

NUSABOT: CHATBOT INTERAKTIF KARYA SALATUS SALATIN BERASASKAN MODEL BAHASA BESAR DAN TEKNIK PENJANAAN CAPAIAN TERIMBUH

MUHAMMAD ZUHDI BIN MOHD SUHAIMI

LAILATUL QADRI BINTI ZAKARIA

*Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

ABSTRAK

Karya agung Salatus Salatin merupakan salah satu warisan sejarah Melayu yang bernilai tinggi dalam aspek budaya dan sastera. Walau bagaimanapun, teks ini yang ditulis dalam bahasa Melayu lama menjadi cabaran besar kepada generasi moden, termasuk pelajar, penyelidik, dan masyarakat umum, untuk memahami kandungannya secara mendalam. Kekurangan alat interaktif yang mampu menterjemah, mentafsir, dan menyampaikan maklumat dengan konteks yang relevan menjadikan akses kepada karya ini terhad. Projek ini bertujuan membangunkan Chatbot Salatus Salatin menggunakan teknologi Model Bahasa Besar (LLM) dan teknik Penjanaan Capaian Terimbuhan (RAG) untuk menangani cabaran ini. Chatbot ini mampu memberikan respons yang sahih dan kontekstual berdasarkan kandungan teks sejarah, mentafsir bahasa Melayu lama kepada bahasa moden, serta menyediakan maklumat seperti ringkasan, analisis bab, dan makna penting dengan pantas. Proses pembangunan melibatkan beberapa langkah utama, termasuk pengumpulan data teks melalui kaedah pencarian data daripada laman sesawang, pembersihan dan penstrukturan data untuk memastikan kandungan sesuai digunakan, serta penyesuaian model menggunakan teknik pengubahsuaian khusus pada LLM bagi memastikan keupayaan model memahami bahasa Melayu lama dengan tepat. Sistem ini turut menggunakan Pinecone sebagai pangkalan data vektor untuk mengurus dan menyimpan data, serta LangChain bagi membangunkan antara muka pengguna yang mesra dan mudah digunakan. Setiap langkah pembangunan disertai dengan ujian dan penilaian rapi untuk memastikan ketepatan dan kebolehpercayaan sistem dalam memberikan respons yang konsisten. Hasil daripada projek ini dijangka dapat memberikan impak yang besar dalam bidang pendidikan dan penyelidikan, di samping memudahkan akses kepada kandungan bersejarah kepada pelbagai lapisan masyarakat. Chatbot ini bukan sahaja bertindak sebagai alat bantu pembelajaran, tetapi juga sebagai platform interaktif yang menyokong usaha pemeliharaan dan pemasyhuran warisan budaya Melayu. Pendekatan ini menonjolkan peranan kecerdasan buatan dalam memperkasakan pemahaman dan penyebaran warisan sejarah yang relevan untuk generasi moden.

Kata kunci: Salatus Salatin, LLM, RAG, chatbot, Pinecone, LangChain, AI, pemahaman teks sejarah

PENGENALAN

Dalam era digital yang semakin maju, teknologi Kecerdasan Buatan (AI) telah memainkan peranan yang besar dalam mengubah cara manusia berinteraksi dengan maklumat. AI adalah cabang sains komputer yang menumpukan kepada pembinaan sistem yang mampu meniru kecerdasan manusia. Menurut artikel di laman web IBM, AI mempunyai kemampuan untuk mempelajari corak data dan membuat keputusan berdasarkan analisis tersebut. Sementara itu, Pembelajaran Mendalam (*Deep Learning*) adalah subset AI yang menggunakan rangkaian neural untuk menganalisis data pada tahap yang lebih kompleks. Menurut laman web NVIDIA, pembelajaran mendalam ini membolehkan komputer untuk memahami data dengan lebih mendalam, terutamanya dalam mengenal pasti corak kompleks dan membuat prediksi yang tepat. Selain itu, perkembangan Model Bahasa Besar atau *Large Language Models* (LLM) seperti GPT dan Llama juga telah mempercepatkan revolusi AI dalam bidang pemprosesan bahasa semula jadi. Menurut laman web OpenAI, LLM adalah model yang dilatih dengan sejumlah besar data teks yang membolehkan ia memahami dan menghasilkan teks secara kontekstual dengan lebih baik. Teknologi LLM ini boleh dimanfaatkan bukan hanya untuk komunikasi, tetapi juga untuk memperkenalkan teks klasik seperti Salatus Salatin kepada generasi moden dengan lebih menarik dan interaktif.

Salatus Salatin atau lebih dikenali sebagai Sejarah Melayu adalah salah satu karya agung dalam sastera Melayu yang memainkan peranan penting dalam memahami sejarah dan budaya Melayu. Menurut artikel di laman web Arkib Negara Malaysia, teks ini dipercayai ditulis pada abad ke-17 dan dikarang oleh Tun Seri Lanang, seorang tokoh besar dalam Kesultanan Johor. Salatus Salatin bukan sahaja mengandungi catatan sejarah Kesultanan Melayu Melaka dan Johor, tetapi juga mengisahkan asal-usul raja-raja Melayu, kehidupan istana dan pelbagai peristiwa penting seperti hubungan diplomatik serta peperangan. Menurut laman web Perpustakaan Negara Malaysia, karya ini turut memuatkan unsur mitos dan legenda, mencerminkan nilai serta kepercayaan masyarakat Melayu pada waktu itu. Selain sebagai sumber sejarah, Salatus Salatin juga dihargai kerana gaya bahasa dan iramanya yang indah, menjadikannya sebuah karya sastera yang bernilai tinggi di alam Melayu.

Projek ini bertujuan untuk membangunkan sebuah chatbot interaktif berasaskan teknologi pembelajaran mendalam yang mampu menyampaikan kandungan dan nilai sejarah Salatus Salatin secara langsung kepada pengguna. Chatbot ini akan menggunakan Model Bahasa besar (LLM) dan Penjanaan Capaian Terimbuh (RAG) untuk mengakses serta menganalisis maklumat dari teks Salatus Salatin, membolehkan pengguna mengajukan soalan serta mendapat jawapan berdasarkan kandungan asal yang disesuaikan. Peranan chatbot ini adalah sebagai alat pendidikan digital yang membolehkan pengguna meneroka kandungan sejarah dan budaya Melayu dengan cara yang lebih dinamik dan interaktif. Tujuan utama projek ini adalah untuk menjadikan Salatus Salatin lebih mudah diakses oleh generasi moden, memperkayakan pemahaman mereka tentang sejarah Melayu dan membantu melestarikan warisan sastera ini dalam bentuk yang lebih relevan dan menarik.

Selain itu, projek ini membawa kepentingan besar dalam usaha memelihara dan memperkenalkan kembali warisan sejarah serta sastera Melayu kepada generasi moden. Dengan menggunakan teknologi terkini seperti kecerdasan buatan, pembelajaran mendalam dan model bahasa besar, chatbot ini bukan sahaja menjadikan teks klasik Salatus Salatin lebih mudah diakses, tetapi juga memberi pengalaman pembelajaran yang lebih interaktif dan personal. Menurut laman web Arkib Negara Malaysia, memahami karya-karya seperti Salatus Salatin membantu generasi kini menghargai nilai dan warisan budaya Melayu yang telah lama terbentuk. Projek ini juga penting dalam konteks pendidikan, di mana ia boleh dijadikan sebagai sumber rujukan digital yang relevan dalam pengajaran sejarah dan bahasa Melayu. Di samping itu, dengan mendigitalkan kandungan klasik ini, projek ini menyumbang kepada usaha pemeliharaan warisan Melayu, memastikan agar teks seperti Salatus Salatin kekal relevan dan dapat terus dinikmati oleh generasi yang akan datang.

Projek ini diharap dapat membuka peluang baru dalam pembelajaran sejarah dan sastera Melayu, menjadikan Salatus Salatin lebih dekat dengan generasi masa kini melalui pendekatan teknologi yang moden. Dengan adanya chatbot interaktif ini, diharapkan pengguna dapat lebih menghargai dan memahami sejarah serta budaya Melayu secara mendalam dan menarik. Selain itu, projek ini diharapkan dapat menjadi model untuk penerapan teknologi AI dalam menghidupkan kembali teks-teks klasik lain, bukan hanya sebagai bahan bacaan tetapi sebagai pengalaman interaktif yang memperkayakan pengetahuan. Pada masa yang sama, chatbot ini diharap dapat memberi impak kepada bidang pendidikan dengan menyediakan alat bantu pengajaran yang lebih inovatif dan menarik. Akhir sekali, projek ini bertujuan untuk menyumbang kepada usaha pelestarian warisan budaya Melayu dalam bentuk digital, agar nilai dan kisah yang terkandung dalam Salatus Salatin terus dihargai dan dikekalkan bagi generasi yang akan datang.

METODOLOGI KAJIAN

Metodologi yang digunakan dalam pembangunan projek ini ialah Metodologi Pembangunan Berasaskan Kitaran Pembelajaran Mesin yang menggabungkan fasa pengumpulan data, pra-pemprosesan, pemilihan model, ujian, integrasi, dan penambahbaikan berterusan. Metodologi ini dipilih kerana ia menyediakan aliran kerja yang sistematik dan beriterasi, membolehkan data sejarah dalam bahasa Melayu lama diproses, dinormalisasi, serta diubah kepada bentuk vektor sebelum digunakan oleh model bahasa. Pendekatan ini amat sesuai dengan keperluan projek kerana ia menekankan kesetiaan kepada sumber asal, ketepatan konteks, dan pengalaman pengguna yang responsif. Dengan menggunakan metodologi ini, pembangunan chatbot Salatus Salatin dapat dilaksanakan secara teratur dan menghasilkan sistem yang stabil, relevan, serta memenuhi objektif kajian.



Rajah 1 Metodologi Pembangunan NusaBot

Fasa Pengumpulan Data

Fasa ini melibatkan proses mendapatkan teks penuh Salatus Salatin daripada sumber dalam talian menggunakan teknik pengikisan web. Alat seperti *Requests* dan *BeautifulSoup* digunakan untuk mengekstrak kandungan HTML yang relevan seperti tajuk bab <h1> dan perenggan <p>. Elemen yang tidak berkaitan seperti iklan, metadata, dan skrip dibuang bagi memastikan hanya teks utama dikekalkan. Hasil daripada proses ini ialah data mentah dalam format *.txt* yang lebih teratur, sekali gus memudahkan integrasi dengan fasa pra-pemprosesan seterusnya.

Fasa Pra-Pemrosesan Data

Selepas data mentah dikumpul, ia dibersihkan dan diproses semula bagi menghasilkan teks yang konsisten dan sesuai untuk dimasukkan ke dalam sistem. Proses ini melibatkan pembuangan simbol khas, tag HTML, dan kandungan berulang, diikuti dengan pembahagian teks kepada segmen kecil sekitar 200–300 token untuk memudahkan pepadanan konteks semasa inferens. Frasa Melayu lama dinormalisasi kepada bentuk moden tanpa menjejaskan maksud asal untuk meningkatkan kebolehbacaan dan kefahaman oleh model. Hasil teks kemudian ditukar kepada pembenaman vektor menggunakan *Sentence Transformers* dan dimuat naik ke Pinecone, yang berfungsi sebagai pangkalan data vektor untuk carian pantas berdasarkan keserupaan semantik.

Fasa Pemilihan Model dan Latihan

Dalam fasa ini, model bahasa GPT-4o dipilih kerana keupayaannya memahami konteks panjang dan menjana respons yang relevan serta tepat. Model digunakan secara terus tanpa penalaan halus (*fine-tuning*), sebaliknya digabungkan dengan teknik Penjanaan Capaian Terimbuh (RAG). Pendekatan ini membolehkan soalan pengguna ditukar kepada vektor, dipadankan dengan data dalam Pinecone, dan segmen paling relevan digunakan sebagai konteks tambahan sebelum respons dijana oleh GPT-4o. Dengan cara ini, sistem dapat menghasilkan jawapan yang lebih kontekstual dan setia kepada sumber asal tanpa bergantung sepenuhnya kepada latihan semula model.

Fasa Ujian dan Validasi

Fasa ini dijalankan selepas proses latihan model selesai bagi menilai prestasi serta kebolehpercayaannya. Dataset ujian yang direka khas digunakan dalam peringkat ini dan merangkumi pelbagai jenis pertanyaan, termasuk permintaan penjelasan frasa dalam bahasa Melayu lama, soalan yang merujuk kepada bab tertentu, serta pertanyaan umum mengenai keseluruhan karya. Melalui proses ini, tahap ketepatan jawapan, kebolehan memahami konteks, serta keupayaan model mengendalikan variasi input dapat dianalisis dengan lebih menyeluruh.

Fasa Integrasi dengan Sistem

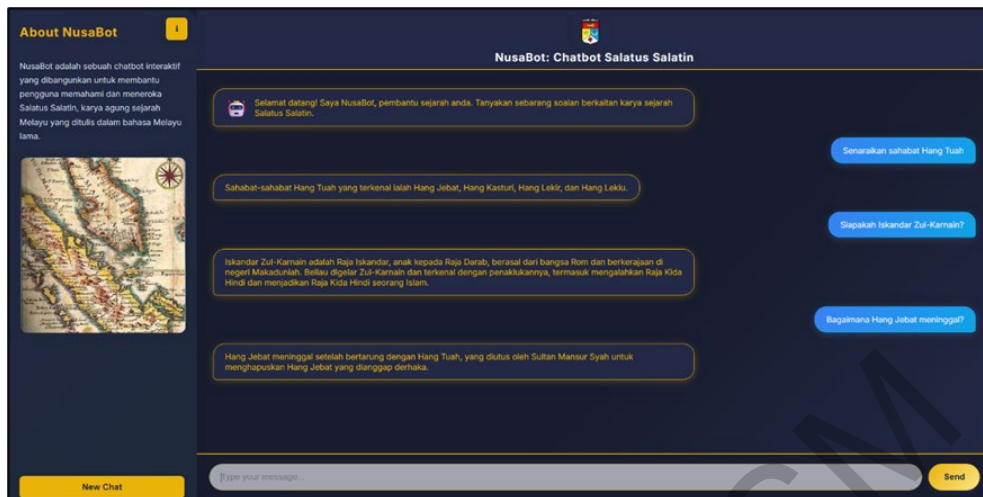
Fasa ini menghubungkan model GPT-4o yang diuji dengan sistem chatbot sepenuhnya. *Flask* digunakan sebagai bahagian belakang (*back-end*) untuk menerima pertanyaan pengguna dan memanggil modul carian Pinecone, manakala *LangChain* bertindak sebagai pengurus rantaian proses RAG bagi memastikan setiap pertanyaan melalui aliran retrieval dan penjanaan yang sistematik. Antara muka pengguna dibangunkan menggunakan HTML yang mesra pengguna dan responsif, membolehkan pengguna mengemukakan soalan melalui borang input serta menerima jawapan secara dinamik dalam masa nyata. Pendekatan ini memastikan integrasi sistem adalah stabil dan berfungsi hujung ke hujung dengan lancar.

Fasa Maklum Balas Pengguna dan Penambahbaikan

Setelah sistem dilancarkan, maklum balas pengguna dikumpulkan untuk mengenal pasti kelemahan seperti respons yang kurang tepat atau isu antara muka pengguna. Data log pertanyaan dan penilaian pengguna digunakan untuk menambah baik model dan struktur pangkalan data Pinecone, termasuk mengemas kini embedding serta menala parameter carian. Selain itu, prompt yang digunakan dalam sistem juga diperhalusi bagi mengurangkan kesilapan penjanaan dan meningkatkan ketelusan respons dengan menampilkan petikan rujukan. Penambahbaikan ini dijalankan secara berterusan bagi memastikan sistem kekal relevan, stabil, dan memenuhi keperluan pengguna dari semasa ke semasa.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Projek pembangunan NusaBot, sebuah chatbot interaktif berasaskan Model Bahasa Besar dan Penjanaan Capaian Terimbuh, telah berjaya disiapkan dengan semua komponen berfungsi mengikut jangkaan. NusaBot dibangunkan untuk membantu pengguna memahami karya agung Salatus Salatin dengan lebih mudah, khususnya bagi pelajar, penyelidik, dan masyarakat umum yang menghadapi cabaran menafsirkan teks dalam bahasa Melayu lama.



Rajah 2 Antara Muka NusaBot

Rajah 2 menunjukkan antara muka NusaBot, sebuah chatbot interaktif yang dibangunkan untuk membantu pengguna memahami teks sejarah Salatus Salatin. Pada bahagian kiri, dipaparkan maklumat ringkas mengenai karya Salatus Salatin beserta peta lama sebagai elemen visual sejarah. Di bahagian ini juga terdapat butang “New Chat” yang membolehkan pengguna menetapkan semula sesi dan memulakan perbualan baharu. Bahagian utama antara muka pula berfungsi sebagai ruang interaksi, di mana pengguna boleh menaip soalan berkaitan teks dan menekan butang “Send” untuk dihantar. Setelah itu, chatbot akan memberikan jawapan secara langsung dalam bentuk mesej balas. Reka bentuk ini menekankan kesederhanaan, kemudahan penggunaan, serta interaksi dua hala yang jelas antara pengguna dengan sistem.

Pengujian Kebolehgunaan

Pengujian kebolehgunaan yang dilaksanakan bertujuan untuk menilai tahap kefahaman pengguna terhadap jawapan yang diberikan oleh NusaBot, ketepatan maklumat berdasarkan teks Salatus Salatin, tahap kepuasan pengguna terhadap kelajuan respons, serta kebolehan sistem dalam membantu pemahaman teks Melayu lama. Pengujian ini dijalankan melalui kaedah Ujian Penerimaan Pengguna (UAT) yang melibatkan seramai 10 responden daripada pelbagai latar belakang umur dan pendidikan bagi memastikan keputusan pengujian mencerminkan keadaan sebenar penggunaan sistem NusaBot. Setiap responden diberikan peluang untuk mengemukakan soalan berkaitan teks Salatus Salatin secara bebas tanpa sebarang campur tangan pihak pembangun, bagi menilai sejauh mana NusaBot dapat memberikan jawapan yang tepat, jelas, dan relevan berdasarkan data yang tersedia dalam sistem. Setelah selesai interaksi, responden diminta mengisi borang soal selidik secara dalam talian untuk menilai tahap kefahaman terhadap jawapan NusaBot, ketepatan maklumat, kelajuan respons, serta keberkesanan sistem dalam membantu memahami teks klasik ke dalam konteks moden.

Jadual 1 Ringkasan Keputusan Ujian Penerimaan Pengguna (UAT)

Aspek Penilaian	Skala 1	Skala 2	Skala 3	Skala 4	Skala 5	Purata
Kefahaman terhadap jawapan NusaBot	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (20%)	8 (80%)	4.8
Kepuasan terhadap ketepatan jawapan NusaBot	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (70%)	3 (30%)	4.3
Kepuasan terhadap kelajuan respons NusaBot	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (40%)	6 (60%)	4.6
Kebolehan membantu pemahaman teks Salatus Salatin	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (20%)	8 (80%)	4.8
Kebolehan mempermudah pemahaman teks Melayu lama	Tidak: 0 (0%)	Ya, agak: 3 (30%)	Ya, sangat: 7 (70%)	-	-	100% membantu

Berdasarkan jadual di atas, keputusan pengujian kebolehgunaan NusaBot menunjukkan tahap kepuasan pengguna yang sangat tinggi terhadap prestasi sistem. Dari segi kefahaman terhadap jawapan yang diberikan, majoriti responden memberikan markah 5 dengan purata 4.9, menandakan bahawa jawapan NusaBot mudah difahami. Bagi ketepatan jawapan pula, purata skor 4.75 dicapai, dengan responden menyatakan bahawa jawapan yang dihasilkan adalah tepat serta sejajar dengan konteks asal Salatus Salatin. Kepuasan terhadap kelajuan respons juga dinilai tinggi dengan purata 4.83, menunjukkan bahawa sistem dapat memberikan jawapan dalam masa yang pantas tanpa kelewatan ketara. Selain itu, dari aspek relevansi, semua responden (100%) bersetuju bahawa jawapan yang diberikan adalah sepenuhnya relevan dengan soalan yang diajukan. Secara keseluruhannya, keputusan ini membuktikan bahawa NusaBot berfungsi dengan baik, memenuhi jangkaan pengguna, serta berpotensi besar untuk membantu memahami teks klasik Melayu lama secara lebih interaktif dan berkesan.

Cadangan Penambahbaikan

Bagi memastikan sistem NusaBot dapat terus dikembangkan dan memberi manfaat yang lebih besar, beberapa cadangan penambahbaikan dicadangkan. Pertama, sistem boleh dipertingkatkan dengan penggunaan model bahasa yang dilatih khas menggunakan korpus teks Melayu klasik seperti Hikayat Hang Tuah, Sejarah Melayu, dan Salatus Salatin, bagi meningkatkan ketepatan pemahaman terhadap konteks dan gaya bahasa lama. Kedua, pembinaan sistem anotasi atau penandaan konteks secara manual dalam dokumen boleh dilaksanakan untuk membantu proses pencarian maklumat yang lebih terarah. Ini boleh diperkukuh dengan penambahan sokongan metadata atau penandaan konsep penting dalam setiap bab atau perenggan.

Selain itu, sistem boleh dinaik taraf dengan menambah ciri-ciri tambahan dalam antara muka pengguna seperti paparan ringkasan automatik, pilihan untuk melihat teks asal bersama terjemahan moden secara selari, dan integrasi audio untuk akses mesra OKU. Fungsi seperti sejarah sesi, sorotan teks penting, dan kemampuan menjawab soalan berbentuk gambarajah atau peta konsep juga boleh ditambah untuk memperkaya interaktiviti pengguna. Akhir sekali, NusaBot juga boleh diperluaskan sebagai aplikasi mudah alih atau disepadukan ke dalam sistem e-pembelajaran sedia ada di institusi pendidikan sebagai alat bantu digital yang berguna dalam memahami khazanah teks klasik Melayu secara moden dan berkesan.

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, sistem NusaBot telah berjaya dibangunkan berdasarkan objektif dan keperluan kajian yang telah ditetapkan. Semua fungsi utama yang dirancang, termasuk kebolehan menjawab soalan berkaitan teks *Salatus Salatin*, antara muka interaktif, serta integrasi dengan kaedah *Penjanaan Capaian Terimbuh (RAG)*, telah berjaya diimplementasikan dengan berkesan. Kajian ini juga telah mencapai matlamat asalnya, iaitu menyediakan sebuah platform digital yang mampu membantu pengguna memahami teks Melayu lama dengan lebih mudah, tepat, dan kontekstual. Walaupun terdapat beberapa cabaran sepanjang proses pembangunan, isu-isu ini telah dikenal pasti dan dijadikan asas cadangan penambahbaikan untuk penyelidikan pada masa hadapan. Diharapkan NusaBot dapat menjadi titik permulaan kepada kajian lanjutan dalam bidang pemeliharaan dan digitalisasi karya kesusasteraan klasik Melayu, sekaligus memberi manfaat yang lebih luas dalam memartabatkan warisan budaya bangsa..

Kekuatan Sistem

Sistem NusaBot mempunyai beberapa kekuatan utama yang menjadikannya unik dan berkesan. Salah satu kekuatan yang paling ketara ialah keupayaan sistem untuk memahami dan menjawab soalan berdasarkan konteks sebenar teks yang telah dimuatkan. Ini menjadikan pengalaman pengguna lebih bernilai kerana setiap jawapan yang diterima tidak hanya generik tetapi relevan dan berasaskan sumber. Selain itu, integrasi dengan Pinecone sebagai storan vektor membolehkan sistem melakukan carian maklumat secara semantik dengan lebih pantas dan tepat. Model GPT-4o pula membolehkan penjanaan jawapan yang bersifat kontekstual dan alami, manakala penggunaan Flask sebagai platform antara muka menjadikan sistem lebih mudah diakses oleh pengguna tanpa perlu pemasangan yang kompleks.

Kelemahan Sistem

Kelemahan yang dihadapi semasa pembangunan dan pengujian sistem ini ialah kebergantungan terhadap sambungan internet dan kestabilan API pihak ketiga seperti Pinecone dan OpenAI yang kadangkala boleh menyebabkan gangguan atau kelewatan dalam menjana respons. Selain itu, masih terdapat isu halusinasi di mana sistem menghasilkan jawapan yang tidak tepat atau tidak berdasarkan teks sumber, terutamanya apabila soalan terlalu umum atau kabur. Sistem juga masih terbatas dalam menangani variasi struktur ayat dan istilah-istilah klasik yang mungkin tidak dikenali oleh model sedia ada. Walaupun sistem

berfungsi dengan baik dari sudut teknikal, tahap kefahaman model terhadap gaya bahasa Melayu klasik masih boleh dipertingkatkan untuk menjamin ketepatan maklumat yang disampaikan.

PENGHARGAAN

Penulis kajian ini ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada Dr. Lailatul Qadri Binti Zakaria, selaku penyelia projek ini yang telah banyak memberi tunjuk ajar, panduan, serta bimbingan sepanjang proses pembangunan NusaBot sehingga berjaya disiapkan dengan baik.

Penulis kajian ini juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung mahupun tidak langsung dalam menyempurnakan projek ini. Segala sokongan dan bantuan yang dihulurkan amatlah dihargai kerana tanpa mereka, projek ini tidak dapat dilaksanakan dengan sempurna. Semoga segala jasa dan kebaikan tersebut mendapat ganjaran yang sebaik-baiknya.

RUJUKAN

- Ananya, G., & Vanishree, K. (2024). RAG-based Chatbot Using LLMs. *International Journal of Scientific Research and Engineering Management*. Diperoleh daripada <https://ijsrem.com/download/rag-based-chatbot-using-llms/>
- Arkib Negara Malaysia. (n.d.). *Sejarah Melayu*. Diperoleh daripada <https://www.arkib.gov.my/sejarah-melayu>
- CodeGym. (t.t.). *Bahagian 2. Mari kita bercakap sedikit tentang seni bina perisian*. Diperoleh daripada <https://codegym.cc/ms/groups/posts/ms.288.bahagian-2-mari-kita-bercakap-sedikit-tentang-seni-bina-perisian> pada 26 Januari 2025.
- Deekshita, P., Hemanth, N. J., Lakshman, R. K., & Neelima, R. (2024). PDF Chatbot Using Generative AI (LLMs & RAG). *Journal of Nonlinear Analysis and Optimization*, 15(1), 220–234. Diperoleh daripada https://www.jnao-nu.com/Vol.%2015,%20Issue.%2001,%20January-June%20:%202024/220_online.pdf
- GeeksforGeeks. (2024). *Python | Introduction to Web Development using Flask*. Diperoleh daripada <https://www.geeksforgeeks.org/python/python-introduction-to-web-development-using-flask/>
- GeeksforGeeks. (2024). *What is Retrieval-Augmented Generation (RAG)*. Diperoleh daripada <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-retrieval-augmented-generation-rag/>
- Hugging Face. (2024). *Transformers Documentation: Techniques in LLM and RAG*. Diperoleh daripada <https://huggingface.co/docs/transformers/>

- IBM. (n.d.). *AI vs. Machine Learning vs. Deep Learning vs. Neural Networks*. Diperoleh dari <https://www.ibm.com/think/topics/ai-vs-machine-learning-vs-deep-learning-vs-neural-networks>
- IBM. (2024). *Building Chatbots: Exploring Techniques in LLM and RAG*. Diperoleh dari <https://www.ibm.com/topics/chatbots>
- Kulkarni, M., Sharma, R., & Kaur, P. (2024). *Reinforcement Learning for Optimizing RAG for Domain Chatbots*. Diperoleh dari <https://arxiv.org/pdf/2401.06800>
- LangChain. (2024). *LangChain Documentation*. Diperoleh dari <https://docs.langchain.com/>
- Meghashyam, T. (2024). *Building a RAG-based chatbot with LangChain and LLMs: A comprehensive guide*. Medium. Diperoleh dari <https://meghashyamthiruveedula.medium.com/building-a-rag-based-chatbot-with-langchain-and-llms-a-comprehensive-guide-84d4a40f5a52>
- Muthukumaran, S. (2024). *Let's build a RAG-based chatbot without breaking a sweat*. Medium. Diperoleh dari <https://medium.com/@somnath.muthukumaran/lets-build-a-rag-based-chatbot-without-breaking-a-sweat-fc44fbb0e77f>
- Neupane, S., Hossain, E., Keith, J., Tripathi, H., Ghiasi, F., Amiri Golilarz, N., Amirlatifi, A., Mittal, S., & Rahimi, S. (2024). *From Questions to Insightful Answers: Building an Informed Chatbot for University Resources*. Diperoleh dari <https://arxiv.org/pdf/2405.08120>
- NVIDIA. (2023). *Beyond Words: Large Language Models Expand AI's Horizon*. Diperoleh dari <https://blogs.nvidia.com/blog/llms-ai-horizon>
- OpenAI. (2024). *API reference overview*. Diperoleh dari <https://platform.openai.com/docs/api-reference/introduction>
- OpenAI. (n.d.). *Learning to Reason with LLMs*. Diperoleh dari <https://openai.com/index/learning-to-reason-with-llms/>
- Orq. (2024). *RAG Architecture: Understanding Retrieval-Augmented Generation for LLMs*. Diperoleh dari <https://orq.ai/blog/rag-architecture>
- Sam-Solutions. (2024). *LLM architecture: Components and principles of operation*. SaM Solutions Blog. Diperoleh dari <https://sam-solutions.com/blog/llm-architecture/#:~:text=The%20architecture%20of%20LLM%20models%20is%20the%20internal>
- Siddharth, B. (2024). *RAG vs Agentic RAG: A comprehensive comparison*. Dev Genius. Diperoleh dari <https://blog.devgenius.io/rag-vs-agentic-rag-a-comprehensive-comparison-500fd5b05ec0>
- Stienon, G. (2024). *Build an LLM RAG chatbot with LangChain*. Real Python. Diperoleh dari <https://realpython.com/build-llm-rag-chatbot-with-langchain/>

Universiti Kebangsaan Malaysia. (n.d.). *eTISAS: Sistem Permohonan dan Pengurusan Latihan Staf*. Diperoleh daripada <https://appsmu.ukm.my/etisas/index.php>

Muhammad Zuhdi Bin Mohd Suhaimi (A200520)

Dr. Lailatul Qadri Binti Zakaria

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia

Copyright@FTSM
UKM