

SISTEM PERTANYAAN PDF PINTAR (CHAT WITH PDF)

¹Alif Hakimi Bin Azwan, ¹Wan Fariza Binti Paizi @ Fauzi

¹Faculty of Information Science & Technology
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 Bangi, Selangor

Abstrak

Seiring dengan kemajuan dunia digital, pelajar dan profesional sering berdepan cabaran dalam memahami dan mengekstrak maklumat daripada dokumen bersaiz besar seperti kertas penyelidikan, manual, dan kontrak. Chat with PDF merupakan sebuah aplikasi web interaktif yang dibangunkan khusus untuk membantu pelajar mengurangkan keluk pembelajaran dan meningkatkan pemahaman terhadap bahan pembelajaran. Aplikasi ini membolehkan pengguna memuat naik dokumen seperti nota kuliah atau buku rujukan, serta mengemukakan soalan secara terus melalui antara muka sembang berasaskan Model Bahasa Besar (LLM) dan menggunakan teknik *Retrieval Augmented Generation (RAG)*. Ini memudahkan pengguna mengekstrak maklumat penting dengan pantas tanpa perlu membaca keseluruhan dokumen secara manual. Selain itu, Chat with PDF turut menawarkan ciri tambahan seperti penjanaan flashcard automatik, soalan objektif (MCQ) berasaskan kandungan, serta sokongan podcast menerusi teknologi penukaran teks ke suara dan suara ke teks. Ciri-ciri ini menyokong pelbagai gaya pembelajaran dan memberi manfaat kepada pengguna yang mengalami kesukaran membaca atau menaip. Aplikasi ini dibangunkan menggunakan teknologi moden seperti Next.js, NeonDB sebagai pangkalan data utama, dan PineconeDB sebagai pangkalan data vektor. Pembangunan aplikasi memanfaatkan metodologi Agile bagi memastikan fleksibiliti serta penyesuaian terhadap keperluan pengguna. Metodologi kajian merangkumi fasa keperluan, reka bentuk, implementasi dan pengujian. Ujian kebolegunaan telah dijalankan melibatkan 16 orang pengguna terdiri daripada pelajar dan pensyarah. Hasil kajian menunjukkan bahawa Chat with PDF diterima baik oleh majoriti pengguna dan berpotensi menjadi alat sokongan pembelajaran digital yang cekap, inklusif dan mudah diakses.

Kata Kunci: Model Bahasa Besar, Kebolegunaan, RAG.

Abstract

As the world continues to advance, students and professionals increasingly rely on large documents such as research papers, manuals, and contracts. Extracting specific information from such documents can be time-consuming and challenging. Chat with PDF is an interactive web application designed to help students reduce the learning curve and enhance their understanding of study materials. The application allows users to upload documents such as lecture notes or reference books and ask questions directly through a chat interface powered by a Large Language Model (LLM). This enables users to extract key information quickly without manually reviewing the entire content. In addition, Chat with PDF offers advanced features such as automatic flashcard generation, content-based multiple-choice questions (MCQs), and podcast support via text-to-speech and speech-to-text technologies. These features cater to various learning styles and are particularly helpful for users with reading or typing difficulties. The application is built using modern technologies such as Next.js, NeonDB as the primary database, and PineconeDB as the vector database. Development follows the Agile methodology to ensure flexibility and responsiveness to user needs. The research methodology consists of four main phases: requirement analysis, design, implementation, and testing. Usability testing was conducted with 16 participants, including students and lecturers. The results indicate that Chat with PDF is well-received by the majority of users and demonstrates strong potential as an accessible, efficient, and inclusive digital learning tool.

Keywords: Large Language Model, Usability, RAG

1.0 PENGENALAN

Perkembangan pesat teknologi digital pada abad ke-21 telah mengubah cara manusia berinteraksi dengan maklumat. Pelajar, penyelidik dan profesional kini bergantung kepada pelbagai jenis dokumen seperti artikel jurnal, kertas penyelidikan, kontrak, dan manual teknikal dalam tugas harian. Namun begitu, cabaran besar timbul apabila proses mengekstrak maklumat penting daripada dokumen-dokumen ini masih dilakukan secara manual yang memakan masa dan kurang efisien. Kajian menunjukkan bahawa penyelidik membaca purata 239 artikel setahun, bersamaan dengan hampir 234 jam masa membaca atau 29 hari penuh dalam setahun (Tenopir et al. 2019). Situasi ini menunjukkan betapa tingginya pelaburan masa yang diperlukan hanya untuk memahami kandungan dokumen.

Masalah ini lebih ketara dalam kalangan individu yang mempunyai cabaran pembelajaran seperti disleksia. Statistik menunjukkan bahawa 15–20% populasi dunia menghidap disleksia, dengan mereka mewakili 80–90% daripada semua individu yang mengalami kecacatan pembelajaran (Leitão et al. 2017). Keadaan ini mewujudkan keperluan mendesak untuk sistem yang bukan sahaja efisien dalam membantu pengguna mengekstrak maklumat tetapi juga inklusif dan menyokong pelbagai gaya pembelajaran.

Walau bagaimanapun, kebanyakan aplikasi pembaca dokumen tradisional hanya menyediakan fungsi asas dan tidak membenarkan interaksi dinamik atau pertanyaan berasaskan konteks. Ketiadaan antara muka sembang yang pintar mengehadkan keupayaan pengguna untuk memahami kandungan dokumen secara mendalam dan responsif. Sehubungan itu, aplikasi Chat with PDF dibangunkan sebagai solusi pintar yang membolehkan pengguna memuat naik dokumen PDF dan berinteraksi dengannya melalui antara muka sembang berasaskan Model Bahasa Besar (LLM) menggunakan teknik *Retrieval Augmented Generation* (RAG). Dengan menyokong pertanyaan secara teks dan suara melalui *Speech-to-Text*, serta respons dalam bentuk audio *Text-to-Speech*, aplikasi ini memperkasakan akses kepada maklumat secara lebih fleksibel dan mesra pengguna (Young n.d.). Ia juga dilengkapi ciri tambahan seperti penjanaan automatik flashcard dan soalan aneka pilihan (MCQ), yang terbukti dapat meningkatkan prestasi pembelajaran pelajar (Info et al. n.d.).

Selain itu, Chat with PDF memanfaatkan teknologi terkini seperti Next.js untuk antaramuka web, NeonDB untuk pangkalan data hubungan, PineconeDB untuk carian semantik vektor, serta API OpenAI bagi penjanaan respons pintar. Kaedah pembangunan Agile yang digunakan pula membolehkan aplikasi ditambah baik secara berperingkat berdasarkan maklum balas pengguna (Ali & Sameh 2024). Secara keseluruhannya, Chat with PDF tampil sebagai satu inovasi dalam memperkasa pengalaman pembelajaran dan produktiviti kerja. Ia bukan sahaja menyelesaikan masalah memahami dokumen yang kompleks secara manual, tetapi juga menyokong pembelajaran sendiri yang lebih cekap, inklusif dan boleh diakses oleh semua lapisan pengguna.

2.0 KAJIAN LITERATUR

Aplikasi Web Interaktif untuk Pertanyaan Dokumen Menggunakan Model Bahasa Besar dan Teknik RAG

Dalam dekad kebelakangan ini, kemunculan teknologi Kecerdasan Buatan (AI) dan Model Bahasa Besar (LLM) seperti *GPT* dan *LLaMA* telah membawa perubahan ketara dalam cara pengguna mengakses, memahami dan mengekstrak maklumat daripada dokumen digital (Sandeep Sharma 2024). Pendekatan konvensional yang melibatkan penatalan dokumen secara

manual dilihat tidak lagi efisien, terutamanya apabila melibatkan dokumen bersaiz besar yang memerlukan pemahaman mendalam dalam masa singkat.

Model Bahasa Besar (LLM) berasaskan seni bina transformer telah membuktikan keupayaan luar biasa dalam memahami bahasa semula jadi, menjana respons kontekstual, serta membantu dalam tugas seperti pengekstrakan maklumat dan penulisan ringkasan (Mishra et al. 2024). Walau bagaimanapun, LLM turut menghadapi cabaran seperti fenomena hallucination, bias data, serta keperluan sumber pengkomputeran yang tinggi, yang mengehadkan penggunaannya dalam sesetengah organisasi (Mishra et al. 2024).

Untuk mengatasi kekangan ini, pendekatan *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) diperkenalkan bagi meningkatkan ketepatan respons LLM dengan menambah maklumat daripada sumber luaran secara masa nyata (Rick Merritt 2025). RAG menggunakan teknik pembenaman vektor yang membolehkan pencarian semantik lebih tepat berbanding pencarian berasaskan kata kunci semata-mata (Natasha Selvaraj 2025). Teknologi ini menjadi asas kepada sistem seperti Chat with PDF, yang mampu memadankan pertanyaan pengguna dengan kandungan dokumen yang relevan secara kontekstual. Di samping itu, sokongan teknologi *Text-to-Speech* (TTS) dan *Speech-to-Text* (STT) memainkan peranan penting dalam meningkatkan kebolehcapaian maklumat, khususnya kepada pengguna yang mengalami kesukaran membaca atau menaip seperti penghidap disleksia. Kajian membuktikan bahawa penggunaan TTS dan STT dapat meningkatkan pemahaman, mengurangkan keletihan, serta meningkatkan penglibatan pelajar dalam pembelajaran (Matre 2022).

Dalam konteks pembelajaran digital, ciri seperti penjanaan automatik flashcard dan soalan aneka pilihan (MCQ) terbukti menyokong pemahaman jangka panjang dan pembelajaran sendiri. Artikel melaporkan peningkatan ketara skor pelajar selepas menggunakan flashcard (Info et al. n.d.). Kajian juga menyenaraikan flashcard dan MCQ sebagai antara teknik pembelajaran paling berkesan berdasarkan ulasan sistematik terhadap kaedah pembelajaran (Dunlosky et al. 2013).

Kajian terhadap sistem sedia ada seperti *ChatDOC*, *Adobe Acrobat AI Assistant* dan *Kdan PDF Reader* menunjukkan bahawa walaupun ciri interaksi dokumen telah mula diperkenalkan, kebanyakannya masih terhad kepada fungsi asas seperti penyorotan, anotasi dan penyuntingan. Hanya sedikit sistem yang mengintegrasikan pelbagai ciri pintar secara menyeluruh termasuk pertanyaan kontekstual, flashcard, podcast dan MCQ dalam satu platform mesra pengguna.

Oleh itu, pembangunan Chat with PDF tampil mengisi jurang ini dengan menyepadukan pelbagai teknologi AI, pembelajaran sendiri dan sokongan kebolehcapaian dalam satu sistem. Gabungan pendekatan RAG, LLM, serta ciri audio-interaktif menjadikan aplikasi ini unik berbanding sistem terdahulu dan berpotensi memberi impak besar dalam landskap pembelajaran digital masa kini..

3.0 METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam pembangunan aplikasi ini ialah metodologi Agile. Pengurusan metodologi Agila ialah proses pembangunan berulang, dan terdapat lima fasa penting dalam metodologi Agile iaitu fasa analisis, fasa reka bentuk, fasa pembangunan, fasa pengujian dan fasa penghantaran.

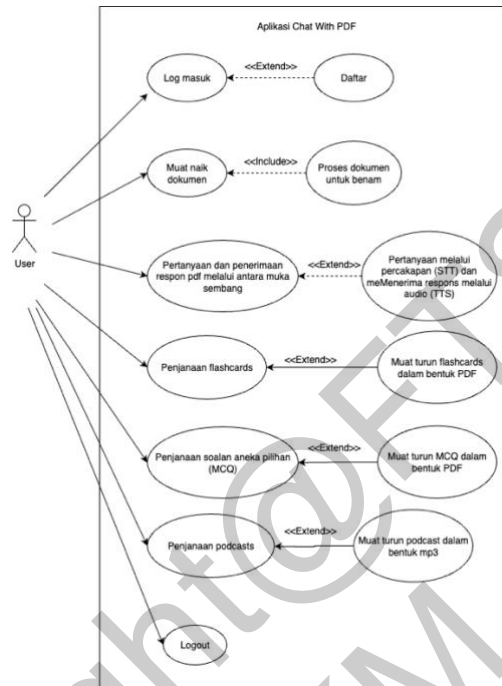
3.1 Fasa Analisis

Dalam fasa analisis ini, kajian terhadap aplikasi pengurusan dokumen sedia ada seperti ChatDOC, Adobe Acrobat AI Assistant dan Kdan PDF Reader telah dijalankan untuk membandingkan fungsi yang ditawarkan dan mengenal pasti kekurangan dari segi kebolehcapaian dan kecekapan. Kajian soal selidik turut dilaksanakan bersama pelajar sebagai pengguna sasaran bagi memahami keperluan sebenar mereka dalam mengakses, memahami dan mengekstrak maklumat daripada dokumen PDF. Berdasarkan dapatan analisis ini, beberapa keperluan penting telah dikenal pasti seperti kemampuan bertanya soalan kepada dokumen, sokongan audio melalui TTS dan STT, serta ciri pembelajaran tambahan seperti flashcard dan soalan aneka pilihan (MCQ). Hasil analisis ini membantu pembangun menyesuaikan fungsi sistem agar dapat menyelesaikan masalah sebenar yang dihadapi pengguna dalam pembacaan dan pemahaman dokumen besar.

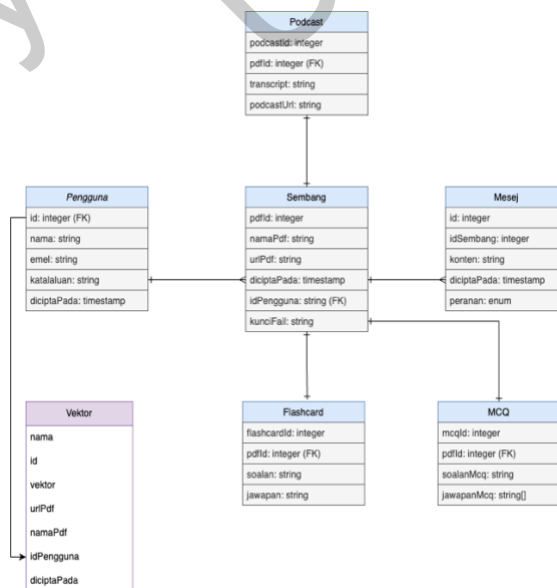
3.2 Fasa Reka Bentuk

Fasa reka bentuk menekankan perancangan struktur sistem yang menyeluruh, merangkumi reka bentuk antara muka pengguna, aliran interaksi sembang, dan penyimpanan data pengguna. NeonDB dan Clerk digunakan untuk penyimpanan data pengguna dan pengesahan akaun, manakala PineconeDB digunakan untuk menyimpan benam vektor bagi pertanyaan semantik. Reka bentuk antara muka aplikasi dilakar menggunakan Figma dengan pendekatan mesra pengguna agar dapat memudahkan interaksi walaupun bagi mereka yang mempunyai cabaran membaca atau menaip. Komponen utama seperti paparan dokumen, antara muka sembang, serta halaman untuk flashcards, MCQ dan podcast dikenalpasti dan direka bentuk agar selaras dengan keperluan pengguna sasaran. Beberapa fungsi asas daripada aplikasi lain turut dirujuk untuk memastikan aplikasi ini tidak terlalu asing kepada pengguna. Rajah 1 menunjukkan merupakan kes guna Chat with PDF manakala Rajah 2 menunjukkan rajah kelas Chat with PDF.

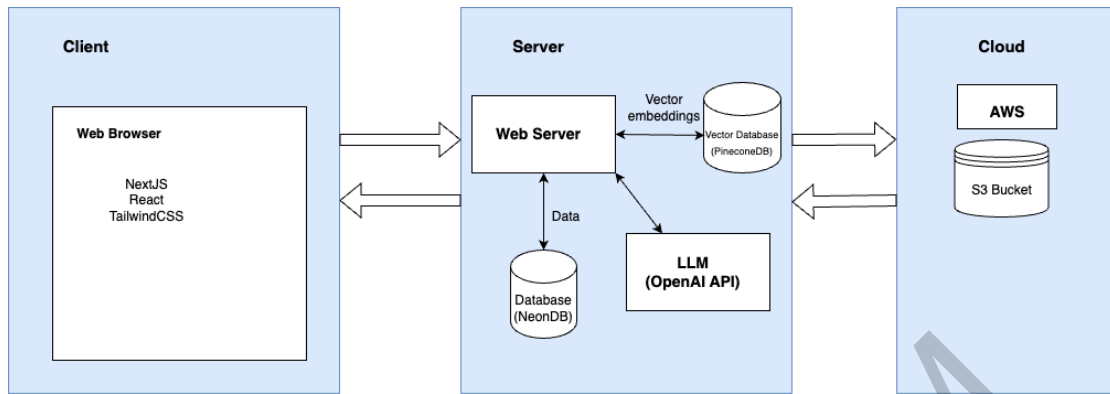
Chat With PDF menggunakan seni bina *Client-Server* kerana ia menyokong interaksi dinamik seperti sembang dan muat naik fail, dioptimumkan dengan *React* dan *NextJS* untuk prestasi lancar, serta membolehkan pemisahan antara antaramuka pengguna dan logik pelayan bagi tujuan kebolehskalaan. Rajah 3 menunjukkan seni bina *Client-Server* untuk Chat with PDF.



Rajah 1: Rajah kes guna Chat with PDF



Rajah 2: Rajah kelas Chat with PDF



Rajah 3: Seni bina Chat with PDF

3.3 Fasa Pembangunan

Fasa pembangunan ini melibatkan proses pengekodan menggunakan *Next.js* untuk pembangunan antara muka web, dengan pengaturcaraan dilakukan dalam *TypeScript* dan *React* melalui persekitaran pembangunan *Visual Studio Code*. Modul-modul dibangunkan secara berasingan untuk memudahkan pengurusan dan penyatuan fungsi. Modul utama termasuk ialah fungsi muat naik dan pra-proses dokumen PDF, interaksi sembang pintar berasaskan Model Bahasa Besar melalui *API OpenAI* dan *Pinecone*, penjanaan automatik flashcard dan soalan MCQ, serta fungsi audio podcast dengan *Text-to-Speech* dan *Speech-to-Text*. Aplikasi ini dibangunkan menggunakan pendekatan Agile, membolehkan pengujian dijalankan secara berperingkat dan sebarang kesilapan atau penambahbaikan dapat dilakukan dengan pantas berdasarkan maklum balas pengguna.

3.4 Fasa Pengujian

Aplikasi *Chat with PDF* diuji dalam fasa ini oleh pembangun untuk memastikan tiada *bugs* atau *error* sebelum pelancaran akhir. Pengujian dilakukan bagi menilai sama ada sistem telah memenuhi keperluan pengguna yang dikenal pasti dalam fasa analisis. Fasa pengujian aplikasi *Chat with PDF* merangkumi ujian fungsian dan ujian kebolehgunaan. Ujian fungsian melibatkan ujian kotak hitam bagi memastikan setiap fungsi utama seperti muat naik dokumen, sembang interaktif, flashcard, MCQ dan podcast beroperasi seperti yang dijangka berdasarkan input pengguna tanpa melihat struktur dalaman kod. Ujian kotak putih pula dijalankan oleh pembangun untuk menyemak logik dalaman dan aliran kod sistem, terutamanya bahagian pemprosesan dokumen dan integrasi API. Selain itu, ujian kebolehgunaan turut dijalankan melibatkan pengguna sebenar, yang diminta menilai aspek mesra pengguna, kejelasan antara muka, keberkesanan fungsi TTS/STT dan kemudahan akses ciri-ciri pembelajaran. Data daripada soal selidik ini dianalisis menggunakan skor min bagi menilai tahap penerimaan dan mengenal pasti penambahbaikan sebelum pelancaran akhir.

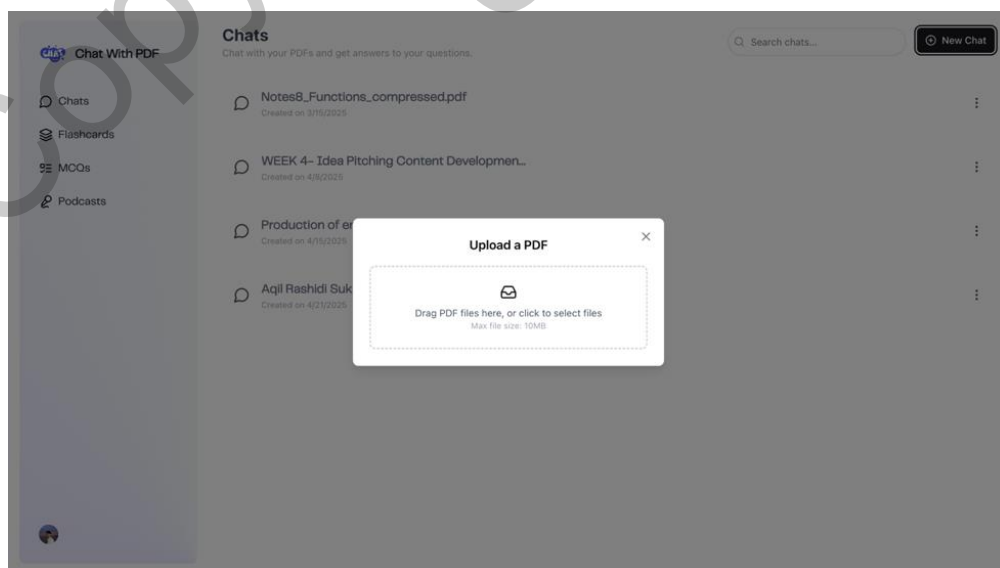
4.0 HASIL

4.1 Pembangunan Aplikasi

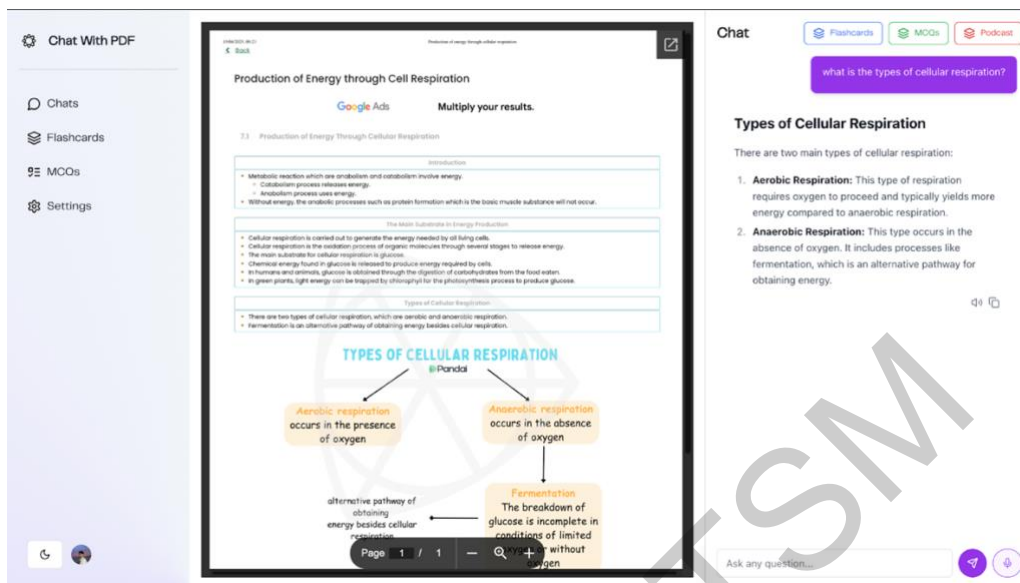
Pada fasa pembangunan, beberapa perisian digunakan bagi menghasilkan aplikasi Chat with PDF daripada peringkat reka bentuk sehinggalah pembangunan sistem penuh. Semasa fasa reka bentuk, perisian *Figma* digunakan bagi membina antara muka pengguna (UI) seperti butang muat naik, ikon sembang, kad flashcard, dan elemen lain secara konsisten serta responsif.

Untuk pembangunan aplikasi, teknologi *Next.js* bersama *React* dan *TypeScript* digunakan sebagai teras pembangunan frontend. Bagi bahagian backend, aplikasi menggunakan NeonDB sebagai sistem pangkalan data utama untuk menyimpan data pengguna dan metadata dokumen. *Clerk* digunakan untuk pendaftaran dan log masuk pengguna dengan selamat. Kandungan dokumen dianalisis dan dijana vektornya menggunakan *PineconeDB*, yang menyokong pencarian semantik berdasarkan kandungan sebenar dokumen PDF. Model bahasa besar (LLM) yang diakses melalui *OpenAI API* digunakan untuk menjawab soalan pengguna berdasarkan kandungan dokumen yang telah dimuat naik.

Selepas pengguna log masuk, aplikasi akan memaparkan antara muka utama seperti dalam Rajah 4, di mana pengguna boleh memuat naik dokumen PDF baharu atau mengakses dokumen sedia ada. Antara muka sembang seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5 membolehkan pengguna menaip atau menggunakan input suara untuk bertanya soalan. Model akan menjawab berdasarkan kandungan PDF menggunakan teknik *Retrieval-Augmented Generation (RAG)*, membolehkan respons yang lebih tepat dan kontekstual.

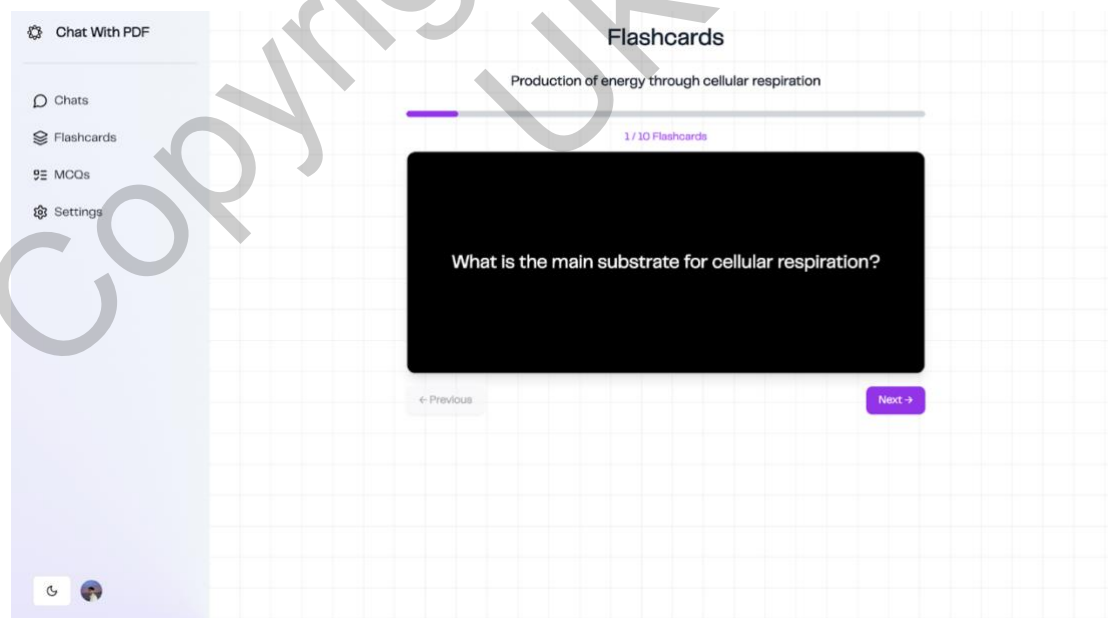


Rajah 4: Antara muat naik dokumen

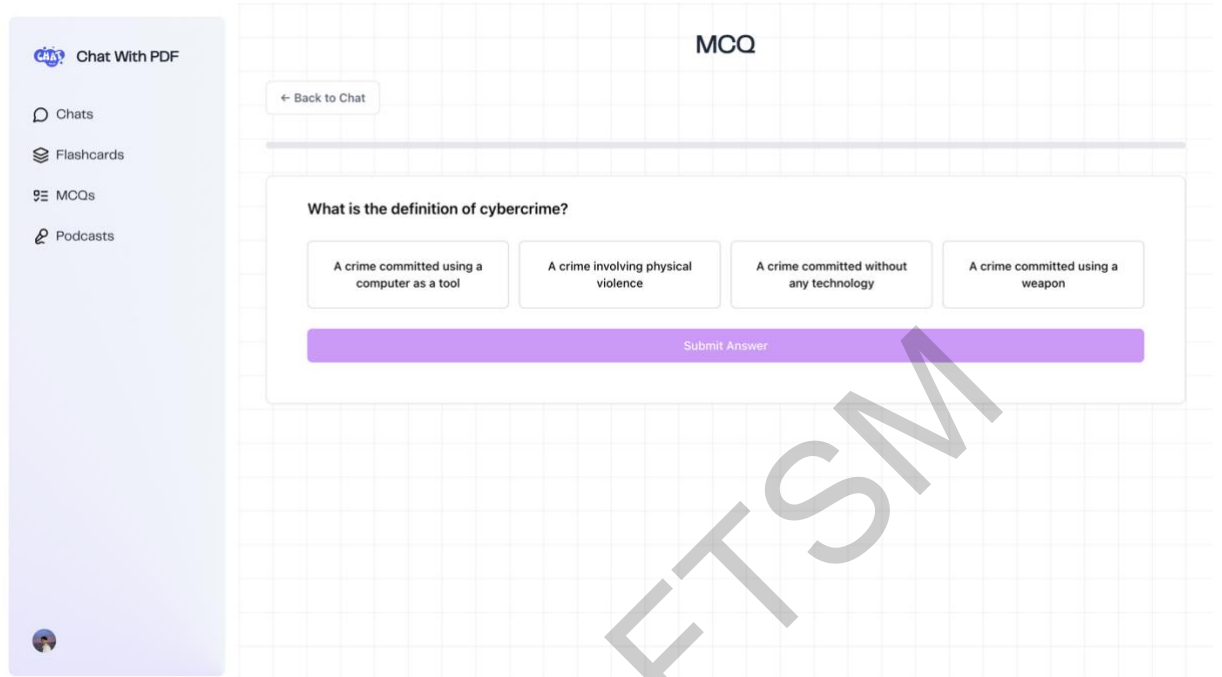


Rajah 5: Antara muka sembang halaman

Bagi memudahkan ulang kaji, pengguna boleh menjana flashcard berdasarkan isi penting dokumen seperti yang dipaparkan dalam Rajah 6. Fungsi ini sesuai untuk ringkasan pantas atau pembelajaran visual. Aplikasi juga menawarkan fungsi penjaan soalan MCQ di mana pengguna boleh menjana kuiz berdasarkan bab atau keseluruhan kandungan PDF seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 7.

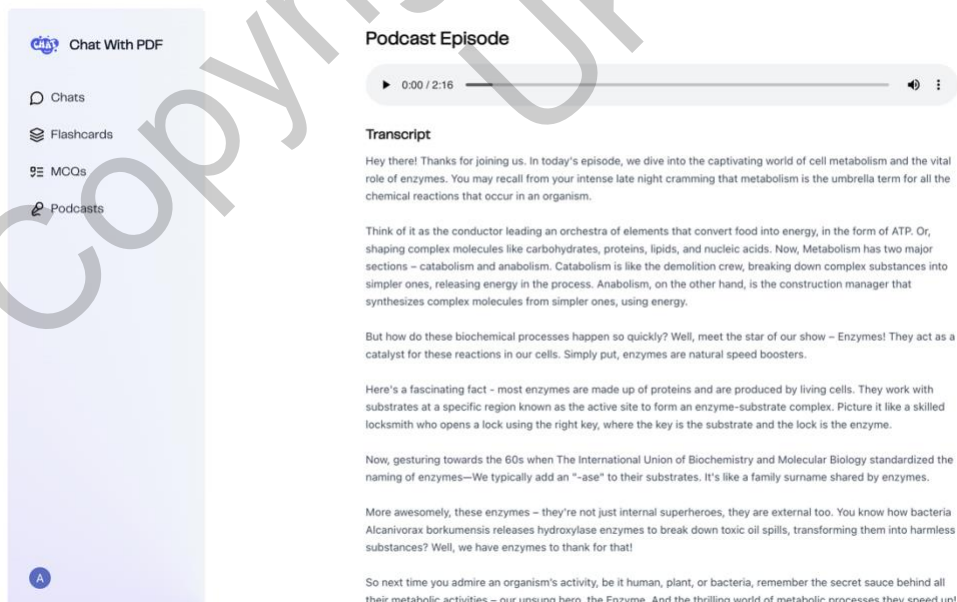


Rajah 6: Antara muka flashcards



Rajah 7: Antara muka MCQ

Seterusnya, fungsi Text-to-Speech (TTS) membolehkan pengguna mendengar kandungan yang dijana, manakala Speech-to-Text (STT) menyokong interaksi suara. Ciri ini membantu pelajar yang mengalami kesukaran menaip atau membaca serta menjadikan aplikasi lebih inklusif seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8.



Rajah 8: Antara muka podcasts

Secara keseluruhan, aplikasi Chat with PDF menggabungkan teknologi moden dan mesra pengguna untuk membolehkan interaksi pintar dengan dokumen pembelajaran. Semua fungsi

dibangunkan secara modular dan diuji dalam setiap sprint menggunakan pendekatan Agile bagi memastikan kestabilan sistem dan fleksibiliti terhadap keperluan pengguna sebenar.

4.2 Pengujian Aplikasi

Prosedur penilaian dijalankan bagi memastikan semua ciri dalam aplikasi seperti fungsi muat naik dokumen, sembang interaktif, penjanaan soalan MCQ, flashcard dan podcast berfungsi dengan baik. Pengujian fungsian dilaksanakan bagi mengenal pasti sebarang ralat teknikal yang mungkin berlaku semasa interaksi pengguna dengan sistem. Selain itu, pengujian kebolehgunaan aplikasi turut dilaksanakan, melibatkan kumpulan pelajar yang mewakili pengguna sasaran. Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan aplikasi Chat with PDF memenuhi keperluan pengguna dari segi kemudahan penggunaan, kejelasan antara muka, serta kualiti ciri tambahan yang ditawarkan.

i. Pengujian Fungsian

Aplikasi Chat with PDF telah melalui proses pengujian fungsian secara menyeluruh bagi memastikan setiap ciri utama berfungsi seperti yang direka tanpa sebarang ralat. Pengujian ini membantu dalam mengenal pasti kesilapan logik atau teknikal dalam fungsi seperti pemuatan dokumen, pemprosesan LLM, dan sokongan audio. Kaedah kotak hitam (Black-box Testing) digunakan kerana ia membolehkan ujian dilakukan dari perspektif pengguna tanpa perlu mengetahui struktur dalaman sistem. Ini memudahkan pembangunan kes ujian berdasarkan senario sebenar dan mempercepatkan pembaikan pepijat yang ditemui. Pengujian fungsian dijalankan dalam enam fasa utama.

Jadual 1: *Fungsi yang diuji*

Fasa	Perkara	Keputusan
1	Pengesahan pengguna	Lulus
2	Muat naik dokumen	Lulus
3	Fungsi sembang interaktif	Lulus
4	Penjanaan flashcard	Lulus
5	Penjanaan soalan aneka pilihan	Lulus
6	Penjanaan podcast	Lulus

Fasa pertama ialah pendaftaran dan pengesahan pengguna. Pengguna perlu mendaftar menggunakan alamat emel dan kata laluan sebelum mengakses aplikasi. Sistem diuji untuk memastikan maklumat pengguna disimpan dengan selamat menggunakan Clerk dan hanya pengguna yang disahkan dapat log masuk ke dalam sistem. Fasa kedua ialah muat naik

dokumen PDF. Pengguna boleh memuat naik fail PDF melalui antara muka utama. Sistem diuji untuk menapis format fail dan memastikan hanya fail yang sah diproses. Kandungan PDF dihantar ke pelayan dan dimasukkan ke dalam pangkalan data vektor untuk pencarian konteks. Seterusnya, fasa ketiga merupakan fungsi interaktif sembang di mana pengguna boleh bertanya soalan kepada sistem berdasarkan dokumen yang dimuat naik. Sistem menggunakan pendekatan *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) dan model bahasa besar (LLM) untuk menjana respons. Ujian dilakukan untuk memastikan jawapan relevan dan berdasarkan kandungan dokumen sebenar.

Selain itu, fasa keempat merupakan penjanaan flashcards di mana aplikasi menjana set flashcard secara automatik berdasarkan isi kandungan dokumen. Ujian dilaksanakan untuk memastikan soalan dan jawapan ringkas dapat dijana, dipaparkan, dan diulang kaji dengan betul oleh pengguna. Fasa kelima juga merupakan penjanaan soalan aneka pilihan (MCQ) di mana aplikasi menyediakan fungsi penjanaan soalan objektif berdasarkan dokumen. Pengujian memastikan struktur soalan lengkap dengan satu jawapan betul dan tiga pilihan lain, serta logik kandungan dikekalkan. Akhir sekali, penjanaan podcast yang di mana kandungan PDF diringkaskan dan ditukar kepada bentuk naratif audio menyerupai podcast. Ujian memastikan isi penting dipilih secara kontekstual, disusun secara logik, dan dijana dalam format audio dengan intonasi yang sesuai. Fail audio boleh dimainkan dan dimuat turun oleh pengguna.

Hasil pengujian ke atas kesemua fungsi utama mendapati semuanya berfungsi dengan baik tanpa sebarang ralat kritikal. Ini membuktikan bahawa aplikasi Chat with PDF bersedia digunakan secara meluas dan telah memenuhi keperluan teknikal serta pengalaman pengguna.

ii. Pengujian Kebolehgunaan

Pengujian kebolehgunaan ialah proses yang melibatkan pengujian akhir yang dilaksanakan oleh pengguna dalam masa yang ditetapkan untuk memastikan perisian atau sistem yang dibangun mampu dikendalikan dan berfungsi mengikut keperluan pengguna sebelum aplikasi dikeluarkan pada persekitaran sebenar.

Pengujian kebolehgunaan merupakan langkah penting bagi memastikan aplikasi Chat with PDF mudah digunakan, relevan dengan keperluan pengguna, dan mampu menyampaikan maklumat secara efektif. Pengujian ini dilakukan dalam fasa akhir pembangunan, melibatkan 16 orang responden terdiri daripada pelajar dan pensyarah universiti. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk menilai keberkesanan aplikasi dari sudut pengalaman pengguna sebelum ia dilancarkan.

secara rasmi. Soal selidik dilaksanakan melalui *Google Form*, bersama fail demo dan panduan penggunaan aplikasi. Responden diminta menggunakan aplikasi dalam tempoh tertentu dan menjawab soalan berdasarkan pengalaman mereka. Di dalam borang soal selidik, terdapat lima (5) bahagian yang perlu dijawab oleh responden iaitu latar belakang responden, kebolehgunaan aplikasi Chat with PDF, kualiti maklumat, kualiti ciri-ciri tambahan seperti flashcards, MCQ dan podcast, kualiti antara muka dan maklum balas system. Tinjauan ini dirujuk oleh PSSUQ (*Post-study system usability questionnaire*) dan soalan telah diselaraskan untuk disesuaikan dengan projek (Will T n.d.).

Bagi setiap bahagian soal selidik, setiap item di dalam bahagian ini menggunakan skala Likert yang berskala 1 hingga 5 di mana (1: Sangat Tidak Setuju, 2: Tidak Setuju, 3: Biasa, 4: Setuju, 5: Sangat Setuju). Menurut skala Likert sesuai digunakan untuk mengukur pendapat dan persepsi seseorang (Adzhar et al. 2017). Berikut merupakan interpretasi skor min yang dapat dijana daripada skala Likert menurut seperti dalam Jadual 2 (Riduwan 2013).

Jadual 2: *Interpretasi Skor Min*

Skor Min	Tafsiran
1.00 – 1.99	Lemah
2.00 – 2.99	Rendah
3.00 – 3.99	Sederhana
4.00 – 4.99	Tinggi

Jadual 3 menunjukkan min purata keseluruhan bagi bahagian kebolehgunaan aplikasi. Purata skor min untuk semua item dalam bahagian kebolehgunaan aplikasi adalah antara 4.13 hingga 4.50. Hal ini menunjukkan bahawa Chat with PDF adalah mesra pengguna, tidak kompleks dan menyokong aliran interaksi yang jelas.

Jadual 3: *Min Purata Keseluruhan kebolehgunaan aplikasi*

No	Item	Min
1	Secara keseluruhan, saya berpuas hati betapa mudahnya menggunakan aplikasi ini.	4.31
2	Saya dapat mengakses maklumat dengan cepat menggunakan aplikasi ini.	4.44
3	Saya berasa selesa menggunakan aplikasi ini.	4.44
4	Saya percaya aplikasi web ini membantu mengurangkan halangan pembelajaran.	4.50

Jadual 4 menunjukkan min purata keseluruhan bagi bahagian kualiti maklumat. Skor min dalam bahagian kualiti maklumat berada antara 4.38 hingga 4.63. Hasil ini mencerminkan bahawa maklumat yang dijana oleh sistem adalah jelas, mudah difahami, dan relevan dengan pertanyaan pengguna.

Jadual 4: Min Purata Keseluruhan Kualiti Maklumat

No	Item	Min
1	Chat with PDF memberikan respons yang jelas dan membantu dalam menjawab soalan saya.	4.38
2	Maklumat yang dipaparkan dalam sistem adalah jelas dan mudah difahami.	4.38
3	Saya boleh mencari maklumat dalam dokumen dengan cepat menggunakan ciri sembang.	4.56
4	Aplikasi ini adalah mudah untuk mencari maklumat daripada dokumen yang saya perlukan.	4.50
5	Maklumat adalah berkesan dalam membantu saya belajar dan memahami topik-topik utama dalam sebarang dokumen.	4.63
6	Susun atur respon ini memudahkan saya membaca dan memahami maklumat.	4.63

Jadual 5 menunjukkan min purata keseluruhan bagi bahagian kualiti ciri-ciri tambahan. Ciri-ciri tambahan seperti flashcard, MCQ, dan podcast yang dijana daripada dokumen juga menerima skor min antara 4.31 hingga 4.75. Hasil ini menunjukkan bahawa ciri-ciri tambahan ini memberi nilai tambah yang signifikan kepada proses pembelajaran iaitu membantu pengguna mengingat isi penting, menguji kefahaman, dan menyokong pembelajaran.

Jadual 5: *Min Purata Keseluruhan Kualiti Ciri-Ciri Tambahan*

No	Item	Min
1	Flashcards yang dijana daripada dokumen membantu saya mengingat isi penting.	4.75
2	Soalan aneka pilihan (MCQ) yang dijana adalah berguna untuk menguji pemahaman saya.	4.31
3	Ciri podcast membantu saya belajar dengan mendengar kandungan dokumen.	4.31
4	Kandungan maklumat dijana oleh ciri-ciri flashcards, MCQ dan podcast adalah relevan dengan dokumen dimuat naik.	4.31
5	Ciri-ciri tambahan ini (flashcards, MCQ, podcast) memberi nilai tambah kepada pengalaman pembelajaran saya.	4.31

Jadual 6 menunjukkan min purata keseluruhan bagi bahagian kualiti antara muka. Pengguna juga memberikan skor tinggi iaitu antara 4.44 hingga 4.50 terhadap antara muka aplikasi. Dapatan ini mengesahkan bahawa antara muka adalah intuitif dan selari dengan jangkaan pengguna, sebagaimana dinyatakan dalam keperluan bukan fungsian bagi keberkesanan.

Jadual 6: *Min Purata Keseluruhan Kualiti Antara Muka*

No	Item	Min
1	Flashcards yang dijana daripada dokumen membantu saya mengingat isi penting.	4.75
2	Soalan aneka pilihan (MCQ) yang dijana adalah berguna untuk menguji pemahaman saya.	4.31
3	Ciri podcast membantu saya belajar dengan mendengar kandungan dokumen.	4.31
4	Kandungan maklumat dijana oleh ciri-ciri flashcards, MCQ dan podcast adalah relevan dengan dokumen dimuat naik.	4.31
5	Ciri-ciri tambahan ini (flashcards, MCQ, podcast) memberi nilai tambah kepada pengalaman pembelajaran saya.	4.31

Secara keseluruhannya, hasil pengujian kebolegunaan dan keberkesanan melalui soal selidik menunjukkan bahawa aplikasi Chat with PDF berjaya memenuhi keperluan bukan fungsian yang telah ditetapkan.

5.0 KESIMPULAN

Kesimpulannya, Chat with PDF ialah sebuah aplikasi web yang direka untuk memperkasakan pelajar dalam proses pembelajaran sendiri secara lebih efektif dan inklusif.

Dengan membolehkan interaksi secara langsung dengan dokumen PDF melalui teknologi Model Bahasa Besar (LLM), aplikasi ini memudahkan pengguna untuk mengekstrak maklumat penting tanpa perlu membaca keseluruhan kandungan secara manual. Ciri tambahan seperti penjanaan flashcard automatik, soalan MCQ berasaskan kandungan, serta podcast yang dibina melalui teknologi TTS dan STT telah meningkatkan keberkesanan pembelajaran pelbagai gaya dan keperluan pengguna.

Hasil ujian fungsian dan kebolegunaan membuktikan bahawa aplikasi ini stabil, mudah digunakan, serta memenuhi kehendak dan jangkaan majoriti pengguna. Walaupun terdapat beberapa kekangan seperti had saiz muat naik dokumen dan tiadanya sistem langganan premium, cadangan penambahbaikan telah dikenalpasti bagi meningkatkan prestasi sistem, termasuk menambah sokongan format fail lain, membolehkan muat naik berbilang fail, dan memperkemas aliran navigasi ciri tambahan.

Secara keseluruhan, Chat with PDF menawarkan pendekatan moden dan pintar dalam mengakses ilmu pengetahuan, sekaligus menjadi alat sokongan pembelajaran yang berpotensi tinggi dalam kalangan pelajar dan profesional masa kini.

6.0 PENGHARGAAN

Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan sokongan dan bantuan sepanjang proses penyelidikan dan penulisan projek ini. Pertama sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia saya, Dr. Wan Fariza Binti Paizi @ Fauzi atas bimbingan, nasihat, dan sokongan yang berterusan. Kepakaran dan kesabaran beliau dalam membimbing saya menyiapkan projek ini amat saya hargai dan menjadi tunjang utama kejayaan projek ini.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pensyarah di Fakulti Teknologi Sains dan Maklumat (FTSM) yang telah menyumbang ilmu dan panduan berguna sepanjang tempoh pengajian saya. Tidak dilupakan, penghargaan yang tulus kepada ibu bapa dan keluarga tersayang yang sentiasa memberikan sokongan moral, kewangan, serta doa yang tidak pernah putus. Tanpa mereka, saya tidak mungkin dapat menyelesaikan projek ini dengan jayanya.

Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada rakan-rakan seperjuangan yang telah bersama-sama menempuh cabaran sepanjang perjalanan ini. Sokongan dan dorongan anda semua amat saya hargai. Akhir sekali, jutaan terima kasih kepada semua pihak lain yang secara langsung atau tidak langsung telah membantu dalam menjayakan projek ini,

khususnya dalam pembangunan aplikasi Chat with PDF. Semoga proyek ini memberi manfaat kepada pelajar dan penyelidik dalam memanfaatkan teknologi bahasa besar bagi tujuan pembelajaran. Sekian, terima kasih.

7.0 RUJUKAN

- Adzhar, H., Abdul Karim, A. & Sahrin, M.U. 2017. Pembangunan Instrumen Penerimaan E-Pembelajaran Pelajar Pascasiswazah Menggunakan Analisis Rasch. *JURNAL PENDIDIKAN MALAYSIA* 42(2): 147–155.
- Ali, Ahmed. & Sameh, Hesham. 2024. Developing a theoretical framework for enhancing green project approaches via Agile methodology. *Scientific Reports* 14(1): 27786.
- Dunlosky, J., Rawson, K.A., Marsh, E.J., Nathan, M.J. & Willingham, D.T. 2013. Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest, Supplement*. SAGE Publications Inc.
- Info, A., Syamsiyah, N. & Ma'rifatulloh, S. (t.th.). The Effectiveness of Using Flashcard to Improve Students' Vocabulary Mastery. *JSER Journal of Science and Education Research* Vol. 2 <https://jurnal.insanmulia.or.id/index.php/jsr/>.
- Leitão, S., Dzidic, P., Claessen, M., Gordon, J., Howard, K., Nayton, M. & Boyes, M.E. 2017. Exploring the impact of living with dyslexia: The perspectives of children and their parents. *International Journal of Speech-Language Pathology* 19(3): 322–334.
- Matre, M.E. 2022. Speech-to-Text Technology as an Inclusive Approach: Lower Secondary Teachers' Experiences. *Nordisk tidsskrift for pedagogikk og kritikk* 8(0): 233.
- Mishra, T., Sutanto, E., Rossanti, R., Pant, N., Ashraf, A., Raut, A., Uwabareze, G., Oluwatomiwa, A. & Zeeshan, B. 2024. Use of large language models as artificial intelligence tools in academic research and publishing among global clinical researchers. *Scientific Reports* 14(1): 31672.
- Natassha Selvaraj. 2025. What is Retrieval Augmented Generation (RAG)? <https://www.datacamp.com/blog/what-is-retrieval-augmented-generation-rag>

Rick Merritt. 2025. What Is Retrieval-Augmented Generation, aka RAG?
<https://blogs.nvidia.com/blog/what-is-retrieval-augmented-generation/>

Riduwan. 2013. Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian. *Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian*

Sandeep Sharma. 2024. Understanding RAG: Evolution, Components, Implementation, and Applications. <https://medium.com/@sandyeeep70/understanding-rag-evolution-components-implementation-and-applications-ecf72b778d15>

Tenopir, C., Christian, L. & Kaufman, J. 2019. Seeking, Reading, and Use of Scholarly Articles: An International Study of Perceptions and Behavior of Researchers. *Publications* 7(1): 18.

Will T. (t.th.). PSSUQ (Post-study system usability questionnaire).
<https://uiuxtrend.com/pssuq-post-study-system-usability-questionnaire/>

Young, M.C. (t.th.). The Effects of Text-to-Speech on Reading Comprehension of The Effects of Text-to-Speech on Reading Comprehension of Students with Learning Disabilities Students with Learning Disabilities.
<https://ir.library.illinoisstate.edu/etd/718>.

Alif Hakimi Bin Azwan (A194980)
Dr. Wan Fariza binti Paizi @ Fauzi
 Faculty of Information Technology & Science
 National University of Malaysia