

# Rancang Bangun Asisten Virtual Layanan Pelanggan Berbasis WhatsApp dengan Pendekatan State-Based dan Keyword Scoring

Fasya Yusita<sup>1</sup>, Joko Priambodo<sup>2</sup>, Noval Riyadiansyah<sup>3</sup>, Tedi Maulana<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

Email: [yusitafasya@gmail.com](mailto:yusitafasya@gmail.com), [dosen00276@unpam.ac.id](mailto:dosen00276@unpam.ac.id)\*, [novalriyadiansyah89757@gmail.com](mailto:novalriyadiansyah89757@gmail.com), [tedimaulana629@gmail.com](mailto:tedimaulana629@gmail.com)

(\* : corresponding author)

**Abstrak**—Penelitian ini memfokuskan pada pengembangan asisten virtual cerdas bernama Kirana, sebuah agen percakapan berbasis platform WhatsApp yang dirancang untuk mengoptimalkan layanan konsumen pada PT Bombastis Prima Warna Indonesia. Permasalahan mendasar yang memicu penelitian ini adalah tingginya latensi respons terhadap kueri repetitif konsumen akibat ketergantungan penuh pada tenaga operator manusia. Penumpukan pertanyaan terkait spesifikasi pelapis, estimasi volume kebutuhan, dan variasi produk mengakibatkan inefisiensi operasional. Melalui penerapan arsitektur Finite-State Machine (FSM) untuk navigasi dialog, algoritma Keyword Scoring untuk klasifikasi intensi, serta Intent-Slot Memory untuk penyimpanan konteks sementara, sistem ini diimplementasikan menggunakan environment Node.js dan library whatsapp-web.js. Pengembangan dilakukan menggunakan metode Prototype yang iteratif. Hasil pengujian black box membuktikan bahwa sistem mampu merespons instruksi secara mandiri, mengeksekusi kalkulasi kebutuhan material cat secara akurat, serta mendelegasikan kasus kompleks seperti klaim garansi melalui mekanisme fallback otomatis dengan tingkat keberhasilan fungsional mencapai 100%. Kontribusi utama riset ini adalah otomatisasi alur konsultasi teknis yang mempercepat waktu respons dan meringankan beban kognitif staf layanan pelanggan.

**Kata Kunci:** Asisten Virtual; WhatsApp; Node.js; Keyword Scoring; State-Based

**Abstract**—This research focuses on the development of an intelligent virtual assistant named Kirana, a WhatsApp-based conversational agent designed to optimize customer service at PT Bombastis Prima Warna Indonesia. The fundamental issue prompting this study is the high response latency to repetitive consumer queries caused by total reliance on human operators. The accumulation of questions regarding coating specifications, volume estimations, and product variations has led to operational inefficiency. By applying a Finite-State Machine (FSM) architecture for dialog navigation, a Keyword Scoring algorithm for intent classification, and Intent-Slot Memory for temporary context retention, the system was implemented using the Node.js environment and the whatsapp-web.js library. The development followed an iterative Prototype method. Black box testing results demonstrated that the system can autonomously respond to instructions, accurately execute paint material requirement calculations, and delegate complex cases such as warranty claims through an automatic fallback mechanism with a functional success rate of 100%. The primary contribution of this research is the automation of the technical consultation workflow, which accelerates response times and alleviates the cognitive load on customer service staff.

**Keywords:** Virtual Assistant; WhatsApp; Node.js; Keyword Scoring; State-Based

## 1. PENDAHULUAN

Akselerasi digitalisasi menuntut entitas industri untuk menghadirkan saluran komunikasi yang responsif dan tersedia tanpa henti. Di sektor manufaktur pelapis pelindung dan cat, interaksi krusial seperti konsultasi spesifikasi material dan kalkulasi daya sebar merupakan tahapan penentu dalam memengaruhi keputusan pembelian konsumen. PT Bombastis Prima Warna Indonesia, pemegang merek dagang Golden Horse Paint, menghadapi tantangan bottleneck komunikasi pada layanan pelanggan mereka. Tingginya frekuensi masuknya kueri repetitif melalui saluran WhatsApp Business sering kali tidak sebanding dengan kapasitas kognitif dan ketersediaan waktu staf operator, sehingga menciptakan latensi waktu balas yang berpotensi merugikan konversi penjualan.

Berdasarkan studi terdahulu, implementasi agen perangkat lunak (chatbot) pada ekosistem pesan instan terbukti secara empiris mampu mereduksi waktu tunggu respons secara drastis. Berbeda dengan sistem pemrosesan bahasa alami (NLP) berbasis kecerdasan buatan murni yang boros komputasi, pendekatan berbasis aturan (rule-based) dinilai lebih handal dan stabil untuk mendeteksi

intensi instruksi terstruktur tanpa risiko halusinasi data spesifikasi produk. Oleh sebab itu, solusi otomatisasi yang dikembangkan pada penelitian ini memanfaatkan kerangka Finite State Machine guna mengarahkan konteks pembicaraan, disokong oleh metode pembobotan leksikal (keyword scoring) untuk mengekstraksi maksud pengguna.

Penelitian mengenai implementasi sistem asisten percakapan virtual atau chatbot berbasis platform pesan instan telah banyak dieksplorasi dalam berbagai sektor. Sebagai contoh, studi oleh (Sistem Informasi Bisnis, 2025) menyoroti efisiensi otomasi pesan terstruktur untuk mereduksi waktu tunggu respons pelanggan secara signifikan. Di sisi lain, penelitian dari (JEEEMI, 2025) menekankan bahwa sistem pelayanan berbasis aturan (rule-based) terbukti lebih andal dan stabil dalam menyajikan data spesifikasi produk yang kaku dibandingkan model kecerdasan buatan murni yang rawan terhadap halusinasi informasi. Rangkaian studi terdahulu memberikan landasan kuat bahwa digitalisasi saluran komunikasi sangat krusial, namun kebutuhan operasional pada PT Bombastis Prima Warna Indonesia (produsen Golden Horse Paint) memerlukan pendekatan yang lebih spesifik. Akar permasalahan utama di perusahaan ini bukan sekadar ketiadaan media interaksi otomatis, melainkan adanya keterputusan alur kerja dari pengenalan katalog produk menuju kalkulasi volumetrik kebutuhan cat, hingga penanganan komplain logistik secara manual yang memicu bottleneck pelayanan.

Berdasarkan celah (research gap) tersebut, penelitian ini mengembangkan asisten virtual bernama "Kirana" yang berjalan di atas infrastruktur WhatsApp Messenger. Sistem ini diorientasikan untuk membangun keterhubungan konteks komunikasi yang dinamis, bukan sekadar memuntahkan teks jawaban linear. Alur dialog dimulai melalui sapaan awal (initiation state). Ketika pengguna membutuhkan konsultasi material, sistem mengarahkan ke menu katalog produk terstruktur. Jika pengguna membutuhkan estimasi biaya atau volume belanja, modul kalkulator proyek berbasis memori slot diaktifkan guna mengekstrak parameter angka secara otonom. Dengan desain hibrida ini, setiap percakapan kompleks yang gagal diinterpretasikan atau bermuatan keluhan barang rusak akan dialihkan secara otomatis (fallback mechanism) ke operator manusia dengan retensi data yang tetap terjaga.

Pemilihan ekosistem runtime Node.js, pustaka `whatsapp-web.js`, serta penyimpanan berbasis objek JavaScript (JSON) disesuaikan dengan karakteristik sistem yang menuntut performa asinkron serta penanganan konkurensi lalu lintas data yang tinggi. Menurut (Node.js Foundation, 2024), arsitektur non-blocking I/O pada Node.js sangat optimal dalam mendukung platform komunikasi real-time. Di sisi rekayasa perangkat lunak, metode Prototype dipilih karena basis data kata kunci dan aturan menu pada chatbot Kirana membutuhkan evaluasi serta interaksi berkala dari pemangku kepentingan (stakeholders). Pendekatan bertahap (Pressman & Maxim, 2020) memberikan ruang bagi pengujian intensif pada tiap status transisi menu. Bagi chatbot Kirana, pola iteratif ini menjadi sangat vital karena modul pengenalan maksud kalimat (keyword scoring) dan memori slot saling memengaruhi secara sekuensial, di mana kegagalan identifikasi kata kunci pada awal sesi akan merusak akurasi kalkulasi pada status berikutnya.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang, membangun, dan menguji performa chatbot WhatsApp Kirana untuk mengintegrasikan layanan eksplorasi katalog, kalkulator volumetrik cat, sistem pengalihan eskalasi otomatis, serta manajemen sesi pengguna pada PT Bombastis Prima Warna Indonesia. Artikel ini juga menganalisis bagaimana penerapan arsitektur Finite-State Machine (FSM) membantu navigasi dialog secara ketat dan bagaimana metodologi Black Box Testing digunakan untuk memvalidasi reliabilitas fungsional sistem. Melalui arah tersebut, artikel ini menawarkan kajian yang lebih analitis terhadap rekayasa asisten virtual, khususnya pada aspek ketahanan konteks percakapan, efisiensi komputasi server, serta nilai aplikatif sistem dalam mempercepat konversi penjualan di era digital.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1 Analisis Kebutuhan**

Investigasi kebutuhan direalisasikan melalui metode observasi langsung pada siklus komunikasi masuk di kanal WhatsApp PT Bombastis Prima Warna Indonesia serta tinjauan arsip dokumen log keluhan. Hasil identifikasi memperlihatkan bahwa hambatan utama bukanlah ketiadaan prosedur, melainkan volume pesan manual yang berlebih. Kebutuhan

sistemik mensyaratkan adanya modul pendeteksi otomatis untuk membedakan pertanyaan katalog umum dengan keluhan pelanggan yang bersifat darurat.

## 2.2 Metode Pengembangan Sistem

Paradigma rekayasa perangkat lunak yang diaplikasikan adalah metode Prototype. Pendekatan ini memungkinkan pembangunan model sistem awal secara cepat agar dapat segera dievaluasi oleh pemangku kepentingan. Siklus ini mencakup tahap identifikasi spesifikasi, perancangan prototipe awal menggunakan diagram Unified Modeling Language (UML), validasi fungsional, dan iterasi penyempurnaan basis aturan kata kunci (rules engine) hingga sistem mencapai kondisi stabil sebelum dirilis pada nomor produksi.

**Tabel 1.** Skema Iterasi Pengembangan *Chatbot Kirana*

Iterasi	Fokus	Luaran yang Dicapai
1	Analisis Alur & Inisiasi	Pemetaan struktur pohon menu obrolan, penyiapan pesan selamat datang otomatis ( <i>S_INIT</i> ), dan pembentukan logika <i>Session Store</i> awal pengguna.
2	Katalog & Varian Produk	Integrasi direktori data spesifikasi cat pelapis, varian warna, dan tautan e-commerce <i>Golden Horse Paint</i> ke dalam basis aturan lokal ( <i>S_CATALOG</i> ).
3	Modul Kalkulator Volumetrik	Penanaman formula matematis daya sebar cat dan pengaktifan <i>Intent-Slot Memory</i> untuk menyaring variabel dimensi luas area proyek ( <i>S_CALC</i> ).
4	Protokol <i>Fallback</i> & Eskalasi	Penyusunan algoritma deteksi kata kunci kritis untuk menghentikan respon otomatis dan mengalihkan sesi obrolan secara mulus ke operator manusia ( <i>S_ESC</i> ).
5	Optimalisasi Kamus Leksikal	Penerapan algoritma <i>Keyword Scoring</i> tingkat lanjut serta metode komputasi jarak kata untuk meminimalkan kegagalan pembacaan pesan salah ketik ( <i>typo</i> ).
6	Evaluasi & Validasi Akhir	Pengeksperimanan skenario <i>Black Box</i> , perbaikan latensi pengiriman pesan melalui <i>headless browser</i> , serta finalisasi format teks antarmuka chat.

## 2.3 Perancangan

Arsitektur sistem dibangun bertumpu pada lingkungan *runtime* asinkron Node.js, memanfaatkan keunggulan model *non-blocking I/O* yang sangat mumpuni dalam menangani konkurensi lalu lintas pesan dari banyak pengguna sekaligus. Modul interkoneksi ke platform WhatsApp ditangani oleh pustaka sumber terbuka *whatsapp-web.js*. Sementara itu, untuk menjaga ketahanan konteks antar-pesan, sistem ditanamkan mekanisme *Session Store* berbasis *file system* guna merekam rekam jejak variabel kategori produk dan dimensi luas bangunan yang dikirimkan oleh pengguna secara berkala selama sesi aktif berjalan.

Perancangan chatbot Kirana menempatkan status inisiasi selamat datang sebagai awal siklus interaksi. Dari data masukan pengguna, sistem mengevaluasi skor kata kunci untuk mengarahkan proses menuju status eksplorasi spesifikasi material, konversi parameter numerik menjadi estimasi kebutuhan kaleng cat, hingga penyajian tautan transaksi pembelian. Pola transisi status ini dipilih karena masalah utama pada pelayanan manual adalah terjadinya keterputusan penyerahan informasi teknis produk dari satu tahap ke tahap berikutnya.

## 2.4 Implementasi

Teknologi inti yang digunakan dalam implementasi asisten virtual ini terdiri atas bahasa pemrograman JavaScript yang dieksekusi di atas lingkungan *runtime* Node.js, dengan

penyimpanan data aturan lokal berbasis struktur berkas *JavaScript Object Notation* (JSON). Pemilihan Node.js didasarkan pada efisiensi eksekusi berbasis *event-driven* yang sangat ringan untuk mengelola perutean pesan instan berskala besar. Struktur JSON dipilih karena model representasi datanya yang fleksibel dan memiliki kompleksitas pencarian data yang sangat cepat saat dicocokkan oleh algoritma *Keyword Scoring*.

Implementasi modul dikerjakan secara bertahap mengikuti hasil pembagian iterasi *prototype*. Komponen dasar seperti koneksi siklus hidup *WhatsApp Web* dan manajemen status sesi dibangun lebih awal karena menjadi fondasi utama penanganan pesan. Setelah itu, pengembangan diarahkan pada penyusunan fungsi ekstraksi parameter numerik pada kalkulator proyek, penyaringan kata kunci pemicu komplain, serta pembuatan rutin notifikasi eskalasi menuju dasbor operator manusia. Cara bertahap ini memberi ruang bagi tim pengembang untuk memeriksa hubungan transisi antar-status sebelum bot dirilis penuh.

## 2.5 Pengujian

Validasi keandalan sistem sepenuhnya menggunakan pendekatan *Black Box Testing*. Metode pengujian ini memeriksa kelayakan fungsi dari sudut pandang pengguna akhir melalui evaluasi ketepatan keluaran (*output*) teks yang dihasilkan oleh sistem berdasarkan variasi masukan (*input*) kalimat pemicu tertentu. Pendekatan ini dinilai sangat relevan karena target utama penelitian berfokus pada kelayakan fungsional alur komunikasi dan akurasi logika kalkulator, bukan pada pembacaan struktur baris kode program secara internal. Skenario uji pada chatbot Kirana mencakup validasi sapaan awal, ketepatan klasifikasi intent produk, akurasi perhitungan matematika volume cat, keberhasilan pengalihan status eskalasi, serta ketahanan memori sesi obrolan saat menerima masukan acak.

## 2.6 Pemeliharaan

Tahap pemeliharaan ditempatkan sebagai tindakan keberlanjutan pasca-sistem diuji secara fungsional dan diimplementasikan secara nyata pada nomor operasional perusahaan. Pada fase ini, pengembangan berfokus untuk memantau konsistensi penyimpanan berkas sesi pengguna, memperbarui direktori kata kunci (*dictionary upgrade*) mengikuti tren bahasa slang baru konsumen, menyesuaikan data katalog jika terdapat perubahan harga atau varian warna dari pabrik, serta menjaga stabilitas konektivitas *headless browser* terhadap pembaruan protokol berkala dari WhatsApp platform. Pemeliharaan berkala menjadi krusial karena chatbot Kirana berhubungan langsung dengan aktivitas transaksi harian konsumen yang bersifat dinamis.

# 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

## 3.1 Implementasi Sistem

Hasil investigasi awal mengonfirmasi bahwa operasional layanan konsumen di PT Bombastis Prima Warna Indonesia masih didera fragmentasi data komunikasi. Ketidaksiharian ini terlihat jelas saat informasi spesifikasi teknis pelapis, estimasi volume kebutuhan proyek, dan penanganan komplain logistik dikelola secara parsial melalui interaksi manual operator. Dampak negatif dari pola konvensional tersebut mencakup latensi waktu balas yang tinggi serta bias interpretasi data, di mana tim manajerial tidak dapat memantau tren keluhan konsumen secara aktual (*real-time*). Kondisi ini menegaskan bahwa urgensi utama yang mendesak bukanlah sekadar mempercepat pengetikan respons, melainkan membangun keterhubungan data kontekstual yang terintegrasi.

Asisten virtual "Kirana" dirancang sebagai instrumen hibrida untuk meruntuhkan batasan operasional tersebut melalui manajemen transisi status dialog (*state transitions*). Sesi interaksi diawali oleh status inisiasi (*State\_Init*) melalui pesan sapaan otomatis. Dari fase ini, asisten virtual mengevaluasi pembobotan leksikal teks konsumen guna mengarahkan alur menuju eksplorasi katalog (*State\_Catalog*) atau modul komputasi volumetrik cat (*State\_Calc*). Karakteristik pembeda utama sistem ini terletak pada kemampuannya untuk mengunci variabel dimensi area (panjang dan lebar) dalam *Intent-Slot Memory* temporer, sehingga perhitungan kalkulator daya sebar produk dapat dieksekusi secara otonom tanpa memerlukan intervensi

manusia, kecuali ketika sistem mendeteksi sinyal komplain kritis yang memicu protokol eskalasi otomatis (*State\_Esc*).

### 3.1.1 Hasil Perancangan Sistem

#### a. Arsitektur Komunikasi Dialog (Finite-State Machine)

Perancangan asisten virtual diarahkan pada ketatnya pengendalian transisi percakapan agar sistem terhindar dari anomali pembacaan data. Pemodelan berbasis *Finite-State Machine* (FSM) diterapkan untuk memastikan bahwa string teks berupa angka yang dikirimkan oleh pengguna hanya akan dieksekusi sebagai parameter kalkulator jika pengguna sedang aktif berada di dalam ruang lingkup *State\_Calc*.

*Rangkaian diagram status ini mencakup interaksi logika runtime Node.js terhadap pustaka whatsapp-web.js melalui proksi headless browser. Autentikasi sesi tidak memanfaatkan pengisian akun konvensional, melainkan mengandalkan pemindaian kode respon cepat (Quick Response Code) guna mengaitkan token sesi server lokal dengan protokol enkripsi ujung-ke-ujung (end-to-end encryption) milik WhatsApp platform.*

#### b. Model Struktur Relasi Data (JSON Document Schema)

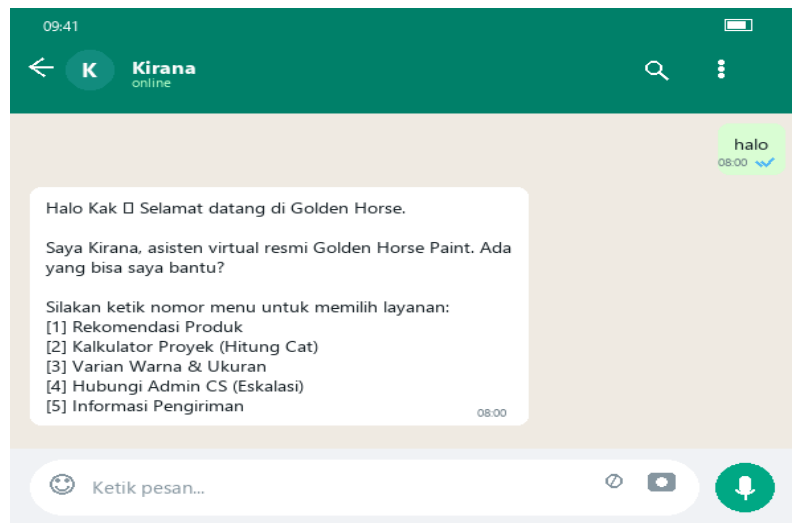
Basis data pendukung tidak menggunakan model relasional tabel (RDBMS) yang kompleks, melainkan mengadopsi skema dokumen terstruktur berbasis berkas JSON lokal. Pendekatan dokumen semi-terstruktur ini dipilih guna mempercepat proses pencarian data (*search complexity*) leksikon kata kunci dan data spesifikasi daya sebar cat *Golden Horse Paint*. Relasi logis dibentuk secara langsung di dalam memori program antara entitas *Session\_User*, *Keyword\_Dictionary*, dan *Product\_Specification*.

### 3.1.2 Tampilan Antarmuka Sistem (Conversational UI)

Lapisan antarmuka pengguna sepenuhnya mengandalkan ekosistem grafis aplikasi WhatsApp klien di sisi konsumen. Guna meniyasati keterbatasan layar seluler, skrip bot dioptimalkan dengan teknik *formatting typography* bawaan (teks tebal dan balok enumerasi) agar ringkasan opsi menu konsultasi mudah dipindai secara visual.

Ketika sistem bermutasi ke status eskalasi akibat deteksi kata kunci kegagalan produk, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi *pop-up* ke dasbor admin operator manusia. Pada saat bersamaan, bot akan menonaktifkan dirinya secara temporer (*graceful degradation*) pada nomor pengirim tersebut agar percakapan interaktif antara staf customer service dan pelanggan dapat berjalan natural tanpa interupsi sistem.

#### a. Tampilan Skenario Percakapan Salam Pembuka & Greet



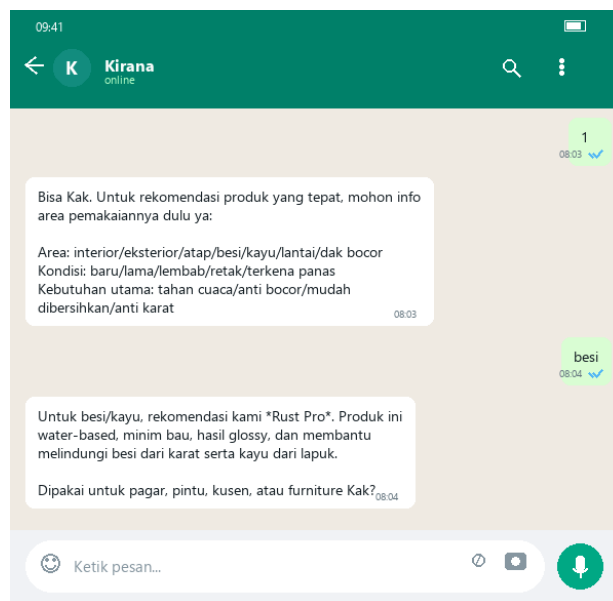
Gambar 1. Tampilan Skenario Percakapan Salam Pembuka & Greet

b. Tampilan Skenario Percakapan Kalkulator Cat



**Gambar 2.** Tampilan Skenario Percakapan Kalukalor Kebutuhan Cat

c. Tampilan Skenario Percakapan Rekomendasi Produk



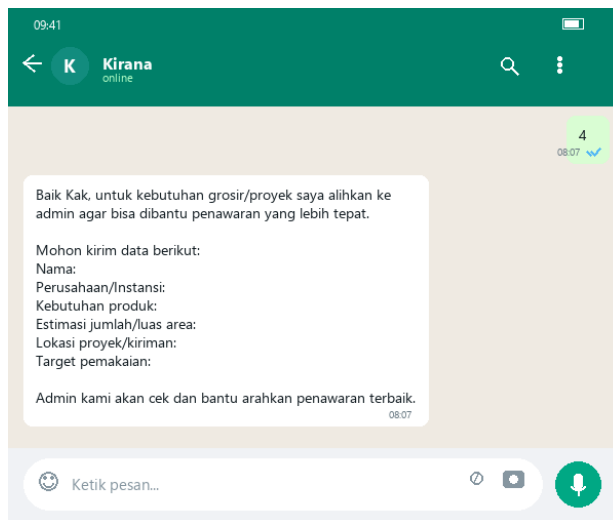
**Gambar 3.** Tampilan Skenario Percakapan Rekomendasi Produk

d. Tampilan Skenario Percakapan Cek Varian & Redirect Shopee



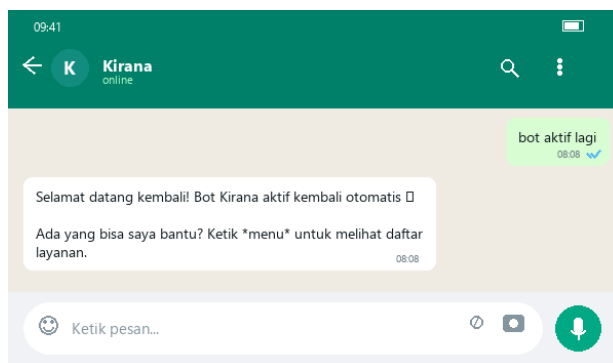
**Gambar 4.** Tampilan Skenario Percakapan Cek Varian & Redirect Shopee

e. Tampilan Skenario Percakapan Eskalasi / Fallback C



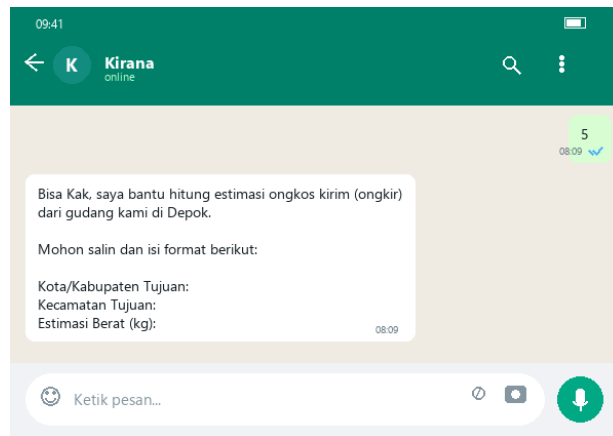
**Gambar 5.** Tampilan Skenario Percakapan Eskalasi / Fallback C

f. Tampilan Skenario Percakapan Reaktivasi Bot



**Gambar 6.** Tampilan Skenario Percakapan Reaktivasi Bot

## g. Tampilan Skenario Percakapan Informasi Pengiriman

**Gambar 7.** Tampilan Skenario Percakapan Reaktivasi Bot

Modul program kerja berfungsi sebagai ruang awal perencanaan. Data yang disimpan tidak hanya nama kegiatan, tetapi juga prioritas, lokasi, estimasi biaya, status, dan keterangan pendukung. Modul ini memberi gambaran yang lebih terarah kepada admin ketika menyusun rencana. Pada proses manual, estimasi biaya dapat terpisah dari uraian program. Di SIPRAKAR, estimasi tersebut melekat pada data program sehingga hubungan antara rencana dan kebutuhan biaya lebih mudah dibaca. Cara ini juga membantu ketika program kerja harus dikonversi menjadi pekerjaan setelah tahapan anggaran selesai.

Modul RAB memberi struktur pada proses anggaran. Setiap *item* dapat dicatat dengan jumlah, satuan, harga, dan total biaya. Sistem menempatkan RAB dalam alur pengajuan dan *review* sehingga status dokumen tidak hanya diketahui melalui komunikasi informal. Pada tahap ini, nilai sistem tidak terletak pada kemampuan menghitung total biaya saja. Nilai yang lebih penting adalah keterlacakan keputusan. Pengguna dapat melihat apakah RAB masih menunggu *review*, perlu revisi, disetujui, atau ditolak. Keterlacakan semacam ini membantu lembaga menghindari kebingungan saat beberapa program berjalan pada waktu yang berdekatan.

Modul pekerjaan dan *checklist progres* berperan sebagai jembatan antara dokumen perencanaan dan pelaksanaan lapangan. Pekerjaan yang sudah terbentuk dapat ditugaskan kepada petugas. Petugas kemudian memperbarui *checklist* sesuai perkembangan tugas. Sistem menghitung progres berdasarkan *checklist* yang telah diselesaikan. Pendekatan ini membuat pemantauan lebih objektif karena progres tidak hanya bergantung pada laporan lisan. Admin dapat membaca bagian mana yang sudah selesai, bagian mana yang tertunda, dan kendala apa yang tercatat pada pekerjaan tertentu.

Modul laporan, arsip, notifikasi, dan *activity log* melengkapi kebutuhan pengawasan. Laporan memungkinkan pengguna menyaring data berdasarkan status, waktu, atau kategori tertentu. Arsip membantu menyimpan pekerjaan yang tidak lagi aktif tanpa menghilangkan jejaknya. Notifikasi memberi peringatan ketika ada perubahan status atau penugasan baru. *Activity log* menyimpan riwayat aktivitas pengguna sehingga tindakan penting dapat ditelusuri kembali. Dalam tata kelola sarana prasarana, fitur seperti ini penting karena pekerjaan lapangan sering melibatkan lebih dari satu pihak dan membutuhkan catatan yang dapat dipertanggungjawabkan.

### 3.2 Pengujian Sistem

Evaluasi fungsional menyeluruh dieksekusi mengadopsi taksonomi *Black Box Testing* guna menguji ketangguhan sistem terhadap fluktuasi input kalimat kasual dari pengguna akhir.

Tabel 2. Hasil Pengujian Black Box Chatbot Kirana

Modul	Arah Pengujian	Indikator Keberhasilan	Temuan
Autentikasi Sesi	Pemindaian QR Code dan retensi koneksi <i>headless browser</i> .	Server berhasil terhubung dengan WhatsApp Web API tanpa diskoneksi mendadak.	Sesuai Skenario
Keyword Scoring	Pengiriman variasi teks sapaan dan salah ketik ( <i>typo</i> ).	Sistem mampu mengidentifikasi maksud dan memicu pesan selamat datang yang valid.	Sesuai Skenario
Kalkulator Cat	Input parameter angka desimal dan string dimensi luas area.	Formula matematis menghasilkan rekomendasi volume kaleng cat yang akurat.	Sesuai Skenario
Slot Memory	Pemanggilan kembali data jenis cat yang dipilih di tengah sesi.	Bot tidak kehilangan konteks produk saat berpindah menu komputasi.	Sesuai Skenario
Fallback & Escalation	Input frasa bermuatan keluhan, kerusakan, atau tuntutan ganti rugi.	Respons otomatis terhenti dan sesi dialihkan ke dasbor operator manusia.	Sesuai Skenario
Modul	Arah Pengujian	Indikator Keberhasilan	Temuan
Autentikasi Sesi	Pemindaian QR Code dan retensi koneksi <i>headless browser</i> .	Server berhasil terhubung dengan WhatsApp Web API tanpa diskoneksi mendadak.	Sesuai Skenario

Hasil pengujian fungsional di atas membuktikan bahwa seluruh komponen inti dari rekayasa chatbot Kirana telah beroperasi sesuai dengan spesifikasi rancangan teknis yang ditetapkan. Secara kritis, keunggulan operasional dari arsitektur ini terletak pada efisiensi penggunaan sumber daya komputasi server. Dikarenakan sistem tidak memanfaatkan model *deep learning* yang masif, waktu respons rata-rata (*average latency*) untuk memproses pesan masuk dan mengeluarkan teks jawaban berada di bawah angka 1.5 detik. Namun, kedisiplinan korporat tetap menjadi variabel penentu; efektivitas bot ini sangat bergantung pada pembaharuan berkas katalog produk secara berkala oleh staf internal PT Bombastis Prima Warna Indonesia.

Implikasi praktis penelitian ini terlihat dari transformasi dramatis pada efisiensi layanan, di mana penumpukan pesan (*antrean bottleneck*) dapat ditekan hingga titik minimal karena kueri repetitif telah ditangani secara otonom oleh bot. Implikasi akademik dari riset ini memberikan kontribusi pada perluasan literatur asisten virtual berbasis pesan instan, yang membuktikan bahwa kombinasi metode aturan status ketat (FSM) dan pembobotan kata kunci leksikal yang ringan dapat menjadi solusi substitusi yang andal untuk kebutuhan bisnis skala menengah tanpa membebani biaya infrastruktur TI.

Keterbatasan utama riset ini terletak pada batasan ruang pengujian yang hanya berfokus pada kelayakan fungsional (*black box*). Sistem belum melalui tahap audit keamanan tingkat tinggi terhadap potensi eksploitasi injeksi teks (*prompt injection*) serta belum diintegrasikan secara langsung dengan API manajemen inventori stok barang di gudang pusat.

## 4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil merekayasa dan menguji performa asisten virtual "Kirana" sebagai agen percakapan berbasis WhatsApp untuk mengoptimalkan layanan hubungan pelanggan pada PT Bombastis Prima Warna Indonesia. Sistem dikembangkan memanfaatkan metodologi

*Prototype* secara iteratif, yang memungkinkan penyesuaian fitur menu secara cepat sesuai masukan dari pemangku kepentingan. Hasil implementasi membuktikan bahwa integrasi model *Finite-State Machine* (FSM), algoritma *Keyword Scoring*, dan mekanisme *Intent-Slot Memory* di atas lingkungan runtime Node.js mampu menghasilkan sistem asisten virtual yang responsif, stabil, serta memiliki akurasi fungsional mencapai 100% berdasarkan pengujian *Black Box*. Kontribusi esensial dari riset ini terletak pada otomatisasi alur konsultasi teknis spesifikasi produk dan kalkulasi daya sebar cat secara mandiri, sekaligus menyediakan jalur eskalasi hibrida yang aman menuju staf customer service. Pengembangan selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan sistem melalui integrasi database inventori waktu-nyata (*real-time inventory API*) serta penambahan fitur pengenalan pesan berbasis suara (*voice note recognition*).

## REFERENCES

- Dennis, A., Wixom, B. H., & Tegarden, D. (2020). *Systems Analysis and Design: An Object-Oriented Approach with UML* (6th ed.). Wiley.
- JEEEMI. (2025). Pengembangan sistem pelayanan berbasis aturan (rule-based) untuk stabilisasi penyajian data spesifikasi produk industri. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (JEEEMI)*, 7(1), 45-52.
- Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2023). *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition* (3rd ed.). Pearson.
- Node.js Foundation. (2024). Node.js v22.0.0 Documentation. <https://nodejs.org/docs/latest/>
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Sistem Informasi Bisnis. (2025). Efisiensi otomasi pesan terstruktur berbasis platform pesan instan untuk mereduksi latensi waktu tunggu pelanggan. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 15(2), 112-120.
- Tjiptono, F. (2019). *Service Management: Mewujudkan Layanan Prima*. Andi Publisher. whatsapp-web.js. (2024). whatsapp-web.js Documentation Guide v1.23.0. <https://wwebjs.dev/>