

APLIKASI TERAPI PLANTAR FASCIITIS BERASASKAN REALITI TERIMBUH

NOR SYUHADA BINTI MD NOOR

HAZURA BINTI MOHAMED

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

ABSTRAK

Dalam era digital masa kini, teknologi realiti terimbu (Augmented Reality, AR) semakin mendapat tempat dalam pelbagai sektor, termasuk bidang kesihatan. AR berupaya menggabungkan elemen maya ke dalam persekitaran sebenar, sekali gus meningkatkan pengalaman pengguna dan menyokong penyelesaian masalah secara interaktif. Salah satu masalah kesihatan yang lazim dihadapi ialah plantar fasciitis, punca utama kesakitan tumit dan tapak kaki. Rawatan utama bagi keadaan ini ialah senaman terapi fizikal secara berterusan. Namun begitu, kekurangan pengawasan daripada ahli terapi dan tahap motivasi pesakit yang rendah sering menjejaskan keberkesanan rawatan. Kesalahan dalam teknik senaman juga boleh melambatkan pemulihan atau memburukkan simptom. Projek ini dibangunkan menggunakan Unity sebagai enjin pembangunan, Blender bagi model 3D, Google Firebase untuk pengesahan akaun dan penyimpanan data, serta Vuforia untuk fungsi AR, dengan metodologi Agile bagi membolehkan penambahbaikan berterusan. Pengujian fungsian menggunakan teknik kotak hitam melibatkan lima fasa utama iaitu pendaftaran akaun, log masuk, paparan profil, maklumat plantar fasciitis, dan latihan terapi AR, yang semuanya mencatatkan status lulus. Ujian kebolegunaan melalui System Usability Scale (SUS) terhadap 31 responden memperoleh skor purata 97.26/100, menunjukkan tahap kebolegunaan yang sangat tinggi. Keputusan ini membuktikan aplikasi mampu memberi panduan senaman yang tepat, konsisten, mesra pengguna, serta berpotensi mempercepat pemulihan tanpa kebergantungan penuh kepada ahli terapi.

ABSTRACT

In today's digital era, Augmented Reality (AR) technology is increasingly gaining traction in the healthcare sector for its ability to integrate virtual elements into real environments, thereby enhancing user experience. One common health issue is plantar fasciitis, where the primary treatment involves continuous physical therapy exercises; however, a lack of supervision and low patient motivation often reduce treatment effectiveness. This project develops an AR-based therapy application using Unity as the development engine, Blender for 3D modelling, Google Firebase for authentication and data storage, and Vuforia for AR functionality, adopting the Agile methodology to enable continuous improvement. Functional testing was carried out using the black-box method and covered five main components including account registration, login, profile display, plantar fasciitis information, and AR therapy exercises. All components were tested successfully. Usability testing was conducted using the System Usability Scale with feedback from 31 respondents, resulting in an average score of 97.26 out of 100. This indicates an exceptionally high level of usability. The results demonstrate that the application is capable of providing accurate, reliable, and user-friendly exercise guidance with the potential to enhance recovery without complete reliance on a therapist.

PENGENALAN

Interaksi yang wujud antara dunia maya dan dunia nyata yang dikenali sebagai realiti terimbuh terjadi apabila wujudnya teknologi yang menggabungkan elemen visual digital dengan persekitaran sebenar. Pengguna dapat melihat imej 3D atau maklumat tambahan yang dihasilkan secara maya dalam ruang nyata menggunakan alatan realiti terimbuh seperti peranti mudah alih atau kaca mata AR. Terdapat pelbagai bidang yang sudah berkembang maju menggunakan teknologi realiti terimbuh dalam bidang masing-masing termasuklah bidang pendidikan, latihan industri dan kemahiran kerana keberkesanannya yang tinggi melalui pengalaman yang lebih interaktif dan menarik. Teknologi realiti terimbuh dapat memberikan teknik yang lebih tepat dan menyediakan latihan secara berkesan dan berpotensi untuk menambah nilai dalam kehidupan seharian.

Teknologi realiti terimbuh juga telah banyak mempengaruhi sektor kesihatan sebagai alat yang berkesan untuk membantu rawatan dan pemulihan. Pihak profesional dalam bidang kesihatan dapat menyampaikan maklumat yang kompleks secara mudah seperti dalam latihan fizikal, simulasi pembedahan dan pendidikan pesakit. Teknologi realiti terimbuh yang digunakan untuk terapi fizikal dapat membantu pesakit dalam memahami pergerakan dan senaman dengan lebih jelas melalui paparan visual yang lebih mendalam. Motivasi dan konsistensi pesakit untuk mengekalkan rutin pemulihan dapat ditingkatkan melalui penggunaan realiti terimbuh.

Masalah kesihatan umum yang menyebabkan rasa sakit di bahagian tumit akibat daripada keradangan pada tisu plantar fascia iaitu satu kondisi yang dipanggil sebagai plantar fasciitis telah mempengaruhi jutaan orang dari seluruh dunia. Plantar fasciitis berlaku pada kira-kira 10% daripada populasi umum, dengan 83% daripada pesakit ini adalah orang dewasa yang aktif bekerja antara 25 hingga 65 tahun (Buchanan et al., 2024). Plantar fasciitis sering berlaku di kalangan pekerja yang melakukan kerja yang aktif seperti berjalan atau berdiri di atas permukaan yang keras dalam jangka masa yang lama. Latihan pemulihan telah banyak disarankan kepada pesakit seperti senaman meregang dan menguatkan plantar fascia. Namun, terdapat pesakit mengalami kesulitan untuk mengikuti latihan kerana tiada pengawasan daripada ahli terapi dan kurangnya motivasi. Oleh itu, aplikasi ini dibangunkan dengan tujuan mensimulasikan latihan terapi fizikal secara maya yang dapat membantu pesakit dengan menyediakan pengalaman yang menarik ketika melakukan latihan terapi.

SOROTAN SUSASTERA

Kemajuan dalam bidang perubatan dan teknologi telah membawa kepada pelbagai inovasi dalam kaedah rawatan dan rehabilitasi bagi pesakit plantar fasciitis. Penyelidikan terkini menunjukkan bahawa kombinasi antara terapi fizikal yang sistematik dan teknologi canggih dapat memberikan hasil yang lebih berkesan dalam proses pemulihan. Salah satu pendekatan yang semakin mendapat perhatian ialah penggunaan teknologi realiti terimbuhan yang membolehkan pesakit menjalani sesi terapi yang lebih interaktif dan mudah diakses. Oleh itu, bahagian ini akan menerangkan tentang rutin rehabilitasi yang disarankan, konsep realiti terimbuhan, serta aplikasi teknologi ini dalam rawatan plantar fasciitis.

Rutin Rehabilitasi untuk Pesakit Plantar Fasciitis

Pesakit plantar fasciitis disarankan untuk menjalani rutin rehabilitasi secara konsisten memandangkan keberkesanannya dalam mengurangkan kesakitan dan mempercepatkan proses pemulihan. Plantar fasciitis merupakan keadaan keradangan pada tisu plantar fascia, iaitu struktur yang menyokong lengkungan tapak kaki. Keadaan ini lazimnya berpunca daripada tekanan berlebihan pada tapak kaki yang menyebabkan kesakitan yang ketara, khususnya semasa berdiri atau berjalan.

Rehabilitasi yang melibatkan senaman regangan dan pengukuhan otot kaki telah dikenal pasti sebagai pendekatan yang berkesan dalam meningkatkan fleksibiliti dan kestabilan kaki. Senaman ini bukan sahaja dapat membantu dalam pengurangan gejala kesakitan, tetapi juga berupaya mencegah risiko kecederaan berulang, seterusnya menyumbang kepada peningkatan kualiti hidup pesakit.

Kajian yang dijalankan oleh Abdelmowla dan Abd-Elmageed (2021) menerusi artikel bertajuk “Plantar Fasciitis: Patients Outcomes After 12-Week Exercises Rehabilitation Program” menunjukkan bahawa program rehabilitasi selama 12 minggu memberikan impak yang signifikan terhadap pemulihan pesakit. Hasil kajian menunjukkan pengurangan ketara dalam tahap kesakitan dan ketidakupayaan, selain peningkatan fungsi kaki secara keseluruhan. Tambahan pula, program ini didapati mudah dilaksanakan, kos efektif, serta sesuai diaplikasikan dalam pelbagai persekitaran klinikal.

Namun begitu, kejayaan program rehabilitasi ini sangat bergantung pada tahap kepatuhan pesakit terhadap pelan rawatan yang ditetapkan. Ketidakpatuhan terhadap rutin rehabilitasi boleh menyebabkan keadaan pesakit berlarutan atau menjadi lebih serius, seterusnya memerlukan intervensi perubatan yang lebih intensif. Oleh itu, kepatuhan terhadap program rehabilitasi secara konsisten merupakan faktor kritikal dalam memastikan keberkesanan rawatan bagi pesakit plantar fasciitis.

Realiti Terimbuh(AR)

AR merujuk kepada teknologi yang menggabungkan elemen-elemen dunia sebenar dengan elemen-elemen maya yang dihasilkan oleh komputer, yang membolehkan pengguna mengalami interaksi antara kedua-dua dunia tersebut secara serentak. AR adalah teknologi di mana pengguna mengalami suatu pengalaman maya dalam bentuk 2D atau 3D (Yusuf, 2023). Dalam AR, objek maya seperti teks, gambar, atau model tiga dimensi dipaparkan di atas persekitaran sebenar melalui peranti seperti telefon pintar, tablet, atau peranti khas seperti cermin mata AR. AR dapat didefinisikan sebagai sebuah teknologi yang dapat menggabungkan benda maya dua dimensi atau tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan yang nyata kemudian memunculkannya secara nyata dan AR juga dapat digunakan untuk membantu memvisualisasikan konsep abstrak untuk pemahaman dan struktur suatu model objek. Teknologi ini biasanya digunakan dalam pelbagai bidang seperti permainan, pendidikan, pemasaran, dan latihan industri untuk memberikan pengalaman yang lebih mendalam dan interaktif kepada pengguna.

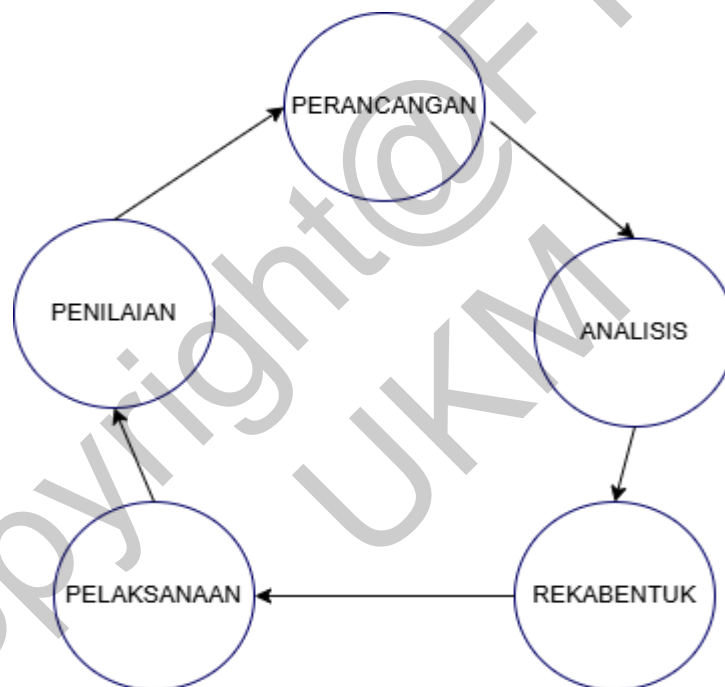
Aplikasi Realiti Terimbuh untuk Rehabilitasi

Aplikasi AR dalam rehabilitasi mempunyai potensi besar dalam meningkatkan pengalaman pemulihan pesakit menjadikan sesi terapi lebih efektif dan berkesan. Menurut artikel dari PMC, teknologi AR membolehkan pesakit menjalani sesi terapi di rumah dengan panduan visual langsung, yang membantu meningkatkan ketepatan pergerakan dan mengurangkan risiko kecederaan tambahan. Pesakit juga mendapat maklum balas masa nyata untuk melihat perkembangan mereka, memberikan motivasi tambahan dalam proses pemulihan mereka (Gil MJ et al, 2021). Salah satu kelebihan utama AR ialah ia dapat meningkatkan motivasi pesakit seperti dalam kajian ScienceDirect, dalam tahun-tahun kebelakangan ini, sistem latihan berasaskan AR dan Realiti Maya yang digabungkan dengan komputer dan aplikasi telefon pintar digunakan sebagai tambahan kepada rehabilitasi konvensional. Teknologi ini

menawarkan peluang baharu untuk meningkatkan penglibatan pesakit melalui aplikasi interaktif, di samping boleh digabungkan dengan teknik pembangunan permainan untuk meningkatkan minat pengguna, yang seterusnya memberikan pengalaman keseluruhan yang lebih baik.

METODOLOGI KAJIAN

Projek ini menggunakan metodologi pembangunan Agile yang lebih fleksibel. Projek ini dipecahkan kepada tugas tugas kecil yang boleh diurus untuk membolehkan maklum balas, penyesuaian dan penambahbaikan sepanjang proses pembangunan. Rajah 1 menunjukkan model Agile yang akan digunakan semasa proses pembangunan aplikasi ini.



Rajah 1 Model Agile

Fasa Perancangan

Pada permulaan setiap fasa utama, perbincangan dengan penyelia akan diadakan untuk membincangkan matlamat setiap fasa, skop dokumen, dan keperluan maklumat yang perlu dihasilkan. Setiap fasa ini boleh dianggap sebagai satu 'sprint' yang mempunyai hasil akhir yang jelas, seperti penghantaran draf dan semakan.

Fasa analisis

Fasa analisis dalam Agile berlaku secara berterusan dalam setiap sprint. Sebelum setiap sprint, keperluan dan matlamat projek dianalisis dengan lebih mendalam untuk menentukan bagaimana ia boleh dipecahkan kepada ciri-ciri kecil yang boleh dibangunkan dan diuji secara berulang. Maklum balas daripada pengguna dikumpulkan untuk memperbaiki keperluan projek.

Fasa reka bentuk

Reka bentuk awal dihasilkan bagi ciri-ciri yang sedang dibangunkan. Ini termasuk pembangunan prototaip bagi antara muka pengguna (UI) dan persekitaran projek seperti realiti terimbuh (AR), yang akan diperhalusi berdasarkan maklum balas dan ujian.

Fasa pelaksanaan

Ciri-ciri dan fungsi dibangunkan secara bertahap. Setiap komponen diintegrasikan secara beransur-ansur dan diuji. Ini memastikan bahawa perkembangan projek berlaku secara teratur, dan setiap ciri yang siap boleh digunakan serta-merta tanpa menunggu keseluruhan sistem dibangunkan.

Fasa Penilaian

Ujian setiap fungsi, integrasi, dan ujian pengguna dijalankan selepas setiap sprint. Setiap ciri yang dibangunkan diuji untuk memastikan ia memenuhi keperluan fungsi dan kebolehgunaan. Hal ini membolehkan sebarang masalah dapat dikesan dengan awal dan boleh dibaiki sebelum fasa seterusnya.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

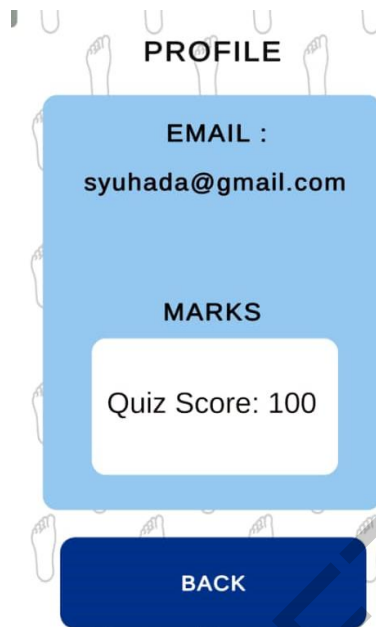
Pelaksanaan fasa pengujian bagi Aplikasi Terapi Plantar Fasciitis Berasaskan Realiti Terimbuh ini bertujuan untuk merancang, melaksanakan dan mendokumentasikan keseluruhan proses serta kaedah pengujian yang digunakan agar kualiti aplikasi dapat dipastikan sebelum digunakan oleh pengguna sebenar. Antara fungsi utama yang diuji termasuklah paparan dan navigasi menu, penggunaan teknologi AR dalam terapi Plantar Fasciitis, serta fungsi penyimpanan dan paparan maklumat pengguna.

Rajah 2 menunjukkan antara muka pengguna bagi sistem log masuk dan pendaftaran akaun dalam sebuah aplikasi. Paparan pertama memaparkan halaman log masuk dengan tajuk "HI! WELCOME" dan meminta pengguna untuk memasukkan maklumat e-mel dan kata laluan dalam borang yang berlatar belakang biru. Di bawahnya terdapat butang "LOGIN" berwarna biru gelap, serta pautan untuk mendaftar jika belum mempunyai akaun. Paparan kedua pula merupakan halaman pendaftaran akaun baharu dengan reka bentuk yang hampir sama, membolehkan pengguna mengisi e-mel dan kata laluan, kemudian menekan butang "SIGN UP" untuk mendaftar. Selain itu, terdapat juga butang "BACK TO LOGIN PAGE" bagi membolehkan pengguna kembali ke halaman log masuk. Reka bentuk ini ringkas dan mesra pengguna bagi memudahkan proses pengesahan identiti.

The image displays two side-by-side web forms for user authentication. Both forms have a light blue background and a white border. The left form is for login, featuring a 'HI! WELCOME' header, a sub-header 'Please enter you information below.', and two input fields labeled 'EMAIL' and 'PASSWORD'. Below the fields is a dark blue 'LOGIN' button. At the bottom, there is a link 'Don't have an account? Sign Up'. The right form is for registration, featuring a 'HI! WELCOME' header, a sub-header 'Let's create your account.', and two input fields labeled 'Email' and 'Password'. Below the fields is a dark blue 'SIGN UP' button. At the bottom, there is a dark blue button labeled 'BACK TO LOGIN PAGE'.

Rajah 2 Antara Muka Log Masuk dan Daftar Akaun

Rajah 3 memaparkan antara muka halaman profil pengguna dalam sebuah aplikasi. Di bahagian atas, terdapat label "PROFILE" yang diikuti dengan maklumat e-mel pengguna, iaitu "syuhada@gmail.com", yang dipaparkan dalam kotak berlatar belakang biru muda. Di bawahnya, terdapat bahagian "MARKS" yang menunjukkan keputusan kuiz pengguna dengan skor "Quiz Score: 100" dalam kotak putih. Reka bentuk ini turut menyediakan butang "BACK" berwarna biru di bahagian bawah untuk membolehkan pengguna kembali ke halaman sebelumnya. Antara muka ini direka dengan ringkas dan mudah difahami bagi memaparkan maklumat peribadi dan prestasi pengguna dengan jelas.



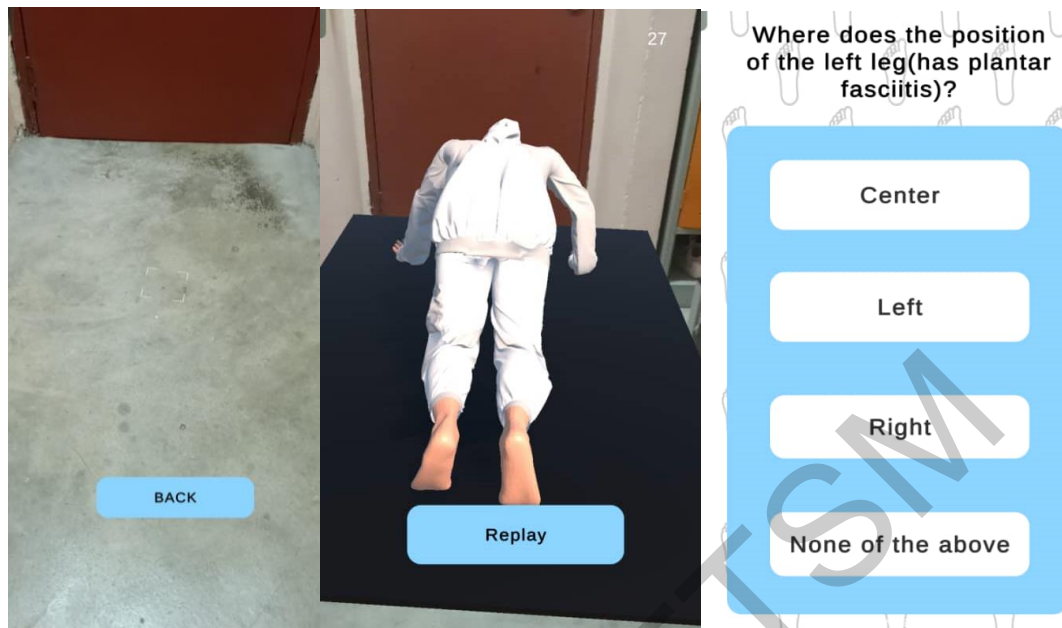
Rajah 3 Antara Muka Profil

Rajah 4 menunjukkan maklumat ringkas berkaitan Plantar Fasciitis, iaitu satu keadaan sakit di bahagian tumit kaki. Ia merangkumi empat bahagian utama iaitu: *pengenalan tentang apa itu plantar fasciitis, simptom dan puncanya, cara diagnosis, ujian, pengurusan dan rawatan, serta ramalan dan pencegahan keadaan ini*. Tujuan maklumat ini adalah untuk memberi pemahaman asas kepada pesakit atau orang awam tentang penyakit ini serta langkah-langkah untuk menguruskannya dengan lebih baik.



Rajah 4 Antara Muka Ruang Maklumat

Rajah 5 menunjukkan ruang terapi realiti terimbuh (AR) yang digunakan untuk latihan mengenal pasti kedudukan kaki yang mengalami plantar fasciitis. Pengguna ditanya soalan dan perlu memilih jawapan yang betul berdasarkan model pesakit maya yang terbaring dalam posisi terlentang. Model visual menunjukkan kaki kiri pesakit (kaki kanan dari pandangan pengguna) dalam keadaan tertentu, dan pengguna perlu meneka kedudukan tersebut sama ada di tengah, kiri, kanan atau tiada dalam pilihan. Ciri "Replay" membolehkan pengguna melihat semula animasi untuk membantu dalam membuat keputusan yang tepat. Lantai digunakan sebagai penanda (*marker*) untuk mengesan permukaan sebenar.



Rajah 5 Antara Muka Ruang Terapi AR

Penilaian Aplikasi

Berdasarkan teknik reka bentuk pengujian, langkah-langkah untuk setiap jenis ujian yang dipilih melibatkan perancangan prosedur dan penyediaan data ujian yang sistematik bagi memastikan keberkesanan proses pengujian. Bagi ujian berfungsi, prosedurnya merangkumi penyediaan senarai fungsi utama sistem, menetapkan input yang sesuai, dan memerhatikan sama ada output yang dijana menepati jangkaan, manakala data ujian terdiri daripada data sebenar atau simulasi yang mewakili interaksi pengguna seperti log masuk, pemilihan terapi AR, dan penyimpanan markah. Untuk ujian tidak berfungsi, langkahnya termasuk menilai prestasi sistem seperti masa tindak balas, keserasian peranti, dan kebolehgunaan dengan menggunakan data ujian berbentuk senario pengguna dalam pelbagai keadaan dan persekitaran.

Pengujian Fungsian (Kotak Hitam)

Spesifikasi kes pengujian bagi teknik kotak hitam memberi tumpuan kepada fungsi sistem tanpa mengetahui struktur dalaman kod. Ujian ini melibatkan pemberian input kepada sistem dan pemerhatian terhadap output yang dijana bagi menentukan sama ada hasilnya memenuhi keperluan yang ditetapkan. Contohnya termasuk pengesahan log masuk, pemilihan terapi AR, dan paparan skor, di mana setiap fungsi diuji berdasarkan tindak balas sistem terhadap input pengguna. Jadual 1 menunjukkan pengujian fungsi yang merangkumi 5 fasa utama.

Jadual 1 Fungsi Yang Diuji

Fasa	Perkara	Keputusan
1	Pendaftaran Akaun	Lulus
2	Log Masuk	Lulus
3	Paparan Profil	Lulus
4	Paparan Maklumat Plantar Fasciitis	Lulus
5	Paparan Latihan Terapi AR	Lulus

Pengujian Bukan Fungsian (Pengujian Kebolehgunaan)

Pengujian kebolehgunaan telah dilaksanakan dalam kalangan pengguna sasaran yang terdiri daripada pelajar dan individu dewasa yang mengalami simptom atau berminat mengetahui tentang terapi Plantar Fasciitis. Ujian dilakukan dalam persekitaran yang santai dan terkawal, sama ada secara fizikal atau melalui penghantaran fail APK bersama borang soal selidik dalam talian.

Terdapat sepuluh item dalam soal selidik SUS yang dinilai menggunakan skala 5 mata bermula daripada 1 (sangat tidak setuju) hingga 5 (sangat setuju), di mana item bernombor ganjil (1, 3, 5, 7, 9) adalah pernyataan positif, manakala item bernombor genap (2, 4, 6, 8, 10) adalah pernyataan negatif. Menurut Brooke (2013), penyusunan pernyataan positif dan negatif secara berselang seli bertujuan untuk mengurangkan bias dalam maklum balas responden. Jadual 2 menunjukkan soalan soal selidik yang digunakan dalam pengujian kebolehgunaan ini.

Jadual 2 Soalan Pengujian Kebolehgunaan

ID	Soalan
S1	Saya fikir saya ingin menggunakan sistem ini dengan kerap.
S2	Saya mendapati sistem ini terlalu rumit.
S3	Saya rasa sistem ini mudah digunakan.
S4	Saya perlukan bantuan daripada seseorang yang berpengetahuan untuk menggunakan sistem ini.
S5	Saya dapati pelbagai fungsi dalam sistem ini disepadukan dengan baik.
S6	Saya fikir sistem ini terlalu tidak konsisten.
S7	Saya rasa kebanyakan orang boleh belajar menggunakan sistem ini dengan cepat.
S8	Saya mendapati sistem ini membebankan untuk digunakan.
S9	Saya berasa yakin menggunakan sistem ini.
S10	Saya perlu belajar banyak perkara sebelum dapat menggunakan sistem ini.

Jadual 3 menunjukkan penilaian kebolehgunaan berdasarkan Skor SUS (System Usability Scale), yang digunakan untuk menilai sejauh mana sesuatu sistem atau aplikasi mudah digunakan oleh pengguna. Skor ini dibahagikan kepada beberapa gred, dari A+ (skor 84.1–100) hingga F (skor 0–51.6), yang mencerminkan tahap penerimaan kebolehgunaan. Skor dalam julat A+ hingga C (65.0–100) dianggap sebagai "Kebolehgunaan boleh diterima", manakala skor dalam julat C- hingga D (51.7–64.9) hanya "boleh diterima secara marginal". Skor di bawah 51.6 (gred F) menunjukkan bahawa sistem tersebut "tidak boleh digunakan". Oleh itu, jadual ini membantu menentukan sejauh mana sesuatu sistem memenuhi keperluan pengguna dari segi kebolehgunaan dan boleh dijadikan panduan untuk penambahbaikan reka bentuk antara muka pengguna. Gred kebolehgunaan sistem berdasarkan skor instrumen SUS (Sauro & Lewis, 2016)

Jadual 3 Gred kebolehgunaan sistem berdasarkan skor instrumen SUS (Sauro & Lewis, 2016)

Gred	Skor SUS	Penerimaan Kebolehgunaan
A+	84.1 – 100	Kebolehgunaan boleh diterima
A	80.8 – 84.0	
A-	78.9 – 80.7	
B+	77.2 – 78.8	
B	74.1 – 77.1	
B-	72.6 – 74.0	Kebolehgunaan boleh diterima secara marginal
C+	71.1 – 72.5	
C	65.0 – 71.0	
C-	62.7 – 64.9	
D	51.7 – 62.6	Tidak boleh digunakan
F	0 – 51.6	

Berdasarkan analisis terhadap 31 respon menggunakan instrumen *System Usability Scale* (SUS), sistem yang dinilai telah mencatatkan purata skor kebolehgunaan sebanyak 97.26 daripada 100, yang menunjukkan tahap kebolehgunaan yang sangat boleh diterima. Majoriti responden memberikan skor hampir maksimum dan hanya seorang responden memberikan skor yang lebih rendah (65), namun ini tidak menjejaskan gambaran umum bahawa sistem ini mesra pengguna dan memenuhi jangkaan dalam aspek reka bentuk antara muka dan kefungisian. Kesimpulannya, sistem ini dianggap sangat berkesan dan mudah digunakan oleh kebanyakan pengguna. Jadual 4 menunjukkan hasil pengujian kebolehgunaan antara muka aplikasi.

KESIMPULAN

Kesimpulannya, Aplikasi Terapi Plantar Fasciitis Berasaskan Realiti Terimbuh telah memberikan impak positif kepada pengguna dengan menawarkan pendekatan terapi yang interaktif dan mudah diakses. Namun, beberapa penambahbaikan masih diperlukan bagi meningkatkan keberkesanan dan pengalaman pengguna secara menyeluruh. Maklum balas yang diperoleh daripada pelbagai golongan sasaran menjadi asas penting dalam memperbaiki dan memperkukuh aplikasi ini pada masa akan datang.

Kekuatan Sistem

Aplikasi ini mempunyai beberapa kelebihan yang menjadikannya unik berbanding kaedah terapi konvensional dan aplikasi lain di pasaran. Antara kelebihan utamanya ialah penggunaan teknologi AR yang membolehkan pengguna melihat dan mengikuti demonstrasi senaman terapi secara interaktif dalam persekitaran sebenar. Ini dapat membantu pengguna memahami dengan lebih jelas cara pelaksanaan senaman yang betul. Selain itu, aplikasi ini juga menyediakan panduan suara, visual 3D, serta fungsi kuiz yang menguji kefahaman pengguna terhadap pengetahuan berkaitan plantar fasciitis, seterusnya meningkatkan kesedaran dan pemahaman mereka secara menyeluruh. Reka bentuk antara muka yang mesra pengguna dan mudah diakses turut menjadikan aplikasi ini sesuai untuk semua peringkat umur.

Kelemahan Sistem

Terdapat juga beberapa kekurangan yang dikenal pasti sepanjang pembangunan dan pengujian aplikasi ini. Antaranya ialah kualiti model 3D dan grafik yang masih boleh dipertingkatkan untuk menarik lebih banyak minat pengguna. Di samping itu, terdapat pengguna yang melaporkan kekeliruan semasa menggunakan fungsi AR dalam ruang yang sempit atau tidak cukup cahaya, yang menjejaskan keberkesanan paparan terapi. Kandungan kuiz juga memerlukan semakan semula dari segi kesesuaian tahap kesukaran agar lebih selaras dengan tahap pemahaman pengguna sasaran.

Cadangan Penambahbaikan

Cadangan penambahbaikan untuk versi akan datang aplikasi ini termasuklah meningkatkan kualiti animasi dan model 3D agar lebih realistik dan menarik. Fungsi AR juga boleh ditambah baik dengan menggunakan penjejakan yang lebih stabil serta memberi panduan visual kepada pengguna tentang cara penggunaan yang optimum. Modul kuiz boleh dikategorikan mengikut tahap kesukaran dan disesuaikan dengan latar belakang pengguna agar pengalaman pembelajaran lebih efektif dan tidak membebankan. Tambahan pula, penyertaan fungsi maklum balas pengguna secara langsung dalam aplikasi boleh membantu pembangun memahami keperluan sebenar pengguna dengan lebih mendalam.

PENGHARGAAN

Penghargaan Syukur ke hadrat Allah S.W.T kerana dengan limpah kurnia dan rahmat-Nya, saya dikurniakan kesihatan fizikal dan mental serta kekuatan untuk menyiapkan tesis yang bertajuk "*Aplikasi Terapi Plantar Fasciitis Berasaskan Realiti Terimbuh*" bagi memenuhi keperluan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda.

Setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih saya ucapkan kepada penyelia saya, Dr. Hazura binti Mohamed, atas bimbingan, nasihat, dorongan dan tunjuk ajar yang amat bermakna sepanjang tempoh penyelidikan ini dijalankan. Komitmen dan kesungguhan beliau dalam membimbing saya amat saya hargai dan menjadi sumber inspirasi sepanjang proses ini.

Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada seluruh kakitangan dan pengurusan Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia yang telah memberikan kerjasama, kemudahan dan sokongan sepanjang perjalanan menyiapkan projek ini.

Saya juga ingin merakamkan penghargaan kepada semua pensyarah yang telah mencurahkan ilmu, memberi bimbingan dan dorongan sepanjang pengajian saya di UKM, sama ada secara langsung mahupun tidak langsung.

Tidak lupa kepada kedua ibu bapa yang tercinta serta ahli keluarga yang tidak pernah jemu memberikan doa, dorongan moral dan semangat yang tidak ternilai. Tanpa mereka, saya tidak akan mampu sampai ke tahap ini.

Akhir kata, jutaan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan atas segala bentuk sokongan, bantuan teknikal, perkongsian idea serta nasihat yang telah membantu saya sepanjang proses penyelidikan dan penulisan tesis ini. Segala jasa kalian amat saya hargai.

RUJUKAN

- Abidin, Dr. N. Z. Innovative healthcare: The Rise of Augmented Reality (AR) and virtual reality (VR). AMDI Newsletter. <https://news.amdi.usm.my/fullarticle.php?id=cVJQbEgzQjRPRUIvSExycUIKQ2RVZz09> [2 Julai 2024]
- Ali Ahmed Abdelmowla, R. & Sayed Abd-Elmageed, E. 2021. Plantar fasciitis: patients outcomes after 12-week Exercises Rehabilitation program. *Egyptian Journal of Health Care* 12(4): 1132–1145.
- Argent, R., Daly, A. & Caulfield, B. 2018. Patient involvement with home-based exercise programs: Can connected health interventions influence adherence? *JMIR mHealth and uHealth* 6(3)
- Asana. Flowchart 101: Symbols, types, and how to create them. <https://asana.com/resources/what-is-a-flowchart> [17 Mei 2024]
- BasuMallick, C. Sequence diagrams explained: Elements, examples, and benefits. *Spiceworks Inc.* <https://www.spiceworks.com/tech/devops/articles/sequence-diagram/> [10 Jun 2024]
- Beaton, C. Functional vs non-functional requirements. *Requiment.* <https://www.requiment.com/what-are-functional-and-non-functional-requirements/> [5 March 2024]
- Bonnechre, B., Jansen, B., Omelina, L. & Jan, S. 2016. Do Patients Perform Their Exercises at Home and why (not)? A Survey on Patients' Habits during Rehabilitation Exercises. *the Ulutas Medical Journal* 2(1): 41.
- Buchanan, B. K., Sina, R. E., & Kushner, D. Plantar fasciitis. In *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK431073/> [7 Januari 2024]
- Nurul', F., Nordin, A., Azim, A., Isa, M., Zaidi, M., Zakaria, B., Yahya, H., Zhafri Bin, M. & Nazmi, M. 2022. AR-Learn Model: Model Pembinaan Aplikasi Pembelajaran berteraskan Augmented Reality (AR). *The Sultan Alauddin Sulaiman Shah Journal (JSASS)* 9(1): 31–43. <https://jsass.kuis.edu.my/index.php/jsass/article/view/186>.
- Harvard Health Publishing. (n.d.). Easing the pain of plantar fasciitis. https://www.health.harvard.edu/newsletter_article/easing_the_pain_of_plantar_fasciitis [11 Julai 2020]
- Kompaniets, A. Functional vs. non-functional requirements: Why are both important? *Uptech.* <https://www.uptech.team/blog/functional-vs-non-functional-requirements> [20 Mei 2024]
- Larson, J. What to know about plantar fasciitis. *Healthline.* <https://www.healthline.com/health/plantar-fasciitis> [26 Februari 2023]

- Mohd Raffi, M. L., Mohammad Hussain, M. A., & Ab Malik, Z. 2025. Analisis Kebolegunaan Sistem Pengurusan Persidangan, IPACSYS: Aplikasi NGT Diubahsuai Dengan instrumen Soal Selidik Sus. *EDUCATUM Journal of Social Sciences*, (11), 28–40. <https://doi.org/10.37134/ejoss.vol11.1.4.2025>
- Molloy, J. A comprehensive overview of the client-server model. *Liquid Web*. <https://www.liquidweb.com/blog/client-server-architecture/> [25 November 2024]
- Pearl, J. The consequences of leaving plantar fasciitis untreated. *Plantar Fasciitis*. <https://www.fasciitis.com/blog/the-consequences-of-leaving-plantar-fasciitis-untreated/> [19 Januari 2022]
- Pereira, M.F., Prahm, C., Kolbenschlag, J., Oliveira, E. & Rodrigues, N.F. 2020. Application of AR and VR in hand rehabilitation: A systematic review. *Journal of Biomedical Informatics* 111(September): 103584. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2020.103584>.
- Sharmili Nair Vargavan & Faridah Yunus. 2021. Penggunaan Augmented Reality (AR) untuk meningkatkan kemahiran membaca perkataan bahasa Inggeris kanak-kanak prasekolah. *International Journal of Education and Pedagogy* 3(1): 172. <http://myjms.mohe.gov.my/index.php/ijeap/article/view/12831>.
- Terra, J. What is client-server architecture? Everything you should know. *Simplilearn*. <https://www.simplilearn.com/what-is-client-server-architecture-article> [26 Januari 2025]
- Vinolo Gil, M. J., Gonzalez-Medina, G., Lucena-Anton, D., Perez-Cabezas, V., Ruiz-Molinero, M. D., & Martín-Valero, R. 2021. Augmented reality in physical therapy: Systematic review and meta-analysis. *JMIR Serious Games*, 9(4). <https://doi.org/10.2196/30985>
- Vrani, V., Lang, J., Nores, M. L., Arias, J. J. P., Solano, J., & Laseca, G. Use case modeling in a research setting of developing an innovative pilgrimage support system. *Universal Access in the Information Society*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10209-023-01047-1> [3 November 2023]
- Yusuf, Z. Realiti Terimbuh (AR) Dalam Pendidikan semakin diminati. *Editor Malaysia*. <https://editormalaysia.com/27983/> [4 Mac 2023]

Nor Syuhada binti Md Noor (A194631)

Dr. Hazura binti Mohamed

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia