

FRESH SMART: APLIKASI MUDAH ALIH UNTUK MENENTUKAN TAHAP KESEGARAN BAHAN MENTAH BERASASKAN PROTEIN HAIWAN MENGGUNAKAN REALITI TERIMBUH

¹Fatini Nadhirah Mohamad Adhar, ¹Dr. Siti Zahidah Abdullah

¹Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

43600 Universiti Kebangsaan Malaysia

Abstrak

Permintaan terhadap bahan mentah berasaskan protein haiwan seperti ikan, ayam, daging dan hidupan laut semakin meningkat kerana ia menjadi pilihan utama dalam penyediaan makanan harian. Namun begitu, ramai pengguna menghadapi kesukaran untuk mengenal jenis bahan mentah serta menilai tahap kesegaran bahan-bahan ini semasa membeli, selain kurang mengetahui khasiat bahan mentah tersebut. Masalah ini boleh menyebabkan pembelian bahan yang tidak segar, seterusnya memberi kesan kepada kesihatan dan kualiti makanan. Oleh itu, satu aplikasi mudah alih telah dibangunkan untuk membantu pengguna mengenal jenis bahan mentah berasaskan protein haiwan dan menilai tahap kesegarannya dengan lebih mudah dan yakin. Aplikasi ini menggunakan teknologi realiti terimbuh (AR) dan model 3D untuk memaparkan maklumat secara interaktif dan menarik, di mana pengguna boleh melihat rupa bahan mentah secara maya serta membaca tanda-tanda bahan yang masih segar dan maklumat nutrisinya. Selain itu, maklum balas daripada pengguna juga akan dikumpul untuk menambah baik fungsi dan ciri aplikasi. Secara keseluruhannya, aplikasi ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan pengguna dan membantu mereka membuat pilihan pembelian yang lebih tepat dan selamat.

Kata Kunci: Aplikasi Mudah Alih, 3D Model, Realiti Terimbuh.

Abstract

The demand for animal protein-based raw materials such as fish, chicken, meat and seafood is increasing as they are the main choice in preparing daily meals. However, many consumers face difficulties in identifying the freshness of these ingredients when purchasing, in addition to not knowing the nutritional value of the raw materials. This problem can lead to the purchase of ingredients that are not fresh, which in turn affects the health and quality of food. Therefore, a mobile application has been developed to help users assess the freshness of animal protein-based raw materials more easily and confidently. This application uses augmented reality (AR) technology and 3D models to display information in an interactive and attractive way, where users can virtually see the appearance of the raw materials and read the signs of freshness and nutritional information. In

addition, feedback from users will also be collected to improve the functions and features of the application. Overall, this application aims to increase user knowledge and help them make more accurate and safe purchasing choices.

Keywords: Mobile Application, 3D Model, Augmented Reality.

1.0 PENGENALAN

Teknologi realiti terimbuh atau *Augmented Reality (AR)* merupakan satu bentuk inovasi digital yang menggabungkan elemen maya seperti imej, teks dan model tiga dimensi ke dalam persekitaran dunia nyata secara langsung dan masa nyata. Melalui penggunaan peranti mudah alih seperti telefon pintar dan tablet, AR membolehkan pengguna berinteraksi dengan maklumat visual yang dipaparkan ke atas permukaan sebenar, menjadikan pengalaman mereka lebih imersif dan informatif. Seiring dengan kemajuan dalam pembangunan perisian dan perkakasan, teknologi AR kini telah mula diterapkan dalam pelbagai bidang termasuk pendidikan, perubatan, pemasaran, industri pembuatan, dan kini, dalam bidang pemilihan makanan segar. Kajian oleh Azuma (1997) menyatakan bahawa AR bukan sahaja menggabungkan elemen fizikal dan maya dalam satu persekitaran visual, tetapi juga menyokong interaksi masa nyata yang membantu meningkatkan pemahaman pengguna terhadap objek atau maklumat yang dipaparkan.

Dalam kehidupan harian, salah satu cabaran yang sering dihadapi oleh pengguna ialah kesukaran untuk mengenal pasti kesegaran bahan mentah berasaskan protein haiwan seperti ikan, ayam, daging dan makanan laut ketika membeli di pasar atau kedai runcit. Penilaian biasanya dibuat secara subjektif berdasarkan pemerhatian terhadap warna, bau dan tekstur, namun tidak semua pengguna mempunyai pengetahuan atau pengalaman yang cukup untuk membuat penilaian tepat (Zhou et al., 2020). Kekeliruan atau salah tafsir terhadap tanda-tanda kesegaran boleh membawa kepada pembelian bahan yang tidak sesuai dimakan dan akhirnya menjejaskan kesihatan serta kualiti hidangan yang disediakan (Wong & Lim, 2018). Tambahan pula, kekurangan maklumat berkenaan kandungan nutrisi dan asal usul bahan mentah tersebut menjadikan pengguna terlalu bergantung kepada penjual, yang belum tentu memberi maklumat yang tepat (Han et al., 2020).

Bagi menangani cabaran ini, satu aplikasi mudah alih interaktif yang dinamakan *Fresh Smart* telah dibangunkan bagi membantu pengguna membuat penilaian yang lebih tepat dan cepat terhadap tahap kesegaran bahan mentah. Aplikasi ini dibangunkan berasaskan teknologi

realiti terimbuh dan model 3D untuk memaparkan maklumat secara visual dan interaktif. Melalui imbasan kamera telefon pintar, pengguna dapat melihat paparan model 3D bahan mentah bersama ciri-ciri fizikal seperti warna kulit, tekstur permukaan, dan keadaan struktur bahan tersebut. Paparan ini disertakan dengan maklumat tambahan seperti tanda-tanda kesegaran, habitat asal, serta kandungan nutrisi bahan berkenaan. Dengan pendekatan visual yang lebih nyata dan interaktif, aplikasi ini memberi peluang kepada pengguna untuk memahami dengan lebih mendalam ciri-ciri bahan mentah yang segar walaupun tanpa pengalaman terdahulu.

Selain itu, aplikasi *Fresh Smart* turut menyokong penyimpanan dan pengurusan maklumat melalui integrasi dengan pangkalan data awan *Firebase*, yang membolehkan kandungan dikemas kini secara dinamik. Penggunaan *Unity* dan *Vuforia* pula membolehkan integrasi AR dan model 3D dijalankan dengan lancar dan responsif. Kajian oleh Zhou et al. (2020) mendapati bahawa penggunaan teknologi AR dan pemodelan 3D dalam konteks pengguna harian bukan sahaja dapat mempertingkatkan keyakinan pengguna dalam membuat keputusan, tetapi juga mengubah cara tradisional dalam memilih dan menilai kualiti bahan makanan. Justeru, aplikasi *Fresh Smart* bukan sahaja menawarkan nilai tambah dari segi praktikaliti dan kecekapan, malah menyumbang kepada pendidikan pengguna berkaitan pemilihan makanan sihat dan selamat.

Secara keseluruhannya, penggunaan teknologi AR dalam aplikasi ini memberi dimensi baharu kepada pemilihan bahan mentah berasaskan protein haiwan. Ia menggabungkan fungsi pendidikan, panduan visual, dan interaktiviti digital dalam satu platform mudah alih yang mesra pengguna. Aplikasi *Fresh Smart* diharapkan dapat menjadi medium yang berguna dalam meningkatkan literasi pemakanan pengguna, serta menyokong amalan pembelian bahan mentah yang lebih bijak, selamat dan berinformasi.

2.0 KAJIAN LITERATUR

Kajian literatur ini memberi tumpuan kepada penggunaan teknologi realiti terimbuh (AR) dan pemodelan tiga dimensi (3D) dalam aplikasi mudah alih yang berkait rapat dengan pendidikan pengguna, pemilihan makanan dan keselamatan bahan mentah berasaskan protein haiwan. Teknologi AR telah mengalami evolusi yang pesat sejak dekad lalu, dan kini ia bukan sahaja digunakan dalam bidang hiburan, malah digunakan secara meluas dalam bidang pendidikan, kesihatan dan runcit (Azuma, 1997; Billingham et al., 2015). Ciri utama AR adalah keupayaannya untuk memaparkan elemen maya dalam persekitaran dunia sebenar secara

masa nyata, seterusnya membolehkan interaksi langsung antara pengguna dan maklumat visual tersebut. Dalam konteks pemilihan bahan mentah, teknologi ini berpotensi menyampaikan panduan visual yang lebih berkesan berbanding kaedah konvensional.

Penggunaan AR dalam aplikasi berkaitan bahan mentah telah diteroka oleh beberapa projek terdahulu, seperti *AR Fish Guide* yang memaparkan model 3D spesies ikan secara maya melalui kamera telefon pintar, membolehkan pengguna mengenal pasti rupa bentuk dan ciri morfologi ikan secara interaktif (Wong & Lim, 2018). Walau bagaimanapun, aplikasi ini tidak menyediakan panduan khusus berkenaan tahap kesegaran ikan. Satu lagi aplikasi ialah *3D Marine Life Viewer*, yang digunakan dalam pendidikan biologi marin dan menampilkan pelbagai spesies hidupan laut dalam bentuk model 3D yang boleh diputar dan diperbesar. Aplikasi ini memberi tumpuan kepada aspek pendidikan namun masih kurang dalam aspek penilaian kesegaran bahan mentah (Han et al., 2020).

Selain itu, terdapat aplikasi seperti *Augmented Seafood Education* yang menyampaikan maklumat interaktif berkaitan kesegaran makanan laut. Aplikasi ini menggunakan paparan visual berbentuk panduan tentang warna mata ikan, keadaan insang dan tekstur kulit untuk membantu pengguna mengenal pasti tahap kesegaran bahan. Kajian oleh Elmqaddem (2019) menyokong keberkesanan visualisasi AR dalam meningkatkan pemahaman pengguna terhadap kandungan yang kompleks, terutamanya dalam subjek yang memerlukan pemerhatian terhadap objek fizikal. Tambahan pula, *Seafood AR Explore* menggunakan pendekatan gabungan antara AR dan maklumat pemakanan untuk mendidik pengguna tentang pemilihan hidupan laut secara lestari, namun kurang memberi fokus kepada panduan pemilihan segar secara langsung (Avila, 2021).

Berdasarkan perbandingan ini, didapati bahawa kebanyakan aplikasi sedia ada memberi tumpuan kepada satu aspek sahaja seperti pengenalan spesies, pendidikan atau kesedaran alam sekitar. Tiada satu aplikasi pun yang menggabungkan secara menyeluruh elemen pengenalanpastian bahan mentah, panduan kesegaran visual dan pemaparan maklumat nutrisi dalam satu platform bersepadu. Jurang ini memberikan ruang kepada pembangunan aplikasi *Fresh Smart*, yang bukan sahaja menyokong pelbagai jenis bahan mentah berasaskan protein haiwan seperti ikan, ayam, daging dan makanan laut, malah memaparkan panduan visual interaktif menggunakan AR serta model 3D untuk menilai kesegaran dengan lebih mudah dan cepat.

Pendekatan gabungan ini juga selaras dengan dapatan penyelidikan Osadchyi (2021) yang menekankan pentingnya interaksi visual dalam pembelajaran berasaskan AR, terutamanya apabila digunakan dalam aplikasi pengguna harian. Keberkesanan pendekatan ini turut disokong oleh Guntur (2020), yang mendapati bahawa persekitaran AR mampu meningkatkan motivasi pengguna dan membantu dalam membuat keputusan melalui pemahaman visual yang lebih jelas. Justeru itu, *Fresh Smart* hadir sebagai penyelesaian digital yang menyeluruh dan inovatif untuk menangani cabaran pemilihan bahan mentah yang berkualiti dan segar secara lebih berkesan.

3.0 METODOLOGI

Pembangunan aplikasi *Fresh Smart* telah dilaksanakan menggunakan metodologi Agile, iaitu pendekatan pembangunan perisian yang berasaskan prinsip iterasi, maklum balas berterusan dan peningkatan berperingkat. Kaedah ini dipilih kerana ia memberikan fleksibiliti kepada pembangun untuk membuat perubahan berdasarkan maklum balas pengguna dan membina ciri-ciri sistem secara modular dalam beberapa pusingan (*sprint*).

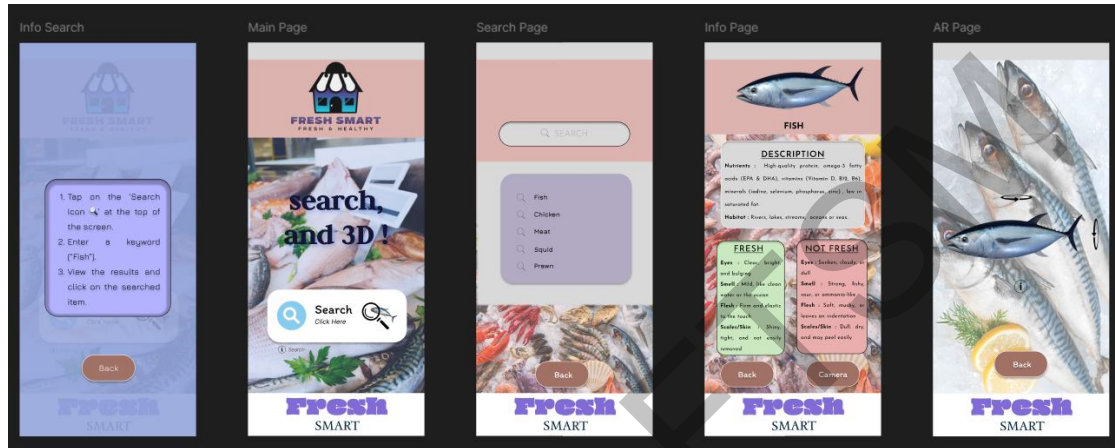
Pembangunan sistem dijalankan secara berperingkat mengikut empat fasa utama: analisis keperluan, reka bentuk sistem, pembangunan dan pengujian, serta penambahbaikan berasaskan maklum balas pengguna. Kaedah ini memastikan aplikasi bukan sahaja berfungsi dengan stabil, tetapi juga berupaya menyelesaikan masalah sebenar yang dihadapi pengguna semasa menilai kesegaran bahan mentah.

3.1 Analisis Keperluan (Sprint 1)

Fasa awal pembangunan aplikasi bermula dengan proses analisis keperluan pengguna. Keperluan aplikasi dikenalpasti berdasarkan kajian terhadap aplikasi sedia ada seperti *AR Fish Guide* dan *Seafood AR Viewer*, serta berdasarkan pemerhatian terhadap situasi harian pengguna yang sering mengalami kesukaran mengenal pasti kesegaran bahan mentah seperti ikan, ayam, daging dan makanan laut semasa membeli di pasar atau kedai runcit. Isu ini timbul kerana sebahagian besar pengguna tidak mempunyai pengetahuan teknikal dalam menilai bahan mentah, justeru satu penyelesaian yang bersifat interaktif dan informatif diperlukan.

Untuk mendapatkan gambaran awal sistem serta memudahkan penilaian fungsi utama, satu prototaip awal aplikasi pada Rajah 1 telah dibina. Prototaip ini berperanan sebagai rujukan awal dalam merekabentuk antara muka pengguna (UI) dan aliran penggunaan aplikasi. Antara skrin utama dalam prototaip ialah halaman utama (*Main Page*), halaman carian (*Search Page*), halaman maklumat (*Info Page*), halaman panduan carian (*Info Search*)

serta halaman realiti terimbuh (*AR Page*). Prototaip ini menunjukkan bagaimana pengguna akan melalui proses pencarian bahan mentah, mendapatkan maklumat kesegaran dan nutrisi, serta melihat visualisasi model 3D melalui teknologi AR.



Rajah 1: Prototaip Awal Aplikasi

Halaman utama memaparkan butang carian sebagai titik permulaan interaksi pengguna. Setelah klik pada butang carian, pengguna akan dibawa ke halaman *Search Page*, yang menyediakan senarai kategori bahan seperti ikan, ayam, daging, sotong dan udang. Selepas memilih bahan, pengguna akan diarahkan ke halaman maklumat (*Info Page*) yang memaparkan deskripsi nutrisi serta dua bahagian penting iaitu ciri-ciri bahan mentah yang segar (*Fresh*) dan tidak segar (*Not Fresh*) berdasarkan ciri fizikal seperti mata, bau dan tekstur. Halaman ini membantu pengguna membuat perbandingan secara langsung dengan bahan mentah yang mereka lihat di pasaran.

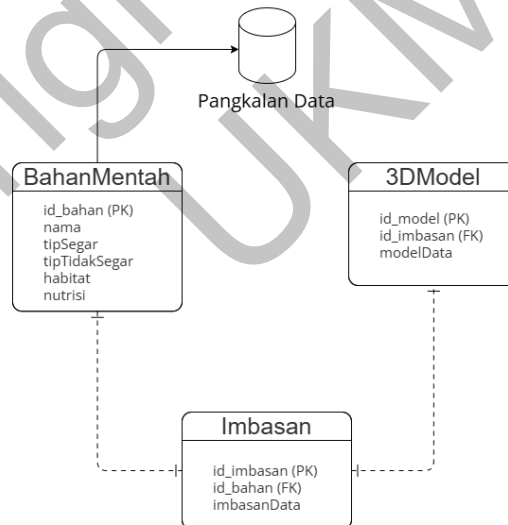
Pengguna boleh mengakses halaman *AR Page* yang memaparkan model 3D bahan mentah tersebut dalam persekitaran dunia sebenar melalui kamera peranti mudah alih. Pengguna boleh memperbesar, memutar dan melihat bahan dari pelbagai sudut untuk memahami tekstur dan bentuk sebenar bahan tersebut. Prototaip ini telah menjadi panduan utama kepada proses pembangunan aplikasi sebenar menggunakan *Unity* dan *Vuforia*, serta memainkan peranan penting dalam menyelaraskan keperluan pengguna dengan reka bentuk fungsi aplikasi yang dibangunkan secara iteratif menerusi metodologi Agile.

3.2 Reka Bentuk Sistem (Sprint 2–3)

Reka bentuk sistem telah dibangunkan menggunakan dua pendekatan utama iaitu *Entity-Relationship Diagram (ERD)* dan seni bina *Model-View-Controller (MVC)*. Pendekatan ini dipilih bagi memudahkan pengurusan data serta membolehkan sistem dibangunkan secara lebih tersusun dan sistematik.

Entity-Relationship Diagram (ERD) yang ditunjukkan dalam Rajah 2 direka bentuk bagi menggambarkan struktur pangkalan data yang menyimpan entiti penting. Entiti utama dalam sistem ini ialah BahanMentah, Imbasan, dan 3DModel. Entiti BahanMentah mengandungi atribut seperti id_bahan, nama, tipSegar, tipTidakSegar, habitat dan nutrisi. Entiti Imbasan pula menyimpan maklumat hasil imbasan seperti id_imbasan, id_bahan (rujukan kepada BahanMentah), dan data imbasan berkaitan.

Sementara itu, entiti 3DModel menyimpan data model 3D dengan atribut id_model, id_imbasan (rujukan kepada Imbasan), dan fail modelData. Hubungan antara entiti menunjukkan bahawa setiap bahan mentah boleh mempunyai beberapa imbasan, dan setiap imbasan dikaitkan dengan satu model 3D. Semua data ini disimpan di dalam pangkalan data untuk rujukan aplikasi.



Rajah 2: Rajah Hubungan Entiti (ERD)

Kamus data dalam Jadual 1 dibangunkan bagi menyokong pelaksanaan fungsi utama aplikasi *Fresh Smart*, termasuk imbasan gambaran bahan mentah, maklumat kesegaran, serta paparan model 3D secara visual melalui AR. Data yang direkodkan merangkumi maklumat

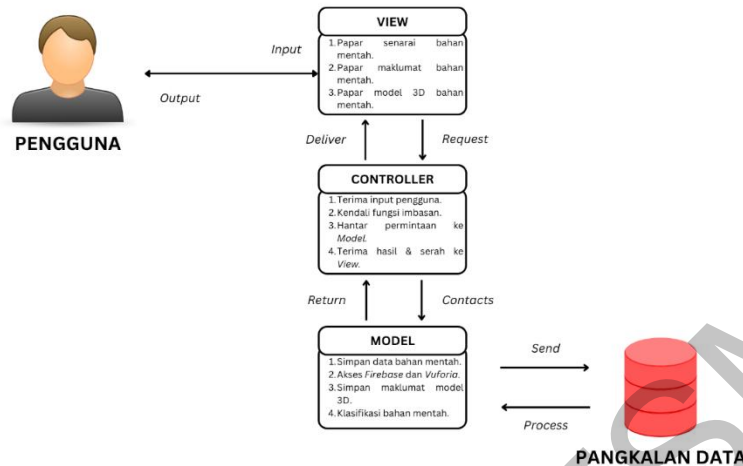
asas bahan mentah seperti nama, habitat, nutrisi, serta tip berkaitan kesegaran dan ketidaksegaran.

Jadual 1: Kamus Data

Entiti	Atribut	Jenis Data	Panjang	Keterangan
BahanMentah	id_bahan (PK)	String	20	ID unik bagi setiap bahan mentah
	nama	String	50	Nama bahan mentah
	tipSegar	Text	-	Tip mengenal bahan mentah yang segar
	tipTidakSegar	Text	-	Tip mengenal bahan mentah yang tidak segar
	habitat	Text	-	Habitat asal bahan mentah
	nutrisi	Text	-	Maklumat nilai nutrisi bahan mentah
Imbasan	id_imbasan (PK)	String	20	ID unik bagi setiap imbasan
	id_bahan (FK)	String	20	ID bahan mentah yang dirujuk
	imbasanData	Binary / Blob	-	Data imej hasil imbasan kamera
3DModel	id_model (PK)	String	20	ID unik model 3D
	id_model (FK)	String	20	ID imbasan yang dirujuk
	modelData	Binary / Blob	-	Fail model 3D (.glb, .obj)

Bagi seni bina *Model-View-Controller* (MVC) pada Rajah 3, aplikasi dibangunkan mengikut tiga komponen utama. Komponen *Model* bertanggungjawab menguruskan data bahan mentah, imbasan, dan model 3D. *Model* juga berfungsi untuk mengakses pangkalan data termasuk *Firebase* dan *Vuforia* bagi mendapatkan data yang diperlukan serta menjalankan proses klasifikasi bahan mentah. Komponen *View* merujuk kepada antara muka pengguna yang dibangunkan menggunakan *Unity* dan *Vuforia*, yang memaparkan senarai bahan mentah, maklumat terperinci, serta model 3D melalui paparan AR.

Sementara itu, *Controller* bertindak sebagai penghubung antara *View* dan *Model* dengan menerima input daripada pengguna, mengendalikan fungsi imbasan AR, menghantar permintaan data kepada *Model*, serta memproses dan memaparkan maklumat melalui *View*. Pendekatan MVC ini membolehkan pembangunan aplikasi dilaksanakan secara modular, memudahkan pengujian berulang kali, dan selari dengan kaedah pembangunan Agile.



Rajah 3: Seni Bina Model-View-Controller

3.3 Pengujian Kebolehgunaan (Sprint 4)

Setelah pembangunan ciri-ciri utama aplikasi *Fresh Smart* selesai, fasa seterusnya melibatkan proses pengujian kebolehgunaan yang bertujuan untuk menilai tahap kefungsiian dan kepuasan pengguna terhadap sistem. Pengujian ini dijalankan dengan menyebarkan borang soal selidik digital melalui *Google Form* kepada kumpulan pengguna sasaran yang telah berpeluang mencuba aplikasi dalam persekitaran sebenar. Soal selidik tersebut direka bentuk bagi mendapatkan maklum balas menyeluruh berkaitan aspek visual, kefahaman, dan prestasi sistem.

Antara komponen utama yang dinilai termasuk reka bentuk antara muka pengguna, kemudahan navigasi, kejelasan maklumat berkenaan kesegaran dan nutrisi bahan mentah, serta kualiti visual model 3D berasaskan teknologi realiti terimbuh (AR). Borang tersebut menggabungkan soalan skala Likert 4 mata untuk penilaian kuantitatif dan soalan terbuka bagi mendapatkan cadangan penambahbaikan secara kualitatif. Data yang diperolehi dianalisis secara menyeluruh bagi menentukan tahap penerimaan pengguna terhadap aplikasi serta mengenal pasti sebarang kelemahan atau penambahbaikan yang diperlukan sebelum aplikasi dibuka kepada penggunaan yang lebih meluas.

3.4 Penambahbaikan dan Iterasi (Sprint 5+)

Maklum balas yang diterima daripada pengguna semasa sesi pengujian kebolehgunaan digunakan sebagai asas utama dalam proses iterasi dan penambahbaikan aplikasi pada sprint seterusnya. Proses ini selari dengan prinsip pembangunan Agile yang memberi penekanan terhadap tindak balas pantas kepada perubahan dan penambahbaikan berterusan.

Antara penambahbaikan yang telah dilaksanakan termasuk penyesuaian warna latar belakang bagi memastikan bacaan maklumat lebih jelas, penyusunan semula maklumat agar lebih tersusun dan mudah difahami, serta model 3D yang optimum dari segi resolusi dan kelancaran interaksi. Dengan pendekatan berperingkat ini, aplikasi *Fresh Smart* bukan sahaja dapat memenuhi keperluan semasa pengguna, malah kekal relevan dan mudah ditambah baik pada masa akan datang mengikut perubahan teknologi dan kehendak pengguna.

4.0 HASIL

4.1 Pembangunan Aplikasi

Aplikasi *Fresh Smart* telah dibangunkan dengan menggunakan pendekatan bersepadu yang melibatkan beberapa komponen perisian dan teknologi utama iaitu *Unity*, *Vuforia* dan *Firebase*. Proses pembangunan ini merangkumi keseluruhan fasa pembangunan sistem, bermula daripada reka bentuk awal antaramuka hingga ke fasa pelaksanaan ciri utama aplikasi dalam persekitaran sebenar.

Perisian *Unity* digunakan sebagai platform utama pembangunan kerana ia menyediakan keupayaan grafik yang tinggi dan sokongan luas untuk integrasi pelbagai plugin termasuk teknologi AR. Dalam projek ini, *Unity* digunakan untuk membangunkan antara muka aplikasi (*user interface*) dan mengawal logik interaksi pengguna. *Unity* juga memainkan peranan penting dalam menyusun elemen visual seperti model 3D, susun atur teks, dan interaksi pengguna dengan elemen-elemen tersebut dalam persekitaran masa nyata.

Bagi merealisasikan fungsi realiti terimbuh (AR), teknologi *Vuforia* SDK telah digunakan sebagai plugin tambahan dalam *Unity*. *Vuforia* menyokong pengimbasan berasaskan penanda (*marker-based AR*) yang membolehkan kamera peranti mengenalpasti penanda khas serta permukaan rata dan memaparkan objek 3D yang berkaitan pada permukaan nyata. Dalam konteks aplikasi *Fresh Smart*, apabila pengguna mengimbas penanda yang disediakan (seperti imej atau label bahan mentah), model 3D bahan tersebut akan muncul secara visual pada skrin, membolehkan pengguna memerhatikannya dari pelbagai sudut dengan kebebasan penuh untuk *zoom in*, *zoom out* dan *rotate* model tersebut.

Bagi menguruskan penyimpanan data dan sokongan sistem secara masa nyata, *Firebase* digunakan sebagai pangkalan data. *Firebase Realtime Database* dan *Firestore* berfungsi untuk menyimpan dan memanggil data penting seperti nama bahan mentah,

kategori (ikan, ayam, daging, makanan laut), penerangan, ciri-ciri kesegaran, maklumat nutrisi, serta habitat bahan tersebut. Dengan integrasi *Firestore*, sebarang pengemaskinian maklumat boleh dilakukan dengan segera tanpa memerlukan perubahan pada kod aplikasi tempatan.

Fungsi utama aplikasi *Fresh Smart* terdiri daripada beberapa komponen penting. Antaranya ialah visualisasi bahan mentah dalam bentuk model 3D yang dapat dilihat secara AR apabila pengguna mengimbas penanda melalui kamera telefon pintar. Ciri ini membolehkan pengguna menilai bahan mentah berdasarkan visual fizikal seperti warna, bentuk mata (untuk ikan), warna kulit ayam atau tekstur daging, yang merupakan penanda utama dalam menilai kesegaran.

Selain visualisasi, aplikasi turut memaparkan maklumat kesegaran yang diperolehi berdasarkan ciri-ciri fizikal bahan tersebut. Maklumat ini disusun dalam bentuk teks bagi membantu pengguna memahami bagaimana untuk menilai bahan mentah yang segar. Sebagai contoh, bagi ikan, maklumat akan menerangkan bahawa mata ikan yang jernih dan sisik yang berkilat menandakan ia masih segar. Bagi ayam atau daging pula, pengguna dimaklumkan bahawa warna yang pucat, bau tidak menyenangkan atau lendir adalah petanda bahan tersebut sudah tidak segar.

Di samping itu, maklumat nutrisi turut dipaparkan bagi setiap bahan. Ini merangkumi nilai protein, kandungan lemak, dan latar belakang habitat bahan tersebut, yang bertujuan untuk mendidik pengguna tentang kualiti pemakanan dan asal usul bahan yang mereka ambil. Semua maklumat ini dapat diakses secara terus selepas model 3D dipaparkan melalui fungsi AR, menjadikan pengalaman pembelajaran lebih menarik dan mudah difahami.

4.2 Antara Muka Aplikasi

Antara muka aplikasi *Fresh Smart* direka bentuk dengan menekankan prinsip mesra pengguna dan susun atur yang sistematik agar pengguna dapat berinteraksi dengan aplikasi dengan mudah dan berkesan. Antara muka ini memfokuskan kepada navigasi intuitif, pemilihan bahan yang jelas, dan paparan maklumat yang lengkap dan menarik.

Paparan utama aplikasi dimulakan dengan skrin pilihan jenis bahan mentah. Di sini, pengguna diberi pilihan untuk memilih salah satu daripada lima jenis bahan mentah iaitu ikan, ayam, daging, udang atau sotong. Reka bentuk antara muka ini menggunakan susun atur

butang bergambar yang disusun dengan rapi bagi membolehkan pengguna mengenal pasti setiap jenis bahan mentah dengan pantas.

Selain itu, maklumat tambahan berkaitan ciri-ciri kesegaran, maklumat nutrisi dan habitat asal turut dipaparkan. Ini termasuk penerangan tentang penanda kesegaran seperti warna cerah, ketiadaan lendir, dan kejelasan mata (bagi ikan), yang membantu pengguna mengenal pasti sama ada bahan tersebut segar atau tidak. Informasi ini dipaparkan secara ringkas dan jelas bagi memastikan pengguna dapat memahami dalam masa yang singkat.

Seterusnya, apabila pengguna mengimbas penanda AR atau permukaan rata menggunakan kamera peranti mereka, antara muka realiti terimbuh (AR) akan dipaparkan. Paparan ini menunjukkan model 3D bahan mentah yang dipilih dalam bentuk interaktif dan boleh dimanipulasi. Pengguna boleh memutar, mengezum dan meninjau model dari pelbagai sudut bagi menilai ciri fizikal bahan tersebut. Ciri ini membolehkan pengguna membuat pemerhatian visual terhadap elemen-elemen penting seperti warna, tekstur kulit, dan bentuk keseluruhan bahan.

Kesemua antara muka ini diringkaskan dalam Rajah 4, yang menggambarkan susun atur aplikasi dari skrin pemilihan kategori sehingga paparan AR dan maklumat nutrisi. Rajah ini memperlihatkan keseluruhan aliran navigasi dan kandungan aplikasi secara visual, sekaligus memberikan gambaran menyeluruh tentang struktur interaksi dalam aplikasi *Fresh Smart*.



Rajah 4: Antara Muka Aplikasi

4.3 Penilaian Aplikasi

Pengujian dilakukan berdasarkan keperluan fungsian dengan membandingkan jangkaan hasil dengan keputusan sebenar aplikasi *Fresh Smart* yang telah dibangunkan. Setiap kes ujian direka untuk mengesahkan fungsi dan kestabilan aplikasi. Jadual 2 menunjukkan ID kes ujian yang dipadankan dengan keperluan fungsian:

Jadual 2: ID Kes Ujian dan Keperluan Fungsian

ID Kes Ujian	ID Keperluan Fungsian	Keperluan Fungsian
TC01	FR1	Navigasi Halaman Utama ke Halaman Arahan
TC02	FR2	Navigasi Halaman Utama ke Halaman Carian
TC03	FR3	Paparan Maklumat dari <i>Firebase</i>
TC04	FR4	Paparan Model 3D dalam AR
TC05	FR5	Navigasi " <i>Back</i> " antara halaman tanpa ralat
TC06	FR6	Navigasi " <i>Reset</i> " bagi model 3D ke kedudukan asal

Pengujian sistem *Fresh Smart* telah dijalankan dalam dua fasa utama bagi memastikan kestabilan dan keberkesanan aplikasi. Fasa pertama melibatkan pengujian dalam persekitaran pembangunan menggunakan *Unity Editor* bagi mengesahkan fungsi asas seperti navigasi halaman dan interaksi dengan pangkalan data *Firebase*. Fasa kedua pula melibatkan pelaksanaan pada peranti *Android* sebenar untuk menilai prestasi aplikasi dalam situasi penggunaan sebenar, termasuk keupayaan kamera untuk memaparkan model 3D melalui fungsi AR. Pengujian ini dijalankan oleh pembangun serta beberapa pengguna luar bagi menilai penerimaan pengguna terhadap aplikasi. Semua senario penting turut diuji, termasuk penggunaan tanpa sambungan internet, kekerapan navigasi antara halaman, interaksi dengan pelbagai model 3D, dan kestabilan sistem semasa digunakan secara berterusan, bagi mengenal pasti sebarang kelewatan atau isu teknikal yang mungkin timbul.

Pengujian kes guna dilaksanakan berdasarkan fungsi utama aplikasi seperti navigasi antara halaman, paparan maklumat daripada pangkalan data *Firebase*, dan interaksi pengguna dengan model 3D serta fungsi realiti terimbuh (AR). Jadual 3 menunjukkan proses pengujian bagi TC01 yang melibatkan navigasi dari halaman utama ke halaman arahan.

Jadual 3: Pengujian Navigasi Halaman Arahan (TC01)

ID Ujian	Kes	Nama Ujian	Kes	Langkah Ujian	Jangkaan Hasil
TC01		Navigasi ke Halaman Arahan		1. Buka aplikasi <i>Fresh Smart</i> 2. Tekan butang " <i>Instruction</i> " 3. Halaman Arahan dipaparkan	Halaman <i>InstructionPage</i> muncul tanpa ralat
Alternatif		Navigasi kembali ke Halaman Utama		1. Tekan butang " <i>Back</i> " dari <i>InstructionPage</i>	Kembali ke Halaman Utama

Jadual 4 menunjukkan hasil pengujian TC02 yang menilai keberkesanan navigasi ke halaman carian. Ujian ini memastikan pengguna dapat menekan butang "Search" dari halaman utama dan dipaparkan halaman carian tanpa sebarang ralat.

Jadual 4: Pengujian Navigasi Halaman Carian (TC02)

ID Ujian	Kes	Nama Kes Ujian	Langkah Ujian	Jangkaan Hasil
TC02		Navigasi ke Halaman Carian	1. Buka aplikasi <i>Fresh Smart</i> 2. Tekan butang " <i>Search</i> " 3. Halaman Carian dipaparkan	Halaman <i>SearchPage</i> muncul tanpa ralat
Alternatif		Navigasi kembali ke Halaman Utama	1. Tekan butang " <i>Back</i> " dari <i>SearchPage</i>	Kembali ke Halaman Utama

Jadual 5 memperincikan kes ujian TC03 yang memfokuskan kepada paparan maklumat yang diambil dari *Firebase* setelah pengguna memilih bahan mentah tertentu. Data seperti nama, habitat, nutrisi serta tip bahan mentah segar dan tidak segar harus dipaparkan dengan betul. Bagi mengesahkan fungsi paparan model 3D dan interaksi AR.

Jadual 5: Pengujian Paparan Maklumat dari *Firebase* (TC03)

ID Kes Ujian	Nama Ujian	Kes	Langkah Ujian	Jangkaan Hasil
TC03	Paparan Maklumat dari <i>Firebase</i>		1. Di halaman Carian, pilih satu bahan (contohnya: Ikan) 2. Halaman maklumat dipaparkan dengan data lengkap	Data dari <i>Firebase</i> dipaparkan: nama, tip segar dan tidak segar, habitat, nutrisi
Alternatif	Pilih bahan lain		1. Pilih bahan lain seperti Udang atau Sotong	Maklumat bahan lain dipaparkan dengan betul

Jadual 6 memaparkan langkah ujian TC04 di mana model 3D seharusnya muncul secara realistik apabila permukaan rata dikesan oleh kamera.

Jadual 6: Pengujian Paparan Model 3D dalam AR (TC04)

ID Kes Ujian	Nama Kes Ujian	Langkah Ujian	Jangkaan Hasil
TC04	Paparan Model 3D dalam AR	1. Tekan butang "AR Page" 2. Kamera diaktifkan 3. Model 3D muncul pada permukaan rata	Model 3D dipaparkan secara realistik dalam dunia sebenar
Alternatif	Kamera tidak aktif atau tiada permukaan rata	1. AR tidak aktif, <i>fallback</i> UI dipaparkan	Paparan asas ditunjukkan tanpa gangguan

Fungsi butang “Back” yang penting bagi navigasi aplikasi diuji melalui TC05 seperti ditunjukkan dalam Jadual 7. Ujian ini memastikan bahawa pengguna boleh kembali ke halaman sebelumnya daripada halaman maklumat atau AR tanpa berlaku gangguan atau ralat.

Jadual 7: Pengujian Fungsi Navigasi "Back" (TC05)

ID Kes Ujian	Nama Kes Ujian	Langkah Ujian	Jangkaan Hasil
TC05	Navigasi Kembali	1. Dari halaman maklumat, tekan butang "Back" 2. Kembali ke halaman carian	Pengguna kembali ke halaman sebelumnya tanpa ralat
Alternatif	Tekan "Back" dari halaman AR	1. Pengguna berada di AR Page, tekan "Back"	Kembali ke halaman maklumat

Fungsi butang “Reset” yang penting bagi interaksi model 3D diuji melalui TC06 seperti ditunjukkan dalam Jadual 8. Ujian ini memastikan bahawa pengguna boleh menetapkan semula kedudukan model 3D kepada keadaan asal selepas berinteraksi dengannya tanpa berlaku gangguan atau ralat.

Jadual 8: Pengujian Fungsi Navigasi "Reset" (TC06)

ID Kes Ujian	Nama Kes Ujian	Langkah Ujian	Jangkaan Hasil
TC06	Navigasi "Reset" Model 3D	1. Akses halaman AR. 2. Interaksi dengan model 3D (ubah saiz atau putar). 3. Tekan butang "Reset".	Model 3D kembali ke kedudukan asal tanpa sebarang ralat.
Alternatif	Tekan “Reset” tanpa interaksi	1. Tekan butang "Reset" tanpa sebarang perubahan pada model.	Tiada perubahan, aplikasi kekal stabil tanpa sebarang isu.

Borang soal selidik direka bentuk untuk merangkumi beberapa aspek utama aplikasi, termasuk antara muka pengguna, kefungasian, prestasi AR, interaktiviti model 3D, dan

kebolegunaan navigasi. Setiap soalan dibina menggunakan skala seperti “1: Sangat Tidak Setuju” sehingga “4: Sangat Setuju” bagi memudahkan penilaian kuantitatif. Soal selidik ini turut menyediakan ruangan komen terbuka bagi mendapatkan cadangan penambahbaikan secara kualitatif. Jadual 9 menunjukkan soalan-soalan yang terdapat dalam borang soal selidik tersebut:

Jadual 9: Soalan-soalan Borang Soal Selidik

Bahagian A: Maklumat Asas Pengguna
Umur
Jantina
Tahap Pengetahuan Teknologi
Bahagian B: Reka Bentuk Antara Muka
Reka bentuk aplikasikelihatan kemas dan menarik.
Susun atur halaman memudahkan saya memahami kandungan.
Saiz teks dan ikon adalah sesuai dan mudah dibaca.
Warna latar dan elemen visual tidak mengganggu perhatian saya.
Bahagian C: Navigasi Aplikasi
Saya mudah mencari dan mengakses fungsi yang saya perlukan.
Butang navigasi seperti ‘Kembali’ berfungsi dengan baik.
Perpindahan antara halaman berlaku dengan lancar dan tanpa kekeliruan.
Bahagian D: Fungsi AR dan Model 3D
Kamera AR dapat berfungsi dengan baik pada peranti saya.
Model 3D dapat dipaparkan dengan jelas dalam persekitaran sebenar.
Saya dapat memutar dan mengezum model 3D tanpa sebarang masalah.
Pengalaman AR memberikan nilai tambah kepada pemahaman saya terhadap bahan mentah.
Bahagian E: Kandungan dan Maklumat
Maklumat yang dipaparkan (seperti deskripsi bahan dan tips segar) mudah difahami.
Kandungan dalam aplikasi ini relevan dan berguna untuk pengguna.
Penambahan model 3D membantu dalam pembelajaran visual saya.
Bahagian F: Kepuasan Keseluruhan dan Maklum Balas
Saya berpuas hati dengan pengalaman keseluruhan menggunakan aplikasi ini.
Saya akan mencadangkan aplikasi ini kepada orang lain.
Aplikasi ini mudah digunakan walaupun untuk pengguna baru.
Cadangan Lain untuk Penambahbaikan Aplikasi:

Ujian pada Jadual 10 dijalankan untuk memastikan bahawa pengguna dapat menavigasi dari halaman utama ke halaman arahan aplikasi. Pengguna menekan butang “*Instruction*” dan sepatutnya dibawa ke halaman *InstructionPage*. Hasil pengujian menunjukkan bahawa halaman dipaparkan dengan betul tanpa sebarang ralat, menandakan fungsi navigasi beroperasi dengan lancar.

Jadual 10: Keputusan Pengujian Navigasi ke Halaman Arahan (TC01)

ID Kes Ujian	TC01
Nama Kes Ujian	Navigasi ke Halaman Arahan
Langkah Ujian	1. Buka aplikasi <i>Fresh Smart</i> 2. Tekan butang " <i>Instruction</i> " 3. Halaman arahan dipaparkan
Jangkaan Hasil	Halaman <i>InstructionPage</i> muncul tanpa ralat
Hasil Sebenar	Halaman arahan berjaya dipaparkan seperti dijangka
Status	Berjaya

Tujuan pengujian pada Jadual 11 adalah untuk menilai keberkesanan butang “*Search*” yang membawa pengguna dari halaman utama ke halaman carian. Setelah ditekan, halaman *SearchPage* perlu dipaparkan sepenuhnya. Keputusan menunjukkan bahawa halaman berjaya dibuka tanpa sebarang isu, dan navigasi kembali ke halaman utama juga berfungsi dengan baik melalui butang “*Back*”.

Jadual 11: Keputusan Pengujian Navigasi ke Halaman Carian (TC02)

ID Kes Ujian	TC02
Nama Kes Ujian	Navigasi ke Halaman Carian
Langkah Ujian	1. Buka aplikasi <i>Fresh Smart</i> 2. Tekan butang " <i>Search</i> " 3. Halaman Carian dipaparkan
Jangkaan Hasil	Halaman <i>SearchPage</i> muncul tanpa ralat
Hasil Sebenar	Navigasi ke halaman carian berfungsi dengan baik
Status	Berjaya

Kes ujian pada Jadual 12 pula memfokuskan kepada keupayaan aplikasi memaparkan maklumat yang diambil secara langsung dari *Firebase* setelah pengguna memilih bahan tertentu seperti ikan. Maklumat seperti nama, tips bahan segar dan tidak segar, habitat serta nutrisi perlu dipaparkan secara lengkap. Hasilnya, semua data berjaya ditarik dan dipaparkan mengikut struktur yang ditetapkan. Ini menunjukkan sambungan ke pangkalan data stabil dan paparan data berfungsi dengan baik.

Jadual 12: Keputusan Pengujian Paparan Maklumat dari *Firestore* (TC03)

ID Kes Ujian	TC03
Nama Kes Ujian	Paparan Maklumat Ikan
Langkah Ujian	1. Di halaman Carian, pilih bahan (contoh: Ikan) 2. Halaman maklumat dipaparkan dengan data lengkap
Jangkaan Hasil	Data dari <i>Firestore</i> dipaparkan: nama, tips segar dan tidak segar, habitat, dan nutrisi
Hasil Sebenar	Data ikan dan bahan lain berjaya dipaparkan dengan lengkap dan betul
Status	Berjaya

Seterusnya, pengujian pada Jadual 13 bertujuan untuk menilai sama ada model 3D dapat dipaparkan dalam bentuk AR apabila kamera peranti mengesan permukaan rata. Pengguna perlu menekan butang “*AR Page*”, yang akan mengaktifkan kamera dan memaparkan model 3D pada ruang sebenar. Berdasarkan ujian, paparan AR berjaya berfungsi dengan realistik. Sekiranya permukaan tidak dikesan, UI gantian (*fallback UI*) muncul sebagai pelan sokongan. Ini menunjukkan fungsi AR adalah stabil dan responsif.

Jadual 13: Keputusan Pengujian Paparan Model 3D dalam AR (TC04)

ID Kes Ujian	TC04
Nama Kes Ujian	Paparan Model 3D dalam AR
Langkah Ujian	1. Tekan butang " <i>AR Page</i> " 2. Kamera diaktifkan 3. Model 3D muncul di permukaan rata
Jangkaan Hasil	Model 3D dipaparkan secara realistik dalam dunia sebenar
Hasil Sebenar	Model dipaparkan apabila permukaan rata dikesan, <i>fallback UI</i> aktif jika tiada pengesanan
Status	Berjaya

Ujian pada Jadual 14 dijalankan untuk memastikan butang “*Back*” berfungsi dengan betul untuk membolehkan pengguna kembali ke halaman sebelumnya. Pengguna mencubanya dari halaman maklumat dan juga dari halaman AR. Keputusan menunjukkan bahawa navigasi ke halaman sebelumnya berlaku tanpa sebarang masalah atau ralat, memastikan pengalaman pengguna kekal konsisten dan intuitif.

Jadual 14: Keputusan Pengujian Navigasi Kembali (TC05)

ID Kes Ujian	TC05
Nama Kes Ujian	Navigasi Kembali
Langkah Ujian	1. Dari halaman maklumat, tekan butang " <i>Back</i> " 2. Kembali ke halaman Carian

	3. Dari <i>AR Page</i> , tekan " <i>Back</i> " untuk kembali ke maklumat
Jangkaan Hasil	Navigasi kembali berfungsi tanpa ralat
Hasil Sebenar	Butang " <i>Back</i> " berfungsi dengan betul di semua halaman
Status	Berjaya

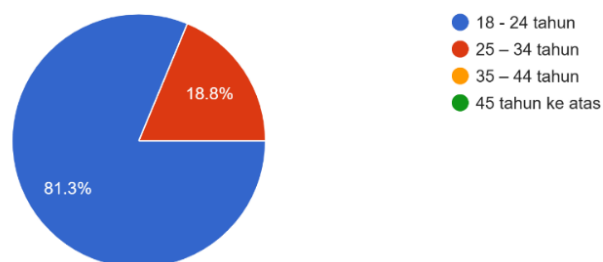
Akhir sekali, ujian pada Jadual 15 dijalankan untuk memastikan butang "*Reset*" berfungsi dengan betul dalam menetapkan semula model 3D ke keadaan asal. Pengguna mencuba fungsi ini selepas memanipulasi model dari segi putaran atau saiz, dan juga dalam keadaan tanpa sebarang interaksi. Keputusan menunjukkan bahawa fungsi *Reset* beroperasi dengan stabil dan tepat, memastikan interaksi pengguna kekal lancar dan mudah.

Jadual 15: Keputusan Pengujian Navigasi "*Reset*" (TC06)

ID Kes Ujian	TC06
Nama Kes Ujian	Navigasi " <i>Reset</i> " Model 3D
Langkah Ujian	1. Akses halaman AR. 2. Ubah suai model 3D. 3. Tekan butang " <i>Reset</i> ". 4. Uji juga tanpa interaksi.
Jangkaan Hasil	Model 3D kembali ke kedudukan asal tanpa ralat.
Hasil Sebenar	Fungsi " <i>Reset</i> " berjaya menetapkan semula model 3D tanpa sebarang masalah atau ralat.
Status	Berjaya

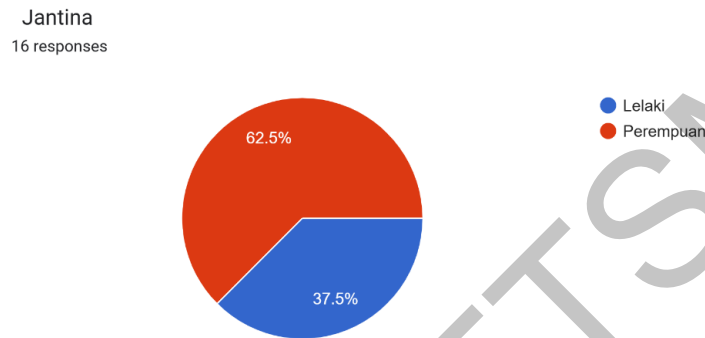
Rajah 5 hingga Rajah 7 menunjukkan keputusan pengujian bagi Bahagian A iaitu soalan berkaitan maklumat asas pengguna. Rajah 5 menunjukkan carta pai bagi umur pengguna yang menjawab borang soal selidik melalui *Google Form*. Peratusan tertinggi umur pengguna yang menjalankan ujian kebolegunaan sistem adalah pada julat 18 tahun hingga 24 tahun iaitu sebanyak 81.3%.

Umur
16 responses



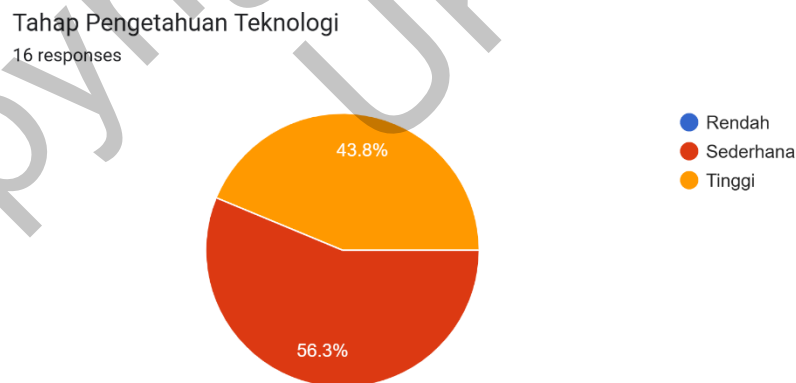
Rajah 5: Peratusan Umur Pengguna

Rajah 6 menunjukkan carta pai bagi jantina pengguna yang menjawab borang soal selidik melalui *Google Form*. Kebanyakan pengguna adalah perempuan iaitu peratusan sebanyak 62.5 %.



Rajah 6: Peratusan Jantina Pengguna

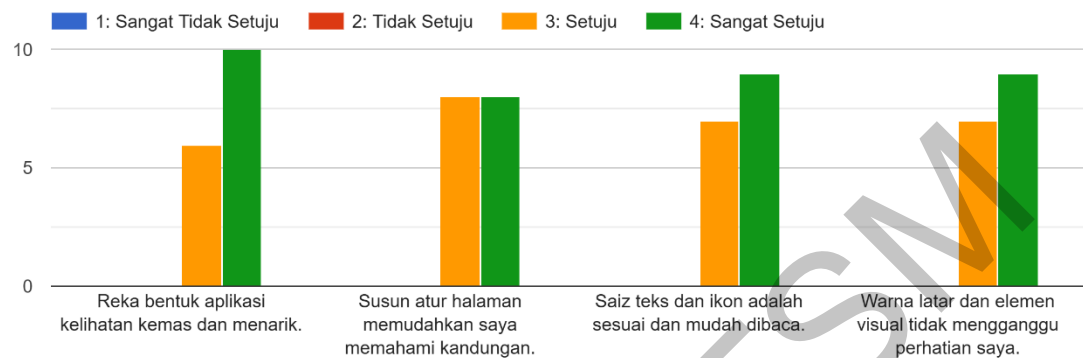
Rajah 7 menunjukkan carta pai bagi tahap pengetahuan teknologi pengguna. Pengguna kebanyakan mempunyai tahap pengetahuan teknologi yang sederhana dan peratusan mencatatkan sebanyak 56.3%.



Rajah 7: Peratusan Tahap Pengetahuan Teknologi Pengguna

Rajah 8 menunjukkan keputusan pengujian dalam bentuk carta bar bagi Bahagian B iaitu soalan berkaitan reka bentuk antara muka aplikasi *Fresh Smart*.

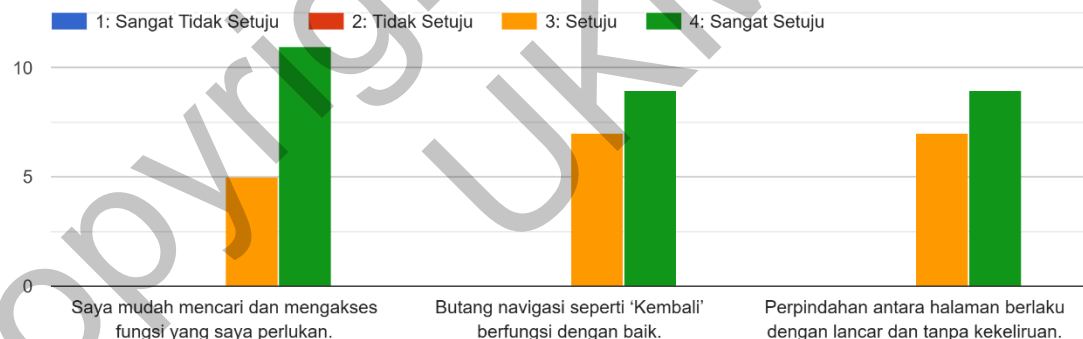
Sila pilih salah satu jawapan mengikut skala (1: Sangat Tidak Setuju - 4: Sangat Setuju)



Rajah 8: Carta Bar Ujian Reka Bentuk Antara Muka

Rajah 9 menunjukkan keputusan pengujian dalam bentuk carta bar bagi Bahagian C iaitu soalan berkaitan navigasi aplikasi yang terdapat dalam aplikasi *Fresh Smart*.

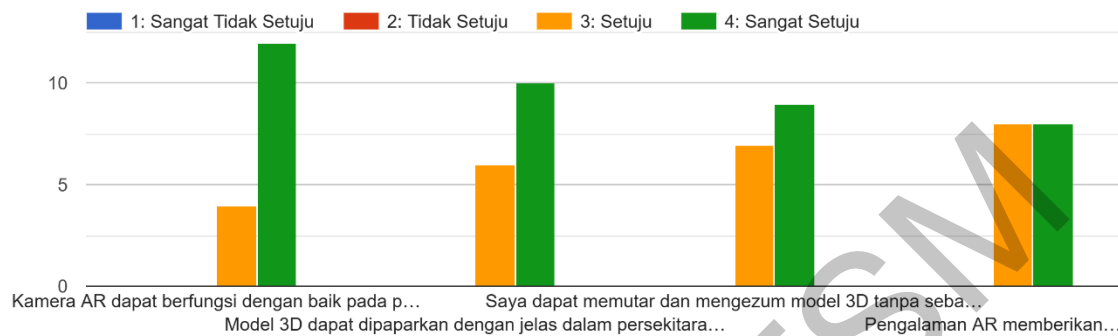
Sila pilih salah satu jawapan mengikut skala (1: Sangat Tidak Setuju - 4: Sangat Setuju)



Rajah 9: Carta Bar Ujian Navigasi Aplikasi

Rajah 10 menunjukkan keputusan pengujian dalam bentuk carta bar bagi Bahagian D iaitu soalan berkaitan kebolegunaan fungsi AR dan interaksi dengan model 3D dalam aplikasi *Fresh Smart*.

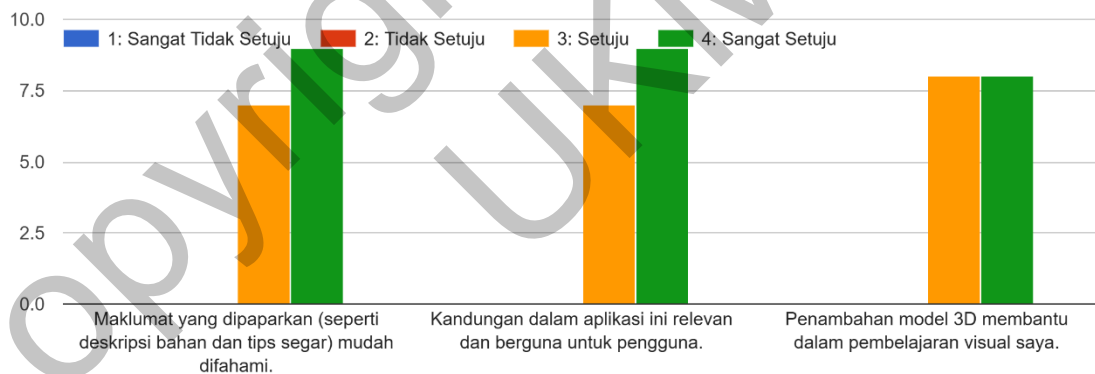
Sila pilih salah satu jawapan mengikut skala (1: Sangat Tidak Setuju - 4: Sangat Setuju)



Rajah 10: Carta Bar Ujian Fungsi AR dan Model 3D

Rajah 11 menunjukkan keputusan pengujian dalam bentuk carta bar bagi Bahagian E iaitu soalan berkaitan kandungan dan maklumat yang terdapat dalam aplikasi *Fresh Smart*.

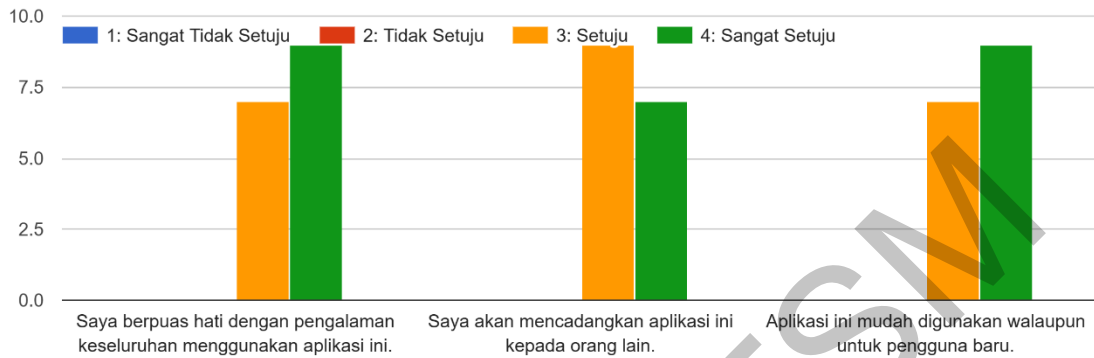
Sila pilih salah satu jawapan mengikut skala (1: Sangat Tidak Setuju - 4: Sangat Setuju)



Rajah 11: Carta Bar Ujian Kandungan dan Maklumat

Rajah 12 dan Rajah 13 menunjukkan keputusan pengujian dalam bentuk carta bar bagi Bahagian F iaitu soalan berkaitan kepuasan pengguna apabila menggunakan aplikasi *Fresh Smart* dan maklum balas pengguna untuk penambahbaikan yang boleh dilakukan bagi aplikasi ini.

Sila pilih salah satu jawapan mengikut skala (1: Sangat Tidak Setuju - 4: Sangat Setuju)



Rajah 12: Carta Bar Ujian Kandungan dan Maklumat

Cadangan Lain untuk Penambahbaikan Aplikasi: ▾

-
- tiada
- Membuat dan menambah bahan mentah lain untuk pelbagai variasi
- Tiada
- Grafik yang lebih cantik
-
- tiada
- No
-
- tiada
-
- Tiada
- baik keseluruhan
- TIADA
- Okay already
- Boleh tambahkan chatbox

Rajah 13: Carta Bar Maklum Balas Pengguna

5.0 KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, projek ini telah berjaya merealisasikan pembangunan aplikasi mudah alih *Fresh Smart* yang berfungsi sebagai panduan interaktif untuk membantu pengguna mengenal pasti tahap kesegaran bahan mentah berasaskan protein haiwan seperti ikan, ayam, daging, dan makanan laut. Melalui integrasi teknologi realiti terimbuh (AR) dan model 3D, aplikasi ini membolehkan pengguna berinteraksi dengan bahan mentah secara visual sambil memperoleh maklumat berkaitan ciri fizikal kesegaran dan kandungan nutrisi. Pendekatan ini

bukan sahaja memberi kemudahan kepada pengguna dalam membuat keputusan pembelian yang lebih tepat, tetapi juga meningkatkan kesedaran mereka terhadap keselamatan dan kualiti bahan makanan.

Projek ini telah melalui beberapa fasa pembangunan termasuk analisis keperluan, reka bentuk, pembangunan prototaip, pengujian dan penambahbaikan. Proses pembangunan telah dilaksanakan berdasarkan metodologi Agile yang membolehkan iterasi berterusan dilakukan berdasarkan maklum balas pengguna. Hasil daripada soal selidik kebolegunaan yang dijalankan menunjukkan tahap penerimaan yang tinggi terhadap fungsi aplikasi, antara muka pengguna, serta kemudahan navigasi dan kefahaman kandungan yang disampaikan. Ini membuktikan bahawa aplikasi *Fresh Smart* telah memenuhi objektif reka bentuknya dari segi keberkesanan, kecekapan dan kepuasan pengguna.

Namun begitu, sepanjang pelaksanaan projek, beberapa cabaran turut dikenalpasti seperti keperluan untuk mengoptimumkan paparan model 3D pada pelbagai peranti mudah alih, kekangan pencahayaan ketika penggunaan AR, dan penambahan maklumat untuk pelbagai jenis bahan mentah yang lebih luas. Walaupun cabaran ini dapat diatasi sebahagian besar melalui proses penambahbaikan, ia tetap membuka ruang untuk pengembangan aplikasi ini pada masa hadapan.

Sebagai cadangan penambahbaikan, aplikasi ini boleh diperkembangkan dengan penambahan fungsi pengecaman bahan mentah secara automatik menggunakan kamera, pemaparan video pendek cara mengenalpasti bahan segar secara manual, serta pengkategorian bahan mengikut waktu simpan dan suhu optimum. Selain itu, fungsi perkongsian atau integrasi dengan sistem e-dagang juga boleh dipertimbangkan agar aplikasi bukan sahaja bertindak sebagai alat pendidikan dan panduan, malah menjadi sebahagian daripada ekosistem pengguna semasa membuat pembelian.

Secara keseluruhan, pembangunan *Fresh Smart* bukan sahaja membuktikan potensi penggunaan AR dalam kehidupan harian, malah berjaya memperkenalkan satu pendekatan teknologi yang praktikal dan bermanfaat kepada pengguna. Dengan penambahbaikan berterusan, aplikasi ini berpotensi menjadi satu inovasi yang berguna dalam bidang keselamatan makanan dan pengurusan kualiti bahan mentah di Malaysia.

6.0 PENGHARGAAN

Penghargaan dalam sebuah laporan teknik adalah bahagian di mana penulis menyatakan terima kasih kepada individu, kumpulan, atau pihak yang telah memberikan sokongan, bantuan, atau sumbangan dalam menjalankan kajian. Penulis kajian ini ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada Dr. Siti Zahidah Abdullah, penyelia projek ini yang telah banyak memberikan tunjuk ajar, dorongan serta bimbingan sepanjang tempoh menyiapkan projek ini sehingga berjaya.

Penulis juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) atas kemudahan dan sokongan yang telah diberikan sepanjang menjalankan projek ini. Tidak dilupakan juga kepada kedua ibu bapa serta ahli keluarga yang telah memberikan sokongan moral dan kewangan yang amat bermakna sepanjang tempoh pelaksanaan projek ini.

Akhir sekali, penghargaan ditujukan kepada semua rakan-rakan serta individu yang telah membantu secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek ini. Segala bentuk bantuan, nasihat dan sokongan amatlah dihargai. Semoga segala jasa dan budi baik yang dicurahkan diberkati dan dibalas dengan kebaikan yang berpanjangan.

7.0 RUJUKAN

Lee, J., Kim, H., & Park, S. (2021). Automated Fish Species Identification Using Machine Learning Techniques. *Journal of Marine Science and Technology*, 29(3), 123-135. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00773-021-00792-1>

Smith, A., & Tan, B. H. (2020). Freshness Assessment of Fish via Image Analysis of Eye and Gill Coloration. *Food Quality and Preference*, 86, 104021. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104021>

Ahmed, N., Rahman, M., & Hossain, M. (2019). Detection of Fish Spoilage Using Gas Sensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 297, 126743. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.126743>

- Wong, P. K., & Lim, C. S. (2018). Augmented Reality Applications in Seafood Education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 15(1), 45. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s41239-018-0124-2>
- Nur Athirah Hassan Basri, Rahmita Wirza O.K. Rahmat, Hizmawati Madzin, Rafidah Hod. 2023. *Kajian Penggunaan Aplikasi Guru Maya Realiti Meningkatkan untuk Perspektif Pelajar Perubatan Ijazah Sarjana Muda*. Serdang: Universiti Putra Malaysia.
- Ema Kurnia, Halimah Tus Sadiah, Teddy Setiawan, Setiawan Kriswanto, Bambang Wahyudiono, Selvi Arsanti, Fitra Syafaat. 2022. *E-Commerce Penjualan Ikan Cupang Berbasis Website*. Bogor: Universitas Pakuan.
- Ping Shao, Liming Liu, Jiahao Yu, Yang Lin, Haiyan Gao, Hangjun Chen, Peilong Sun. 2021. *An overview of intelligent freshness indicator packaging for food quality and safety monitoring*. United Kingdom: Trends in Food Science and Technology. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.002>
- José Miguel Mota, Iván Ruiz-Rube, Juan Manuel Dodero, Inmaculada Arnedillo-Sánchez. 2018. *Augmented Reality Mobile App Development for All*. Murcia: University of Murcia. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/ICALT.2018.00043>
- Patrick Reipschläger, Raimund Dachzelt. 2019. *DesignAR: Immersive 3D-Modeling Combining Augmented Reality with Interactive Displays*. Paper Session 1: Augmented & Virtual Reality. Daejeon, Republic of Korea., 10-13 November. Retrieved from <https://doi.org/10.1145/3359996.3364264>
- Siyka Zlatanova. 2001. *3D Modelling for Augmented Reality*. Dynamic and Multi-dimensional GIS, Bangkok, Thailand., 23-25 Mei. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/228708416>
- Austin Harris. 2016. FishVerify App Can Help Fishermen Instantly Identify Their Catch. *App Developer Magazine*, 22 Disember. Retrieved from <https://appdeveloper magazine.com/fishverify-app-can-help-fishermen-instantly-identify-their-catch/>
- Sarah Marsh. 2023. Eating mackerel no longer sustainable, Good Fish Guide advises. *The Guardian*, 5 April. Retrieved from

<https://www.theguardian.com/environment/2023/apr/05/eating-mackerel-no-longer-sustainable-good-fish-guide-advises>

Peter Antoniac. 2005. *Augmented Reality Based User Interface for Mobile Applications and Services*. Oulu: University of Oulu. Retrieved from <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20051205>

Kamaruddin, N., Hashim, M., & Rahim, R. (2020). Analisis penggunaan teknologi realiti terimbuah dalam aplikasi mudah alih untuk pendidikan sains. *Jurnal Teknologi Pendidikan Malaysia*, 8(2), 55–64. Retrieved from <https://doi.org/10.11113/jt.v8n2.1234>

Lim, J. Y., Tan, K. H., & Chua, Y. H. (2021). Development of smart mobile application for real-time meat freshness detection using computer vision. *2021 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, 173–178. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/SMARTCOMP52413.2021.00034>

Abdullah, M. Z., Zakaria, A., & Salleh, M. S. (2022). Integrasi sensor gas dan IoT dalam pemantauan kesegaran ikan di rantai sejuk. *Jurnal Kejuruteraan*, 34(1), 88–95. Retrieved from <https://doi.org/10.17576/jkukm-2022-34-01-10>

Rahman, A., Ismail, N., & Yusof, R. (2020). Potensi realiti terimbuah (AR) dalam aplikasi industri makanan: Kajian literatur sistematik. *Jurnal Teknologi*, 82(5), 67–75. Retrieved from <https://doi.org/10.11113/jt.v82.16642>

Chong, C. W., & Yap, Y. K. (2021). Mobile-based augmented reality application for seafood traceability and consumer awareness. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(4), 1504–1510. Retrieved from <https://doi.org/10.18517/ijaseit.11.4.13459>

Norazman, N., Jamaludin, Z., & Mohd Rosli, M. R. (2019). Rekabentuk antaramuka pengguna untuk aplikasi realiti terimbuah berasaskan pendidikan interaktif. *Jurnal Pendidikan Malaysia*, 44(2), 29–39. Retrieved from <https://doi.org/10.17576/jpen-2019-44.02-04>

Tan, L. C., Goh, C. F., & Ong, S. K. (2023). Deep learning models for predicting fish freshness from image data: A comparative study. *Computers and Electronics in Agriculture*, 208, 107769. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107769>

Zakaria, H., & Baharudin, N. (2022). Pembangunan aplikasi mudah alih berasaskan AR untuk kesedaran keselamatan makanan di kalangan remaja. *Jurnal Keselamatan Makanan Malaysia*, 10(1), 12–20. Retrieved from <https://doi.org/10.1234/jkm.v10i1.5678>

Fatini Nadhirah Mohamad Adhar (A188716)

Dr. Siti Zahidah Abdullah

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia