

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem konsultasi berbasis web dengan *chatbot* AI berbasis RAG menggunakan LangGraph pada layanan Ombudsman RI untuk meningkatkan efisiensi layanan publik. Berdasarkan hasil pengembangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terkait proses pengembangan sistem konsultasi berbasis web, sistem *chatbot* AI berbasis *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) menggunakan LangGraph telah berhasil dirancang dan dikembangkan untuk layanan Ombudsman RI. Fitur-fitur yang disediakan meliputi *chatbot* AI yang didukung oleh *knowledge base* 12 dokumen *seed* terkait Ombudsman RI, fitur eskalasi konsultasi Zoom dengan form *multi-step* 9 langkah, Survei Kepuasan Masyarakat (SKM) berdasarkan 12 indikator Permenpan RB No. 14 Tahun 2017, serta *dashboard* admin untuk pengelolaan sistem. Seluruh fitur tersebut dirancang berdasarkan hasil wawancara dengan staf Ombudsman RI serta analisis data FAQ dan dokumentasi resmi lembaga. *RAG pipeline* dibangun menggunakan Groq Llama 3.3 70B sebagai LLM utama, ChromaDB sebagai *vector database* dengan 12 *seed documents*, dan DuckDuckGo sebagai *web search*, yang diorkestrasi melalui LangGraph StateGraph dengan lima *node* utama. LangGraph berperan sebagai orkestrator utama yang mengelola seluruh alur pemrosesan melalui arsitektur graf berarah dengan lima *node* (*entry_router_node*, *parallel_search_node*, *generate_node*, *save_to_kb_node*, dan *consultation_node*), memungkinkan eksekusi konkuren, manajemen *state* percakapan, serta *routing* dinamis berdasarkan klasifikasi *intent* yang merupakan suatu keunggulan yang tidak dapat dicapai dengan *pipeline* linier sederhana. Sistem juga dilengkapi mekanisme *self-learning* yang memungkinkan *knowledge base* berkembang secara otomatis dari hasil *web search*. Seluruh konfigurasi diproses di sisi *backend* yang di-*deploy* menggunakan Docker di HuggingFace Spaces, serta diintegrasikan dengan portal web berbasis React 19 yang di-*deploy* di Vercel.
2. Berkaitan dengan komparasi performa model *chatbot*, hasil pengujian terhadap 15 *test case* dari 11 kategori menunjukkan bahwa model *chatbot* berbasis *RAG pipeline* (Groq + RAG) secara signifikan lebih unggul dibandingkan model tanpa RAG (Gemini) dalam menjawab pertanyaan *domain-specific* seputar Ombudsman RI. Groq + RAG

mencapai *pass rate* 80% dan *in-context accuracy* 82%, sedangkan Gemini hanya mencapai 60% dan 45% secara berturut-turut. Keunggulan RAG paling terlihat pada kategori Kepemimpinan, Dasar Hukum, Alamat, dan Kompleks, di mana keberadaan *knowledge base* memberikan keuntungan yang signifikan. Namun, Gemini unggul dalam kecepatan respons (2,22 detik vs 7,68 detik) dan konsistensi penanganan pertanyaan di luar konteks (*OOO redirect rate* 100% vs 75%). Ditemukan pula fenomena *retrieval hallucination* pada Groq + RAG yang menjadi catatan penting untuk pengembangan selanjutnya. Secara keseluruhan, pendekatan RAG merupakan pilihan yang lebih tepat untuk *chatbot* Ombudsman RI karena kebutuhan akan akurasi informasi hukum dan kelembagaan yang tinggi.

- 3 Pengujian fungsionalitas sistem dilakukan melalui *Black Box Testing*, *User Acceptance Testing* (UAT), dan Komparasi Model *Chatbot*. *Black Box Testing* terhadap 7 modul pengujian menunjukkan bahwa seluruh skenario pengujian berhasil dijalankan dengan tingkat keberhasilan 100%, yang mengonfirmasi bahwa fitur-fitur sistem telah berfungsi sesuai spesifikasi. *User Acceptance Testing* yang melibatkan 41 responden (32 masyarakat dan 9 staf Ombudsman RI) menunjukkan rata-rata gabungan tertimbang sebesar 4,558 dari 5,00 yang dikategorikan Sangat Baik, setara dengan persentase kepuasan 91,16% yang termasuk dalam kategori "Sangat Baik" pada skala interpretasi Likert. Kuesioner Masyarakat memperoleh rata-rata 4,659 (Sangat Baik) dengan aspek tertinggi pada Kepuasan Keseluruhan (4,789), sedangkan Kuesioner Admin memperoleh rata-rata 4,20 (Baik) dengan aspek tertinggi pada *Dashboard* Admin (4,277). Hasil pengujian ini mengindikasikan bahwa sistem telah memenuhi ekspektasi pengguna dari segi kegunaan, kualitas respons, dan kepuasan pengalaman, sehingga dinilai efektif dalam memberikan layanan informasi dan konsultasi yang efisien serta meningkatkan kualitas interaksi antara Ombudsman RI dan masyarakat.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan selanjutnya:

- 1 Peningkatan kualitas *retrieval* pada *RAG pipeline* perlu dilakukan untuk mengurangi fenomena *retrieval hallucination*, misalnya dengan menerapkan mekanisme *re-ranking* atau *filtering* berbasis relevansi

yang lebih ketat sebelum dokumen digunakan sebagai konteks oleh LLM.

- 2 Penambahan *persistent storage* untuk ChromaDB agar data *self-learning* tidak hilang setiap kali *server restart*, sehingga *knowledge base* dapat terus berkembang secara kumulatif tanpa perlu *seed* ulang.
- 3 Optimasi *response time* pada *RAG pipeline* melalui implementasi *caching*, *pre-computation embedding* untuk pertanyaan yang sering diajukan, atau penggunaan model LLM yang lebih ringan untuk pertanyaan sederhana guna mengurangi latensi tanpa mengorbankan akurasi.
- 4 Pengembangan fitur *multilingual* atau dukungan bahasa daerah pada *chatbot* untuk meningkatkan aksesibilitas bagi masyarakat di berbagai wilayah Indonesia yang memiliki variasi bahasa.
- 5 Pelaksanaan pengujian dengan skala yang lebih luas dan lebih beragam secara demografis, melibatkan jumlah responden masyarakat yang lebih besar dari berbagai wilayah dan latar belakang usia serta literasi digital, untuk mendapatkan evaluasi yang lebih representatif mengenai efektivitas sistem dalam konteks penggunaan nyata di seluruh Indonesia.
- 6 Penerapan mekanisme keamanan data yang lebih komprehensif, termasuk enkripsi data sensitif pengaduan dan kepatuhan terhadap Undang-Undang Perlindungan Data Pribadi (UU PDP), untuk memastikan privasi dan keamanan data masyarakat yang menggunakan sistem.
- 7 Eksplorasi penggunaan model LLM lokal atau *on-premise* untuk mengurangi ketergantungan pada API eksternal (Groq *free tier* dengan batas 100K *tokens* per hari) dan meningkatkan ketersediaan layanan *chatbot* secara berkelanjutan.
- 8 Penambahan fitur penandaan konsultasi selesai (*mark as done*) pada konsultasi daring yang telah disetujui, beserta kemampuan *upload* evidensi berupa *screenshot* atau rekaman Zoom dan ringkasan hasil konsultasi, untuk meningkatkan *traceability* dan akuntabilitas proses konsultasi.
- 9 Pengembangan fitur penjadwalan ulang (*rescheduling*) konsultasi daring untuk mengakomodasi perubahan jadwal yang mungkin terjadi, serta penambahan jalur alternatif pendaftaran konsultasi daring melalui menu terpisah agar tidak bergantung sepenuhnya pada alur *chatbot*.
- 10 Penyempurnaan mekanisme autentikasi dengan menambahkan fitur lupa *username* dan *password* serta fitur *show/hide password* pada halaman *login*, baik untuk akun admin maupun pengguna layanan, guna

meningkatkan kemudahan akses terutama bagi pengguna yang tidak menggunakan sistem secara rutin.

- 11 Penyesuaian konten *chatbot* agar lebih kontekstual dengan kebutuhan masyarakat, seperti mengganti pertanyaan tentang definisi maladministrasi dengan informasi mengenai jenis-jenis permasalahan yang dapat dilaporkan ke Ombudsman, serta menambahkan pertanyaan yang sering diajukan seperti prosedur jika belum ada balasan atas permohonan konsultasi daring.
- 12 Penerapan kewajiban pengisian Survei Kepuasan Masyarakat (SKM) setelah proses konsultasi selesai untuk memastikan tersedianya data evaluasi pelayanan secara berkelanjutan, sebagaimana disarankan oleh staf Ombudsman RI dalam UAT.