatbot analitik diintegrasikan ke dalam sistem untuk membantu pengguna memperoleh

informasi inspeksi melalui bahasa alami. *Chatbot* memanfaatkan pendekatan *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* dengan melakukan *retrieval* terhadap data inspeksi dan *knowledge base* sebelum menghasilkan respons menggunakan *Large Language Model*, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 10. Tampilan Widget Chatbot

Selain menjawab pertanyaan pengguna, *chatbot* mampu menyajikan ringkasan kondisi inspeksi, analisis hasil pemeriksaan, identifikasi risiko, dan rekomendasi tindak lanjut berdasarkan data aktual perusahaan.

D. Evaluasi Sistem

Evaluasi sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan telah memenuhi kebutuhan fungsional maupun nonfungsional. Pengujian meliputi *Black-box Testing* untuk menguji fungsionalitas sistem, evaluasi *chatbot* menggunakan RAGAS, pengujian *usability* menggunakan *System Usability Scale* (SUS), pengukuran loyalitas pengguna menggunakan *Net Promoter Score* (NPS), serta pengujian performa menggunakan Grafana K6.

1. Black-box Testing

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode *Black-box Testing* untuk memastikan setiap fitur utama sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian mencakup delapan modul utama, yaitu *Master Data*, *Checksheet*, *Approval Checksheet*, *Run Checksheet*, *Approval Run*, *Report & Export*, *Analytics*, dan *Chatbot*. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel III.

TABEL III. RINGKASAN HASIL BLACK-BOX TESTING

Modul	Jumlah Skenario	Berhasil	Tingkat Keberhasilan
Master Data	9	9	100%
Checksheets	14	14	100%
Approval Checksheets	7	7	100%
Run Checksheets	13	13	100%
Approval Run	5	5	100%
Report & Export	6	6	100%
Analytics	4	4	100%
Chatbot	3	3	100%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh skenario uji berhasil dijalankan sesuai dengan hasil yang diharapkan.

2. RAGAS

Evaluasi *chatbot* dilakukan menggunakan framework RAGAS yang dikombinasikan dengan metrik tambahan untuk mengevaluasi arsitektur *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation*. Metrik yang digunakan meliputi *Faithfulness*, *Answer Relevance*, *Context Relevance*, *Agent Routing*, *Workflow Completeness*, *Safety and Scope*, *Context Availability*, serta *Expected Phrase*. Pengujian dilakukan terhadap 30 skenario yang mencakup pertanyaan.

TABEL IV. RINGKASAN HASIL RAGAS

Metrik	Pass Rate
<i>Agent Routing</i>	96,7%
<i>Answer Relevance</i>	100,0%
<i>Context Relevance</i>	96,7%
<i>Expected Phrase</i>	100,0%
<i>Faithfulness</i>	96,7%
<i>Language</i>	100,0%
<i>Safety and Scope</i>	96,7%
<i>Workflow Completeness</i>	83,3%
<i>Overall Pass Rate</i>	80,0%

Hasil pada Tabel IV menunjukkan bahwa *chatbot* memiliki performa yang baik dalam menghasilkan jawaban berdasarkan data inspeksi.

Secara keseluruhan, *chatbot* memperoleh Overall Pass Rate sebesar 80,0%, yang menunjukkan bahwa pendekatan *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* mampu menghasilkan respons yang relevan, konsisten, dan aman.

3. SUS & NPS

Evaluasi *usability* dan kepuasan pengguna dilakukan menggunakan System Usability Scale (SUS) dan Net Promoter Score (NPS) terhadap empat responden yang terdiri atas satu Manager, dua Operator, dan satu Admin PT XYZ bagian Machine DBX. Ringkasan hasil evaluasi disajikan pada Tabel V.

TABEL V. HASIL EVALUASI SUS DAN NPS

Metode	Hasil	Interpretasi
System Usability Scale (SUS)	97,5	Grade A+ (<i>Excellent</i>)
Net Promoter Score (NPS)	100	Seluruh responden termasuk kategori <i>Promoter</i>

Berdasarkan Tabel V, sistem memperoleh skor SUS sebesar 97,5 (*Grade A+ / Excellent*) dan NPS sebesar 100, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat *usability*, kepuasan, dan loyalitas pengguna yang sangat tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa Sistem *E-Checksheets* layak digunakan untuk mendukung proses inspeksi di PT XYZ.

4. Evaluasi Performa Sistem

Pengujian performa dilakukan menggunakan Grafana k6 dengan metode *load testing* pada *server* VPS (1 vCPU, RAM 2 GB) untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam menangani beban pengguna secara bersamaan. Pengujian dilakukan pada tiga skenario, yaitu 1, 10, dan 25 *virtual user* (VU). Hasil pengujian disajikan pada Tabel VI.

TABEL VI. HASIL PENGUJIAN PERFORMA

Parameter	1 VU	10 VU	25 VU
<i>Success Rate</i>	100%	100%	100%
<i>Average Response Time</i>	110,84 ms	194,71 ms	1.589,95 ms
<i>Throughput</i>	0,86 req/s	5,87 req/s	6,90 req/s

Berdasarkan Tabel VI, seluruh skenario pengujian memperoleh success rate 100% tanpa *failed request*. Meskipun *response time* meningkat seiring bertambahnya jumlah pengguna, sistem tetap mampu menangani seluruh transaksi dengan baik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem E-Checksheet berbasis web yang terintegrasi dengan *chatbot* analitik berbasis *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* (RAG) untuk mendukung digitalisasi proses inspeksi di PT XYZ. Sistem yang dikembangkan mampu mendigitalisasi pengelolaan *checksheet*, pelaksanaan inspeksi, proses *approval*, serta penyajian informasi inspeksi secara interaktif melalui *chatbot*. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan, dengan nilai *System Usability Scale* (SUS) sebesar 97,5, *Net Promoter Score* (NPS) sebesar 100, dan *Overall Pass Rate chatbot* sebesar 80,0%, sehingga menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat *usability*, penerimaan pengguna, dan kualitas respons *chatbot* yang baik.

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi *Multi-Agent Retrieval-Augmented Generation* dapat meningkatkan kemudahan akses terhadap informasi inspeksi melalui bahasa alami berdasarkan data aktual perusahaan. Pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada implementasi aplikasi berbasis *mobile*, integrasi dengan platform komunikasi, serta optimalisasi *prompt engineering* dan kemampuan analitik untuk meningkatkan performa *chatbot* dalam menangani pertanyaan yang lebih kompleks.

V. REFERENSI

- [1] J. A. H. Álvaro and J. G. Barreda, "An advanced retrieval-augmented generation system for manufacturing quality control," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 64, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.aei.2024.103007.
- [2] F. A. Ghansah and D. J. Edwards, "Digital Technologies for Quality Assurance in the Construction Industry: Current Trend and Future Research Directions towards Industry 4.0," Mar. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/buildings14030844.
- [3] A. T. Jafar, A. Taslim, A. S. Ratum, J. Ki, and H. Dewantara, "Designing the Digital System Using SDLC Methodology to Increase Inspection Efficiency at PT. LV," *Journal of Industrial Engineering Scientific Journal on Research and Application of Industrial System*, vol. 8, no. 1, 2023, doi: 10.33022/jie.v8i1.4331.
- [4] F. M. Majid and Kartini, "RANCANG BANGUN SISTEM INSPEKSI HARIAN PROYEK BERBASIS WEB DAN MOBILE (STUDI KASUS: PT. JAYA CM)," *Integrative Perspectives of Social and Science Journal*, vol. 2, no. 3, p. 5461, 2025.
- [5] R. Hussamadin, G. Jansson, and J. Mukkavaara, "Digital Quality Control System—A Tool for Reliable On-Site Inspection and Documentation," *Buildings*, vol. 13, no. 2, Feb. 2023, doi: 10.3390/buildings13020358.
- [6] F. Wu, Z. Li, F. Wei, Y. Li, B. Ding, and J. Gao, "Talk to Right Specialists: Routing and Planning in Multi-agent System for Question Answering," Jan. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2501.07813>
- [7] Y. Yue *et al.*, "MasRouter: Learning to Route LLMs for Multi-Agent System," in *63rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 2025, pp. 15549–15572. [Online]. Available: <https://github>.
- [8] E. Gunawan and S. Oktaviana, "Sistem Informasi Inventori Kartu Uang Elektronik Berbasis Web Pada Bank DKI," 2023.
- [9] P. Bansal and A. Ouda, "Study on Integration of FastAPI and Machine Learning for Continuous Authentication of Behavioral Biometrics," in *2022 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)*, 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/ISNCC55209.2022.9851790.
- [10] M. Vijay, T. Bhavana, C. Pranavi, N. H. Sethu, and K. Prashanth, "Automating Personalized Email Outreach: A LangChain-LLaMA Framework with ChromaDB and Groq Cloud," in *Proceedings of 5th International Conference on Ubiquitous Computing and Intelligent Information Systems, ICUIS 2025*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Feb. 2025, pp. 243–250. doi: 10.1109/ICUIS67429.2025.11380266.
- [11] A. Maspupah, "LITERATURE REVIEW: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF BLACK BOX AND WHITE BOX TESTING METHODS," *Jurnal Techno Nusa Mandiri*, vol. 21, no. 2, pp. 151–162, Sep. 2024, doi: 10.33480/techno.v21i2.5776.
- [12] S. Es, J. James, L. Espinosa-Anke, and S. Schockaert, "Ragas: Automated Evaluation of Retrieval Augmented Generation," Apr. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2309.15217>
- [13] Jeff. Sauro and J. R. . Lewis, *Quantifying the user experience: practical statistics for user research*. Morgan Kaufmann, 2016.
- [14] M. W. Krol, D. de Boer, D. M. Delnoij, and J. J. D. J. M. Rademakers, "The Net Promoter Score - an asset to patient experience surveys?," *Health Expectations*, vol. 18, no. 6, pp. 3099–3109, Dec. 2015, doi: 10.1111/hex.12297.
- [15] I. Machali, *METODE PENELITIAN KUANTITATIF: Panduan Praktis Merencanakan, Melaksanakan dan Analisis dalam Penelitian Kuantitatif*. Yogyakarta: Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Kalijaga Yogyakarta, 2021.