

APLIKASI TERJEMAHAN BAHASA ISYARAT BERASASKAN KECERDASAN BUATAN MENGGUNAKAN RANGKAIAN NEURAL KONVOLUSI (CNN)

NUR HASENAH BINTI AJMAL IBRAHIM

MARYATI BINTI MOHD YUSOF

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

ABSTRAK

Aplikasi Terjemahan Bahasa Isyarat Berasaskan Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) (AI) Menggunakan Rangkaian Neural Konvolusi (CNN) dibangunkan untuk menangani isu komunikasi yang dihadapi oleh komuniti pekak dalam berinteraksi dengan masyarakat yang tidak menggunakan bahasa isyarat. Kebanyakan orang awam tidak memahami bahasa isyarat, menyebabkan halangan komunikasi yang ketara dalam situasi kritikal seperti semasa mendapatkan rawatan kesihatan, berurusan dengan perkhidmatan pelanggan, atau semasa berinteraksi di tempat awam. Masalah ini menyukarkan komunikasi dua hala antara golongan pekak dan masyarakat umum, terutama dalam situasi yang kritikal. Tujuan projek ini adalah untuk membangunkan aplikasi berasaskan AI yang mampu menterjemah bahasa isyarat ke teks dan teks ke bahasa isyarat dalam masa nyata. Kaedah pembelajaran mesin digunakan melalui model *Convolutional Neural Network* (CNN), yang dilatih menggunakan dataset Bahasa Isyarat Malaysia. Dataset merangkumi 26,000 imej tangan, satu bagi setiap huruf A hingga Z, yang dirakam dalam pelbagai pencahayaan, latar belakang, dan warna kulit. Model CNN ini dilatih menggunakan *TensorFlow* dan *Keras*, sebelum ditukar ke format *TensorFlow Lite* dan diintegrasikan ke dalam aplikasi *Flutter*. Ujian prestasi model menunjukkan tahap ketepatan terjemahan mencecah 96.3% berdasarkan ukuran metrik ketepatan set data ujian. Aplikasi ini juga menunjukkan kebolehan untuk berfungsi dalam masa nyata dengan purata masa inferens 1.2 saat bagi setiap imej. Ciri-ciri tambahan seperti penstabilan output dan sistem penapisan berdasarkan ambang keyakinan (threshold) turut dilaksanakan untuk meningkatkan ketepatan keputusan. Cadangan penambahbaikan bagi projek ini termasuk menambah lebih banyak latihan interaktif untuk pengguna baharu yang ingin mempelajari Bahasa Isyarat Malaysia (BIM), menyediakan panduan penggunaan ringkas, serta memperluaskan sokongan kepada lebih banyak isyarat untuk ayat yang lebih panjang dan kompleks. Projek ini menyumbang kepada pembangunan sistem komunikasi dua hala antara komuniti pekak dan masyarakat umum menggunakan teknologi AI, serta menyokong usaha kerajaan ke arah inklusiviti dalam sektor awam dan swasta di Malaysia.

Kata kunci: CNN, AI, Bahasa Isyarat Malaysia, Terjemahan Masa Nyata, Aplikasi Mudah Alih

PENGENALAN

Bahasa isyarat merupakan medium komunikasi utama bagi individu pekak dan mereka yang mengalami masalah pendengaran. Walau bagaimanapun, bahasa ini kurang difahami oleh

kebanyakan masyarakat umum, yang mengakibatkan kesukaran komunikasi dalam situasi seperti perkhidmatan awam, perniagaan, dan interaksi sosial harian. Berdasarkan sumber daripada Pertubuhan Kesihatan Sedunia (World Health Organization) (WHO) (2023), lebih daripada 5% populasi dunia, atau sekitar 430 juta orang, mengalami masalah pendengaran yang memerlukan perhatian khusus. Jumlah ini diramalkan akan meningkat kepada lebih daripada 700 juta orang menjelang tahun 2050, yang menekankan keperluan mendesak untuk penyelesaian komunikasi yang lebih inklusif dan mudah diakses. Angka ini mencerminkan kepentingan projek pembangunan aplikasi terjemahan bahasa isyarat bagi menyokong golongan pekak dalam komunikasi harian mereka. Kecerdasan buatan (AI) kini membuka peluang untuk mengatasi halangan ini melalui aplikasi yang berupaya menterjemahkan bahasa isyarat kepada teks dan sebaliknya, sekali gus meningkatkan komunikasi dua hala antara komuniti pekak dan bukan pekak.

Walaupun terdapat beberapa aplikasi penterjemahan bahasa isyarat sedia ada, kebanyakan aplikasi ini menghadapi kekangan dari segi ketepatan terjemahan dan keterbatasan sokongan untuk variasi bahasa isyarat tempatan seperti Bahasa Isyarat Malaysia (BIM). Tambahan pula, kebergantungan kepada sambungan internet boleh menjejaskan kebolegunaan dalam situasi luar talian. Justeru, projek ini bertujuan membangunkan aplikasi berasaskan model *Convolutional Neural Network* (CNN) yang berupaya menterjemah bahasa isyarat secara masa nyata, menyokong variasi tempatan, serta boleh digunakan tanpa sambungan internet yang berterusan.

METODOLOGI KAJIAN

Metodologi pembangunan yang dicadangkan untuk projek ini adalah *Incremental Development*. Pendekatan ini membenarkan pembangunan sistem secara berperingkat, di mana setiap ciri atau fungsi utama diperkenalkan dalam fasa tertentu. Dengan cara ini, setiap komponen sistem akan diuji secara berasingan untuk memastikan keberkesanan dan ketepatan fungsi yang dilaksanakan. Proses ini membantu mengenal pasti sebarang masalah atau isu yang mungkin timbul di awal pembangunan, membolehkan pengubahsuaian dan penambahbaikan dilakukan sebelum ciri-ciri tersebut diintegrasikan ke dalam sistem keseluruhan.

Kelebihan menggunakan model *Incremental Development* adalah ia memberikan ruang untuk maklum balas yang lebih efektif daripada pengguna sepanjang proses pembangunan. Dengan ujian yang dilakukan selepas setiap fasa, pembangun dapat mengumpulkan input pengguna yang bernilai, membolehkan penyesuaian dilakukan berdasarkan keperluan dan kehendak pengguna akhir. Pendekatan ini juga memudahkan pengurusan risiko, kerana setiap peningkatan yang berjaya dapat dinilai dan disesuaikan sebelum meneruskan kepada fasa berikutnya. Ini bukan sahaja meningkatkan kualiti produk akhir tetapi juga mengurangkan masa dan kos pembangunan secara keseluruhan.

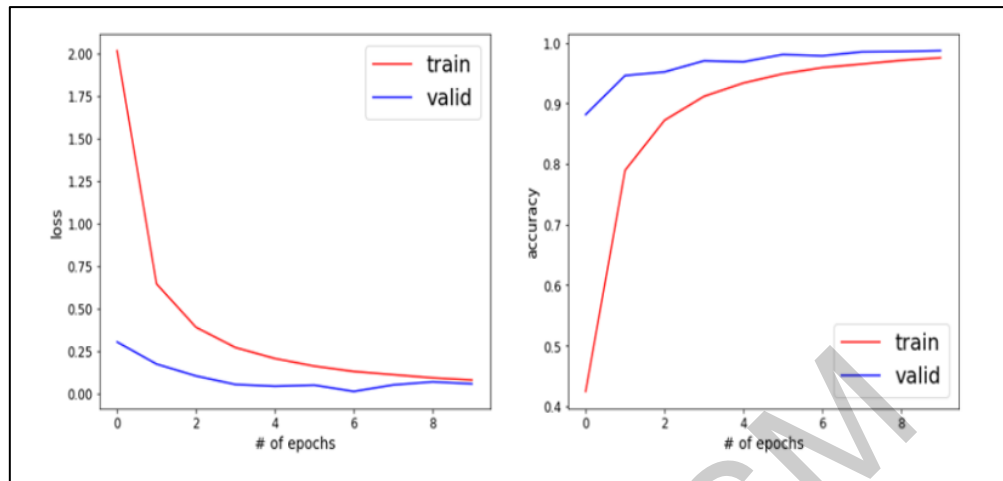
KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Aplikasi ini dibangun menggunakan platform *Flutter* iaitu kit pembangunan perisian antara muka sumber terbuka yang dicipta oleh *Google*. Bahasa pengaturcaraan yang digunakan ialah *Dart* dan *Visual Studio Code* telah dipilih sebagai *Integrated Development Environment (IDE)*. Bagi mencapai objektif projek, beberapa modul utama telah dibangun secara berperingkat berdasarkan model *Incremental Development*. Modul yang telah diimplementasi termasuk modul Pengesahan Pengguna, yang merangkumi fungsi log masuk, pendaftaran, dan log keluar menggunakan *Firebase Authentication*. Seterusnya, modul Terjemahan Dua Hala telah dibina bagi menyokong proses penterjemahan masa nyata daripada BIM ke teks dan daripada teks ke BIM melalui penggunaan kamera model AI, dan sistem paparan imej bahasa isyarat. Modul Latihan Interaktif pula menyediakan latihan berperingkat, daripada tahap *beginner* hingga *advanced*, bagi membantu pengguna mempelajari dan menguji kefahaman mereka terhadap isyarat BIM. Selain itu, aplikasi ini turut menyertakan modul Statistik dan Laporan Penggunaan, yang membolehkan pengguna dan admin menjejak jumlah terjemahan, skor kuiz, serta aktiviti pembelajaran. Akhir sekali, fungsi luar talian turut dibangun menggunakan *SQLite* untuk membolehkan pengguna mengakses data penting seperti korpus BIM walaupun tanpa sambungan internet.

Google Firebase digunakan sebagai platform *backend* utama yang merangkumi sistem autentikasi pengguna, simpanan awan melalui *Firestore*, dan pengurusan kandungan dinamik. Model klasifikasi AI dibangun menggunakan algoritma CNN melalui rangka kerja *TensorFlow*, dan kemudiannya ditukar ke format *TensorFlow Lite* (TFLite) bagi membolehkan inferens dilakukan secara tempatan pada peranti mudah alih tanpa memerlukan sambungan internet.

Prestasi Model CNN

Model CNN menunjukkan prestasi yang memberangsangkan selepas melalui proses latihan menggunakan dataset Bahasa Isyarat Malaysia yang merangkumi 26,000 imej. Berdasarkan set ujian, model berjaya mencapai ketepatan sebanyak 96.3%, menjadikannya sesuai untuk aplikasi dunia sebenar. Rajah 1 di bawah menunjukkan graf kerugian (*loss*) dan ketepatan (*accuracy*) sepanjang 10 epoch latihan yang dijalankan menggunakan rangka kerja *TensorFlow*.



Rajah 1 Graf Kerugian dan Ketepatan Model CNN Sepanjang Latihan

Selain itu, purata masa inferens bagi setiap imej tangan adalah sekitar 1.2 saat, menjadikannya cukup efisien untuk aplikasi masa nyata. Ujian lanjut menunjukkan model ini konsisten dan stabil, walaupun diuji dalam pelbagai keadaan seperti pencahayaan berbeza, latar belakang yang kompleks, variasi warna kulit, dan sudut kamera yang berbeza. Prestasi memberangsangkan ini disumbangkan oleh penggunaan strategi augmentasi data dan struktur CNN yang sesuai dalam pembangunan model.

Antara Muka Daftar Akaun

Apabila memasuki aplikasi, pengguna akan disambut dengan skrin Log Masuk. Untuk mula menggunakan aplikasi, pengguna perlu mendaftar akaun terdahulu dengan menekan butang 'Daftar Masuk'. Ini akan membawa pengguna ke halaman pendaftaran seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2. Untuk mengakses ciri penuh aplikasi, pengguna perlu mendaftar akaun terlebih dahulu dengan mengisi maklumat peribadi mereka iaitu nama, emel, dan kata laluan. Ruang input disediakan dengan label yang jelas dan reka bentuk mesra pengguna bagi memastikan proses pendaftaran berjalan lancar.

Selepas semua maklumat diisi, pengguna boleh menekan butang 'Daftar Masuk' untuk menghantar maklumat ke sistem. Sekiranya semua input adalah sah, akaun akan didaftarkan melalui platform Firebase dan pengguna akan diberi maklum balas melalui paparan dialog kejayaan. Jika pengguna telah mempunyai akaun, mereka boleh menekan pautan 'Log Masuk' yang terletak di bahagian bawah skrin untuk dibawa ke halaman log masuk.



Daftar Masuk

Sudah ada akaun? [Log Masuk](#)

Rajah 2 Antara Muka Daftar Akaun

Antara Muka Log Masuk

Apabila pengguna telah mendaftarkan akaun, mereka akan dipaparkan skrin log masuk sekali lagi. Antara muka untuk skrin log masuk adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3, di mana pengguna boleh menggunakan e-mel dan kata laluan akaun mereka untuk log masuk ke dalam aplikasi.



Log Masuk

[Lupa kata laluan? Tekan sini!](#)

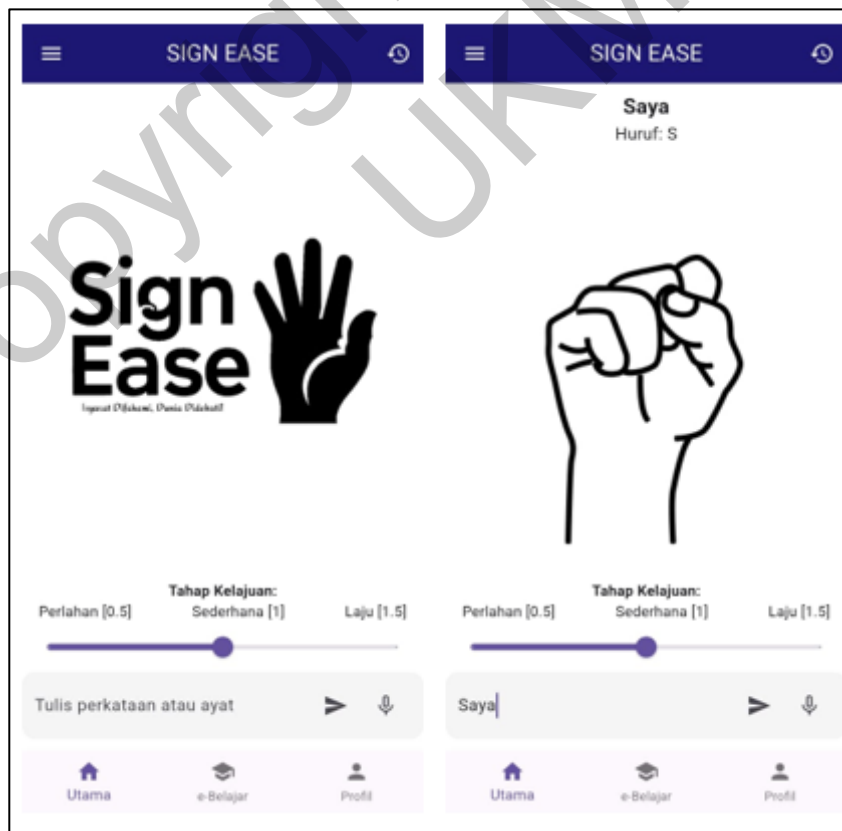
Belum ada akaun? [Daftar Sekarang!](#)

Rajah 3 Antara Muka Log Masuk

Antara Muka Terjemahan Teks ke BIM

Aplikasi ini akan memaparkan laman utama setelah pengguna berjaya log masuk ke dalam sistem. Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4, antara muka laman utama Sign Ease direka bentuk secara mesra pengguna, dengan tumpuan kepada fungsi terjemahan teks kepada isyarat menggunakan BIM. Pada bahagian atas antara muka, pengguna boleh melihat nama aplikasi “SIGN EASE” yang dipaparkan dengan jelas, disertakan dengan ikon menu pantas di sebelah kiri dan ikon sejarah terjemahan di sebelah kanan. Tiga butang navigasi utama disusun di bahagian bawah skrin, iaitu 'Utama', 'e-Belajar', dan 'Profil', yang membolehkan pengguna menukar antara tab fungsi yang berbeza dengan mudah. Di tengah antara muka, pengguna boleh menaip atau mengucapkan teks yang ingin diterjemahkan. Aplikasi akan memaparkan setiap huruf dalam bentuk isyarat tangan secara beranimasi, satu demi satu. Pengguna juga boleh melaras kelajuan animasi dengan memilih tahap “Perlahan”, “Sederhana”, atau “Laju” menggunakan peluncur (slider) yang disediakan.

Setiap kali satu huruf dipaparkan, nama huruf tersebut turut dinyatakan di atas gambar isyarat tangan, memudahkan pengguna mengikuti terjemahan dengan jelas. Aplikasi juga menyokong input suara, di mana pengguna hanya perlu menekan ikon mikrofon untuk membolehkan sistem mengenal pasti suara dan menukarnya kepada teks secara automatik. Antara muka ini juga menyediakan fungsi sejarah terjemahan, yang boleh diakses melalui ikon jam di penjuru atas kanan. Sejarah ini membolehkan pengguna mengulang kembali teks terdahulu dengan mudah.

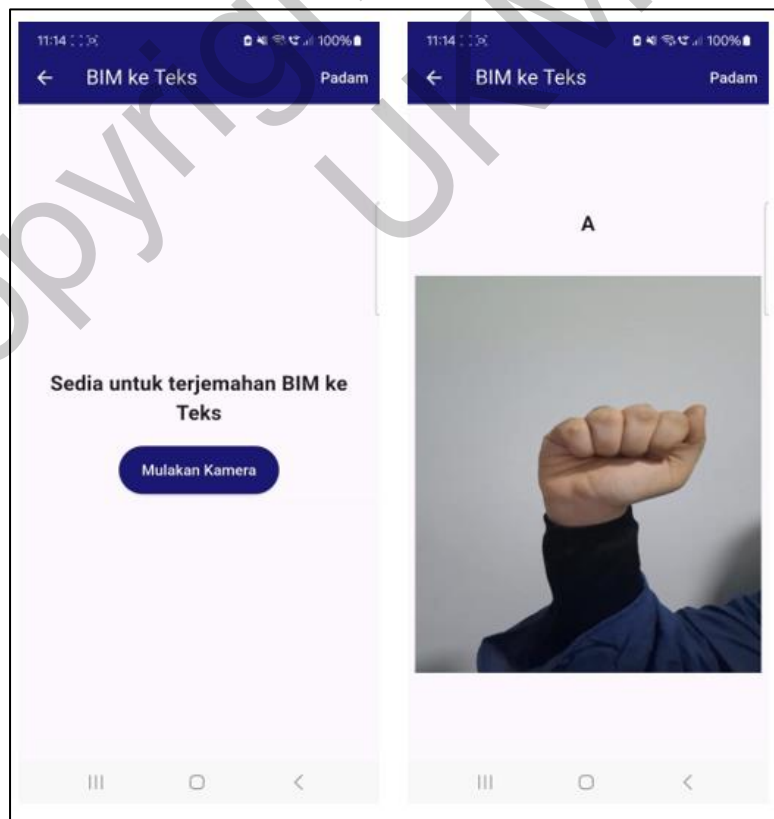


Rajah 4 Antara Muka Terjemahan Teks ke BIM

Antara Muka Terjemahan BIM ke Teks

Aplikasi ini turut menyediakan fungsi terjemahan BIM ke Teks, yang boleh diakses melalui menu utama. Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5, antara muka halaman ini direka secara ringkas dan intuitif bagi membolehkan pengguna membuat pengesanan isyarat tangan secara masa nyata menggunakan kamera peranti. Pada peringkat permulaan, pengguna akan melihat mesej “Sedia untuk terjemahan BIM ke Teks” bersama dengan butang “Mulakan Kamera”. Setelah pengguna menekan butang ini dan memberikan kebenaran untuk mengakses kamera, aplikasi akan mengaktifkan kamera hadapan untuk mengenal pasti isyarat tangan pengguna.

Antara muka akan memaparkan paparan kamera secara langsung bersama hasil huruf yang dikenal pasti daripada isyarat tangan tersebut, seperti huruf “A” yang ditunjukkan dalam Rajah 5. Proses pengesanan ini menggunakan model CNN terbina dalam yang berupaya mengesan huruf dengan kadar keyakinan yang tinggi. Jika aplikasi berjaya mengesan huruf secara konsisten, ia akan memaparkan hasil huruf tersebut di atas paparan kamera. Bagi mengelakkan pengesanan yang tidak stabil, sistem hanya akan memaparkan huruf setelah tiga bacaan berturut-turut memberikan hasil yang sama dan melebihi tahap keyakinan tertentu. Sekiranya tiada isyarat yang dapat dikenalpasti dalam tempoh tertentu, aplikasi akan memaparkan mesej "Tidak dapat dikesan" bagi memaklumkan kepada pengguna bahawa tiada pengesanan huruf sedang berlaku. Pengguna juga boleh menetapkan semula paparan dengan menekan butang “Padam” di penjuru atas kanan untuk memulakan semula sesi pengesanan.



Rajah 5 Antara Muka Terjemahan BIM ke Teks

Antara Muka Pemilihan Mod Pembelajaran

Aplikasi ini turut menawarkan fungsi pembelajaran interaktif yang boleh diakses melalui tab *e-Belajar* pada menu bawah antara muka utama. Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6, halaman “Mod Pembelajaran” membolehkan pengguna memilih antara dua mod utama iaitu Pembelajaran dan Kuiz. Antara muka halaman ini direka bentuk secara minimalis dan jelas, dengan susun atur butang yang mudah difahami serta warna tema yang konsisten.

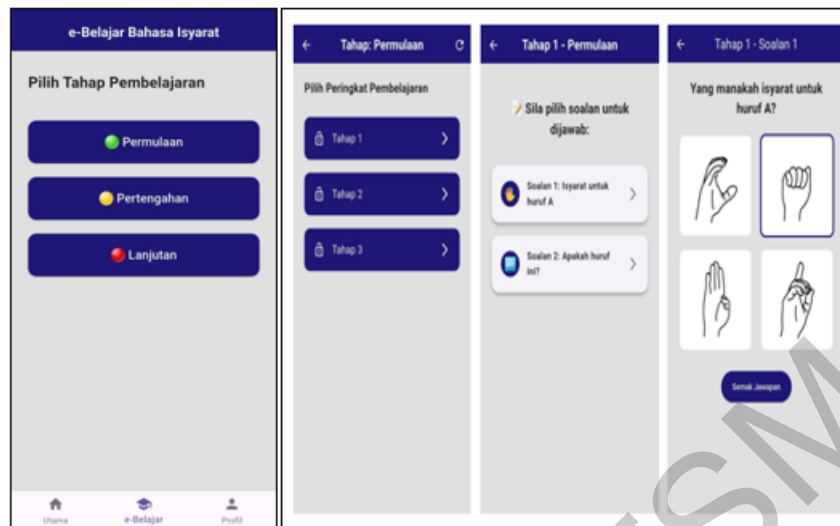
Pada bahagian atas skrin, tajuk halaman “Mod Pembelajaran” dipaparkan dengan jelas, diikuti arahan “Pilih mod anda” bagi membimbing pengguna. Dua butang utama disediakan, satu untuk mod Pembelajaran yang akan membawa pengguna ke halaman latihan asas pengenalan isyarat tangan dan satu lagi untuk mod Kuiz yang menguji pemahaman pengguna melalui aktiviti interaktif berdasarkan isyarat yang telah dipelajari. Pemilihan mod dibuat dengan hanya menekan butang yang berkaitan, dan sistem akan menavigasi pengguna ke halaman seterusnya secara automatik.



Rajah 6 Antara muka pemilihan Mod Pembelajaran

Antara Muka Latihan Interaktif

Rajah 7 menunjukkan langkah-langkah dalam fungsi kuiz interaktif aplikasi. Pengguna boleh memilih tahap pembelajaran (Permulaan, Pertengahan, atau Lanjutan), diikuti dengan pemilihan peringkat soalan, dan seterusnya menjawab soalan berkaitan isyarat tangan. Setiap soalan disertakan dengan pilihan jawapan visual dalam bentuk isyarat tangan, menjadikan proses pembelajaran lebih mudah difahami dan menyeronokkan.



Rajah 7 Antara muka Latihan Interaktif

Antara Muka Pembelajaran Bahasa Isyarat

Setelah memilih mod Pembelajaran dalam halaman “Mod Pembelajaran”, pengguna akan dibawa ke halaman pembelajaran interaktif seperti yang dipaparkan dalam Rajah 8. Dalam paparan ini, pengguna boleh memilih peringkat pembelajaran berdasarkan tahap iaitu Permulaan, Pertengahan, atau Lanjutan. Antara muka ini direka dengan susun atur yang teratur dan ikon visual yang menarik untuk memudahkan pengguna membuat pemilihan topik pembelajaran. Bagi tahap Permulaan, pengguna ditawarkan lima kategori asas untuk dipelajari iaitu Abjad, Nombor, Warna, Bulan, dan Hari. Setiap kategori diwakili oleh ikon yang relevan serta teks penerangan yang jelas. Dengan menekan mana-mana kategori, pengguna akan dibawa ke halaman pembelajaran yang lebih terperinci untuk melihat dan mempelajari isyarat tangan berkaitan dengan topik tersebut.

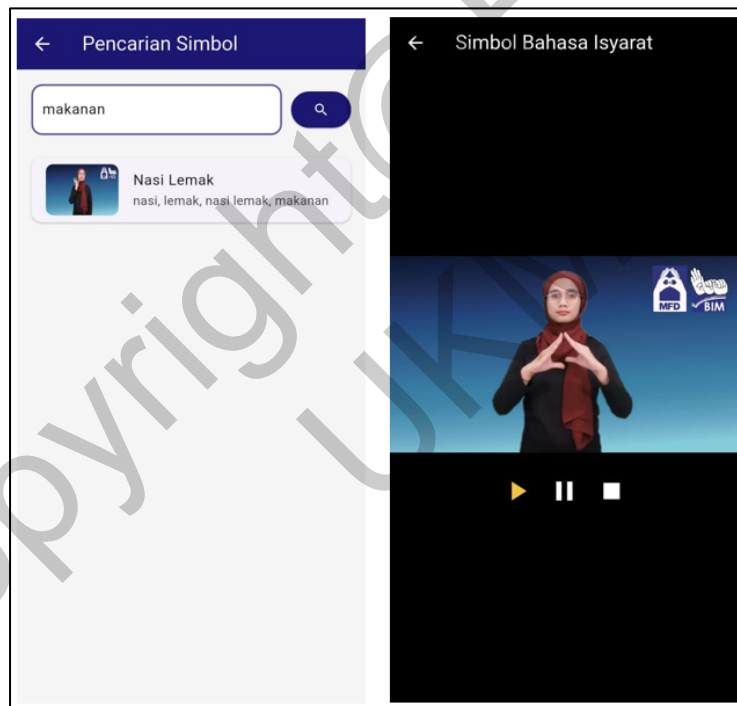


Rajah 8 Antara Muka Pembelajaran Bahasa Isyarat

Antara Muka Pencarian Simbol Bahasa Isyarat

Aplikasi ini turut menawarkan fungsi Pencarian Simbol, yang membolehkan pengguna mencari dan melihat isyarat tangan BIM berdasarkan kata kunci tertentu. Fungsi ini boleh diakses melalui menu utama aplikasi dan amat berguna untuk pengguna yang ingin mendapatkan makna isyarat tertentu dengan cepat. Seperti yang dipaparkan dalam Rajah 9, antara muka halaman ini direka secara ringkas dan intuitif. Di bahagian atas skrin, pengguna boleh memasukkan kata kunci, seperti “makanan” ke dalam medan carian. Setelah butang carian ditekan, aplikasi akan memaparkan hasil yang sepadan berdasarkan tag yang telah ditetapkan untuk setiap simbol isyarat.

Sebagai contoh, kata kunci “makanan” memaparkan hasil “Nasi Lemak”, lengkap dengan lakaran video mini. Apabila pengguna menekan video tersebut, aplikasi akan menavigasi ke halaman paparan video penuh yang menunjukkan demonstrasi isyarat tangan oleh jurubahasa dalam format video seperti yang ditunjukkan di sebelah kanan Rajah 9. Pengguna boleh mengawal video ini dengan butang *play*, *pause*, dan *stop*.

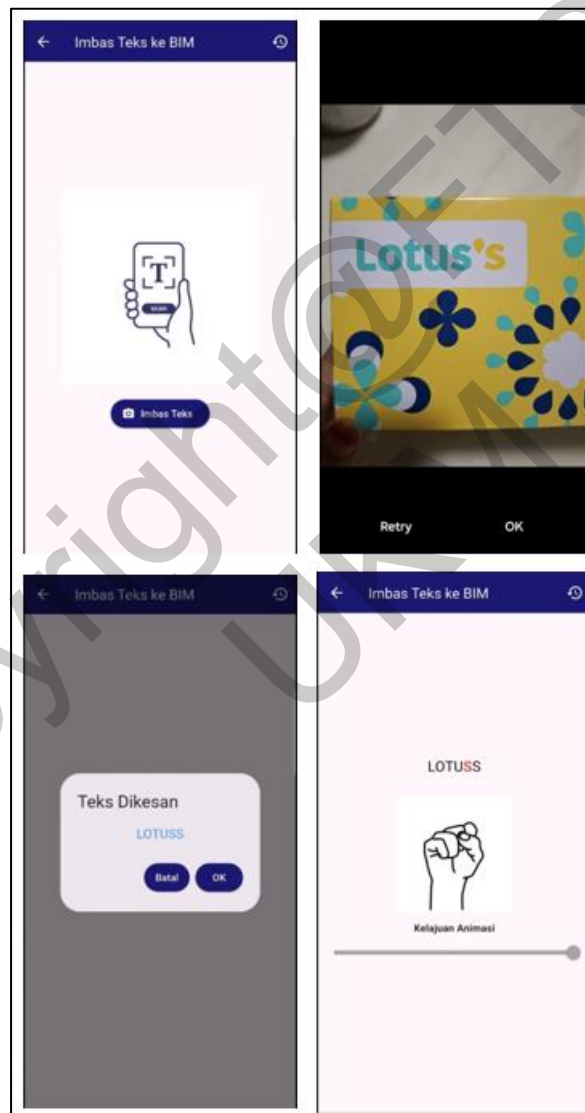


Rajah 9 Antara muka Pencarian Simbol Bahasa Isyarat

Antara Muka Imbas Teks ke BIM

Selain daripada fungsi terjemahan BIM ke Teks, aplikasi ini juga menyediakan fungsi “Imbas Teks ke BIM” yang membolehkan pengguna menukar perkataan bercetak (teks dalam imej) kepada isyarat tangan BIM. Fungsi ini boleh dicapai melalui menu utama dan direka untuk memudahkan pengguna memahami makna perkataan bertulis dalam bentuk isyarat tangan. Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 10, pengguna akan diberikan paparan awal yang mengandungi ilustrasi dan butang “Imbas Teks”. Setelah pengguna menekan butang ini, aplikasi akan mengaktifkan kamera peranti untuk membolehkan pengguna menangkap imej yang mengandungi teks.

Sebaik sahaja gambar diambil, sistem akan memproses imej tersebut dan menggunakan teknologi pengecaman aksara optik (OCR) berasaskan *Google ML Kit* untuk mengesan teks dalam imej. Jika teks berjaya dikesan, aplikasi akan memaparkan dialog pengesahan bersama teks yang dijumpai (contohnya “LOTUSS”) dan meminta pengguna untuk mengesahkan hasil bacaan sebelum diteruskan ke peringkat seterusnya. Setelah disahkan, perkataan tersebut akan dipecahkan kepada huruf individu dan dipaparkan sebagai animasi isyarat tangan BIM berdasarkan huruf demi huruf. Pengguna boleh melihat animasi isyarat bagi setiap huruf, dan huruf semasa yang sedang dipaparkan akan diserlahkan dengan warna merah seperti yang ditunjukkan dalam paparan bawah kanan Rajah 10. Pengguna turut boleh mengawal kelajuan animasi dengan menggunakan pelaras kelajuan (slider) yang disediakan.



Rajah 10 Antara muka Imbas Teks ke BIM

Antara Muka Penjanaan dan Muat Turun Laporan Penggunaan

Rajah 11 menunjukkan antara muka laporan statistik penggunaan aplikasi yang memaparkan maklumat seperti jumlah terjemahan, aktiviti modul yang telah diselesaikan, dan masa penggunaan. Statistik ini digambarkan dalam bentuk graf pai berwarna untuk memudahkan

pemahaman visual, manakala maklumat terperinci ditunjukkan dalam bentuk senarai di bawahnya. Pengguna boleh menjana dan memuat turun laporan dalam bentuk PDF yang mengandungi butiran seperti nama, e-mel, tarikh laporan, dan ringkasan aktiviti. Fungsi ini membolehkan pengguna menilai tahap penglibatan mereka serta berkongsi laporan untuk tujuan pembelajaran atau pemantauan prestasi.



Rajah 11 Antara muka Penjanaaan Dan Muat Turun Laporan Penggunaan

Pengujian Kebolehgunaan

Soal selidik pengujian dijalankan bagi mengetahui tentang pengalaman menggunakan system dan kepuasan hati oleh pengguna. Seramai 30 responden dipilih secara rawak yang terdiri daripada komuniti pekak dan golongan biasa untuk menyertai pengujian ini. Dari segi latar belakang pekerjaan dan umur, majoriti responden terdiri daripada pelajar sekolah berumur kurang daripada 18 tahun, pelajar universiti berumur antara 18 hingga 24 tahun, disertai oleh individu yang bekerja dalam sektor kerajaan berumur 30 tahun, serta seorang freelancer berumur 27 tahun. Dari segi tahap kemahiran teknologi, sebahagian responden mempunyai pengalaman asas dalam menggunakan aplikasi mudah alih, manakala yang lain kurang mahir dan jarang menggunakan aplikasi interaktif seperti ini. Profil ini dipilih bagi mewakili kepelbagaian pengguna sasaran dan memberi gambaran lebih tepat terhadap kebolehgunaan aplikasi dalam pelbagai situasi sebenar. Mereka diminta untuk mencuba aplikasi terlebih dahulu dan seterusnya memberikan maklum balas secara terus melalui soal selidik tersebut.

Berdasarkan Jadual 1, sebanyak 53.3% daripada keseluruhan responden adalah lelaki, manakala 46.7% lagi adalah perempuan. Jumlah keseluruhan responden yang terlibat dalam

kajian ini ialah 30 orang, terdiri daripada komuniti pekak dan pengguna biasa.

Jadual 1 Maklumat Demografi Responden (Jantina)

Faktor Demografi		Bilangan	Peratus (%)
Jantina	Lelaki	16	53.3
	Perempuan	14	46.7

Jadual 2 menunjukkan peratusan tertinggi bagi kategori umur responden adalah dalam lingkungan 18 hingga 25 tahun, iaitu sebanyak 40% daripada keseluruhan 30 orang responden. Ini diikuti oleh dua kumpulan umur yang sama peratusannya, iaitu 26 hingga 35 tahun dan 36 tahun ke atas, masing-masing mewakili 23.3%. Sementara itu, seramai 4 orang responden (13.3%) terdiri daripada golongan berumur kurang daripada 18 tahun. Bilangan ini menunjukkan bahawa majoriti responden terdiri daripada golongan muda, khususnya pelajar universiti.

Jadual 2 Maklumat Demografi Responden (Umur)

Peringkat umur (tahun)	Bilangan	Peratus (%)
Kurang daripada 18 tahun	4	13.3
18 – 25	12	40
26 – 35	7	23.3
36 tahun ke atas	7	23.3

Merujuk kepada Jadual 3, separuh daripada keseluruhan responden iaitu 50% terdiri daripada komuniti pekak, manakala baki 50% lagi merupakan pengguna biasa. Taburan yang seimbang ini membolehkan penilaian terhadap aplikasi dibuat secara adil daripada perspektif dua kumpulan pengguna yang berbeza.

Jadual 3 Maklumat Demografi Responden (Status Pengguna)

Faktor Demografi		Bilangan	Peratus (%)
Status Pengguna	Komuniti Pekak	15	50
	Pengguna Biasa	15	50

Jadual 4 menunjukkan maklum balas pengguna terhadap reka bentuk antaramuka aplikasi, yang secara keseluruhan menerima penilaian yang sangat positif. Majoriti responden bersetuju atau sangat bersetuju bahawa paparan antaramuka kelihatan kemas dan konsisten (96.7%), dengan tiada yang tidak bersetuju. Kombinasi warna juga mendapat penerimaan sepenuhnya, di mana 100% responden bersetuju bahawa ia sesuai dan tidak menyakitkan

mata. Selain itu, susun atur ikon, teks, dan butang dinilai sebagai teratur dan mudah dicapai oleh semua responden. Ikon dan simbol yang digunakan dianggap jelas serta mudah difahami oleh 100% responden, dan teks serta maklumat dipaparkan dengan jelas menurut 96.7% responden. Keseluruhannya, reka bentuk antara muka dianggap mesra pengguna dan tidak mengelirukan, dengan kesemua responden memberikan maklum balas positif. Data ini menunjukkan bahawa antaramuka aplikasi memenuhi jangkaan pengguna dari segi estetika, kejelasan, dan kebolehgunaan.

Jadual 4 Paparan Antaramuka Aplikasi

Soalan	Sangat Tidak Setuju	Tidak Setuju	Tidak Pasti	Setuju	Sangat Setuju
Paparan antaramuka aplikasi kelihatan kemas dan konsisten	0	0	1 (3.3%)	12 (40.0%)	17 (56.7%)
Kombinasi warna yang digunakan sesuai dan tidak menyakitkan mata	0	0	0	15 (50%)	15 (50%)
Susun atur ikon, teks dan butang teratur serta mudah dicapai	0	0	0	15 (50%)	15 (50%)
Ikon dan simbol yang digunakan jelas serta mudah difahami	0	0	0	13 (43.3%)	17 (56.7%)
Teks dan maklumat yang dipaparkan mudah dibaca dan difahami	0	0	1 (3.3%)	16 (53.3%)	13 (43.3%)
Reka bentuk antara muka mesra pengguna dan tidak mengelirukan	0	0	0	13 (43.3%)	17 (56.7%)

Jadual 5 memperlihatkan tahap kepuasan pengguna terhadap kefungsian aplikasi, dengan majoriti memberikan maklum balas positif terhadap setiap fungsi yang dinilai. Fungsi log masuk dan pendaftaran pengguna menunjukkan keberkesanan tinggi dengan 100% responden menyatakan ia berfungsi dengan baik. Fungsi utama seperti terjemahan Bahasa Isyarat ke Teks dan sebaliknya juga mendapat penilaian positif, walaupun terdapat sedikit ketidakpastian dalam kalangan segelintir pengguna (10% dan 3.3%). Fungsi latihan interaktif BIM serta carian simbol menerima sokongan kuat, menunjukkan peranannya yang efektif dalam membantu pembelajaran dan navigasi. Fungsi pengimbasan teks ke BIM juga dinilai positif oleh 93.4% responden, dan keupayaan aplikasi untuk berfungsi dalam mod luar talian turut dihargai oleh 90% pengguna. Secara keseluruhan, 100% pengguna bersetuju bahawa

aplikasi ini mesra pengguna dan mudah difahami, membuktikan bahawa kefungsiian aplikasi berjaya memenuhi keperluan serta jangkaan pengguna dengan baik.

Jadual 5 Kefungsiian Aplikasi

Soalan	Sangat Tidak Setuju	Tidak Setuju	Tidak Pasti	Setuju	Sangat Setuju
Fungsi log masuk dan pendaftaran pengguna berfungsi dengan baik	0	0	0	16 (53.3%)	14 (46.7%)
Fungsi terjemahan Bahasa Isyarat ke Teks berfungsi dengan tepat dan lancar	0	0	3 (10.0%)	16 (53.3%)	11 (36.7%)
Fungsi terjemahan Teks ke Bahasa Isyarat dapat digunakan dengan mudah	0	0	1 (3.3%)	15 (50%)	14 (46.7%)
Fungsi latihan interaktif BIM membantu dalam pembelajaran bahasa isyarat	0	0	0	15 (50%)	15 (50%)
Fungsi carian simbol BIM memudahkan saya mencari isyarat yang dikehendaki	0	0	1 (3.3%)	17 (56.7%)	12 (40%)
Fungsi pengimbasan teks ke BIM berfungsi dan memberi hasil yang tepat	0	0	2 (6.7%)	14 (46.7%)	14 (46.7%)
Fungsi luar talian (offline) boleh digunakan walaupun tanpa sambungan internet	0	0	3 (10.0%)	13 (43.3%)	14 (46.7%)
Secara keseluruhan, aplikasi ini mesra pengguna dan mudah difahami	0	0	0	12 (40.0%)	18 (60.0%)

Cadangan Penambahbaikan

Beberapa cadangan penambahbaikan dicadangkan berdasarkan maklum balas pengguna serta kekangan yang dikenalpasti. Pertama, dataset BIM perlu diperluaskan dan diperkayakan untuk merangkumi lebih banyak variasi dialek tempatan, ekspresi wajah, serta konteks penggunaan harian bagi meningkatkan ketepatan model AI. Selain itu, pengenalan avatar 3D interaktif bagi terjemahan teks ke BIM akan menjadikan penyampaian lebih mesra pengguna dan mudah difahami. Fungsi pembelajaran juga boleh ditambah baik dengan gamifikasi, termasuk ujian, kuiz interaktif, dan sijil digital yang akan memotivasikan pengguna mempelajari BIM secara berstruktur. Di samping itu, sistem keselamatan aplikasi perlu dipertingkatkan dengan pematuhan kepada garis panduan perlindungan data seperti *GDPR* atau *PDPA* bagi memastikan privasi pengguna sentiasa terjamin. Untuk memperluas capaian, aplikasi juga disarankan untuk dibangunkan dalam versi berasaskan web bagi memudahkan akses daripada pelbagai jenis peranti.

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, projek ini telah mencapai objektif utama iaitu membangunkan aplikasi mudah alih yang berupaya menterjemah bahasa isyarat dan teks secara dua hala dengan sokongan variasi tempatan serta fungsi luar talian. Aplikasi ini turut menyediakan latihan interaktif dan laporan penggunaan yang dapat dimanfaatkan oleh pelbagai lapisan pengguna, termasuk komuniti pekak, pelajar, dan golongan profesional. Projek ini membuktikan bahawa teknologi kecerdasan buatan boleh dimanfaatkan secara efektif untuk menyokong komunikasi yang lebih inklusif di Malaysia. Dengan penambahbaikan berterusan dari aspek teknikal, kandungan dataset, dan pengalaman pengguna, aplikasi ini berpotensi untuk berkembang sebagai alat penting dalam menyokong akses golongan kurang upaya terhadap perkhidmatan dan interaksi sosial. Diharapkan projek ini menjadi asas kepada penyelidikan lanjutan serta pembangunan sistem pintar yang lebih menyeluruh dalam menyokong agenda inklusiviti digital negara.

Kekuatan Sistem

Aplikasi ini mempunyai beberapa kekuatan utama, antaranya ialah keupayaan menjalankan terjemahan dua hala secara masa nyata dengan tahap ketepatan yang memuaskan. Ia turut menyokong penggunaan luar talian (offline), menjadikannya sesuai digunakan di kawasan dengan sambungan internet yang terhad. Selain itu, aplikasi ini menyediakan modul latihan interaktif BIM dan fungsi penjaan laporan penggunaan, yang membolehkan pengguna memantau tahap kemahiran dan penggunaan mereka dari semasa ke semasa. Penggunaan teknologi pembelajaran mesin (machine learning) juga merupakan satu kelebihan, di mana sistem mampu mengenal pasti pelbagai variasi isyarat asas dengan baik.

Kelemahan Sistem

Antara kelemahan yang dikenal pasti termasuk kekurangan dataset BIM yang berkualiti dan menyeluruh, yang membataskan keupayaan model AI untuk mengenal pasti isyarat kompleks dan variasi dialek tempatan. Selain itu, ketepatan terjemahan dalam situasi sebenar masih memerlukan pengujian yang lebih meluas. Isu keselamatan dan privasi data pengguna turut

menjadi cabaran penting, khususnya melibatkan penggunaan kamera dan penyimpanan maklumat peribadi. Di samping itu, kekangan dari segi masa dan sumber telah menghadkan skop pengujian aplikasi dalam pelbagai situasi penggunaan sebenar.

PENGHARGAAN

Segala pujian bagi Allah atas kurniaan ilhamNya di sepanjang berlangsungnya perancangan dan pembangunan bagi projek ini.

Penulis kajian ini ingin ucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Maryati Binti Mohd. Yusof, penyelia penulis kajian ini yang telah memberi tunjuk ajar serta bimbingan untuk menyiapkan projek ini dengan jayanya.

Penulis kajian ini juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu secara langsung mahupun tidak langsung dalam menyempurnakan projek ini. Segala bantuan yang telah dihulurkan amatlah dihargai kerana tanpa bantuan mereka, projek ini tidak dapat dilaksanakan dengan baik. Semoga tuhan merahmati dan memberikan balasan yang terbaik.

RUJUKAN

- Abdul Mannan, Ahmed Abbasi, Abdul Rehman Javed, Anam Ahsan, Thippa Reddy Gadekallu & Qin Xin. 2022. Hypertuned Deep Convolutional Neural Network for Sign Language Recognition.
- Anantha Rao, G, Syamala, K., Kishore, P.V.V. & Sastry, A.S.C.S. 2018. Deep Convolutional Neural Networks for Sign Language Recognition.
- Ankita Wadhawan & Parteek Kumar. 2021. Deep learning-based sign language recognition system for static signs.
- Chaudhary, L., Ananthanarayana, T., Hoq, E. & Nwogu, I. 2022. SignNet II: A Transformer-Based Two-Way Sign Language Translation Model. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
- Chaudhary, R., Yadav, S. & Prakash, A. 2022. Transformer-based models for bidirectional ASL-English translation. *MDPI Journal*.
- Dabwan, B. 2020. Convolutional Neural Network-Based Sign Language Translation System. *International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS)* 9: 47–57.
- Google Play Store. 2024. ASL Translator. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.asltranslator&hl=en> [7 Disember 2024]
- Google Play. 2024. Sign Language AI: Real-Time Translation Tool. https://play.google.com/store/apps/details?id=ai.terp.www.twa&hl=en_US [7 Disember 2024]

- HandTalk. 2024. HandTalk Translator. <https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.handtalk&hl=en&pli=1> [7 Desember 2024]
- Hossen, M.A., Arun Govindaiah, Sadia Sultana & Alauddin Bhuiyan. 2018. Bengali Sign Language Recognition Using Deep Convolutional Neural Network.
- Imran, A., Thaim, M., Sazali, N., Kadirgama, K., Jamaludin, A.S. & Turan, F. 2023. Smart Glove for Sign Language Translation. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*.
- Jie Huang, Wengang Zhou, Qilin Zhang, Houqiang Li & Weiping Li. 2018. Video-Based Sign Language Recognition without Temporal Segmentation. *AAAI-18*.
- Kasapbaşı, A., Ahmed Elbushra, A.E., Al-Hardanee, O. & Yılmaz, A. 2022. DeepASLR: A CNN based human computer interface for American Sign Language recognition for hearing-impaired individuals. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update* 2: 100048. <https://doi.org/10.1016/j.cmpbup.2021.100048>
- Kshitij Bantupalli & Ying Xie. 2018. American Sign language identification using Deep Learning and Computer Vision. *IEEE*.
- Lean Karlo S. Tolentino, Ronnie O. Serfa Juan, August C. Thio-ac, Maria Abigail B. Pamahoy, Joni Rose R. Fortezaz & Xavier Jet O. Garcia. 2019. Sign language identification using Deep Learning. *IJMLC*.
- Li, X., Yang, S. & Guo, H. 2023. Application of virtual human sign language translation based on speech recognition. *Speech Communication* 152: 102951.
- MDPI. (2024). ASL to English Translator: A Deep Learning Approach to Sign Language Translation. *MDPI Journal* 9(4): 203–212.
- Moryossef, A. 2023. sign.mt: Real-Time Multilingual Sign Language Translation Application. *ArXiv*.
- Obi, Y., Claudio, K.S., Budiman, V.M., Achmad, S. & Kurniawan, A. 2023. Sign language recognition system for communicating to people with disabilities. *Procedia Computer Science* 216: 13–20.
- Patel, B. 2023. What is a model view controller? An overview of its role. Dicapai pada daripada <https://www.spaceotechnologies.com/glossary/tech-terms/what-is-model-view-controller/> [13 Desember 2023]
- Peterson, R. 2023. Database Design in DBMS Tutorial: Learn Data Modeling <https://www.guru99.com/database-design.html> [2 Januari 2024]
- SLAIT. 2024. Gesture Recognition for Sign Language Translation. *SLAIT Technologies* 18(3): 150–161.
- Sonare, B., Padgal, A., Gaikwad, Y. & Patil, A. 2021. Video-Based Sign Language Translation System Using Machine Learning. *Prosiding 2021 2nd International Conference for Emerging Technology (INCET)*, hlm. 1–5.

- Sruthi, C.J. & Lijiya, A., 2019. Signet: A Deep Learning based Indian Sign Language Recognition System. *IEEE*.
- Stanford University. 2024. Sign Language Recognition with Convolutional Neural Networks. <https://cs231n.stanford.edu/2024/papers/sign-language-recognition-with-convolutional-neural-networks.pdf> [25 Julai 2025].
- Stoll, S., Camgoz, N.C., Hadfield, S. & Bowden, R. 2020. Text2Sign: towards sign language production using neural machine translation and generative adversarial networks. *International Journal of Computer Vision* 128(4): 891–908.
- Strobel, G., Schoormann, T., Banh, L. & Möller, F. 2023. Artificial Intelligence for Sign Language Translation - A Design Science Research Study. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/370215194_Artificial_Intelligence_for_Sign_Language_Translation_-_A_Design_Science_Research_Study [7 Disember 2024]
- Tiku, K., Maloo, J., Ramesh, A. & Indra, R. 2020. Real-time conversion of sign language to text and speech. *2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA), IEEE*, hlm. 346–351.
- Verma, A. 2023. Benefit of using MVC. <https://www.geeksforgeeks.org/benefit-of-using-mvc/> [20 Disember 2023]
- Wisequarter. 2023. What Is An Algorithm Design. <https://wisequarter.com/what-is-an-algorithm-design/> [4 Januari 2024]
- World Health Organization. 2023. *Deafness and hearing loss*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> [26 Oktober 2024]
- Wu, X.-P., Luo, X., Song, Z., Bai, Y.-Y., Zhang, B. & Zhang, G.-P. 2023. Ultra - Robust and Sensitive Flexible Strain Sensor for Real - Time and Wearable Sign Language Translation. *Advanced Functional Materials*.
- Zhou, H., Zhou, W., Qi, W., Pu, J. & Li, H. 2021. Improving sign language translation with monolingual data by sign back-translation. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, hlm. 1316–1325.

Nur Hasenah Binti Ajmal Ibrahim (A197287)
 Prof. Madya Dr. Maryati Binti Mohd. Yusof
 Fakulti Teknologi & Sains Maklumat
 Universiti Kebangsaan Malaysia