

PERANCANGAN WEB AR DENGAN METODE AHP UNTUK REKOMENDASI TITIK TERAPI PEGAL RINGAN PADA MAHASISWA

Nadhif Hafiz Pradiptya^{1*}, Betha Nurina Sari², Adhi Rizal³

^{1,2}Informatika, Fakultas Ilmu Komputer; Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Karawang -41361, Telp/Fax: (0267) 641177

Keywords:

Sistem Pendukung Keputusan, *Analytical Hierarchy Process* (AHP), *Web Augmented Reality*, Pegal Ringan, *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC).

Correspondent Email:

nadhifhafiz@gmail.com

Abstrak. Tingginya intensitas penggunaan gawai pada mahasiswa kerap memicu Tech Neck Syndrome, yang sering diabaikan akibat minimnya pengetahuan penanganan mandiri. Penelitian ini bertujuan membangun Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis web sebagai alat bantu swa-terapi. Sistem ini mengintegrasikan Analytical Hierarchy Process (AHP) sebagai mesin rekomendasi titik pijat dan Web Augmented Reality (Web-AR) untuk visualisasi anatomi 3D yang interaktif. Pengembangan sistem menggunakan metode MDLC versi Luther-Sutopo. Data dikumpulkan dari 65 mahasiswa UNSIKA melalui accidental sampling. Aplikasi dibangun menggunakan frontend Next.js (Tailwind CSS), backend Golang, serta pustaka A-Frame dan AR.js untuk rendering objek 3D secara real-time langsung di peramban web tanpa instalasi tambahan. Algoritma AHP mengolah tiga kriteria masukan (Lokasi Keluhan, Skala Nyeri, dan Aktivitas Pemicu) untuk menentukan prioritas enam alternatif titik terapi. Pengujian pembobotan AHP menghasilkan Consistency Ratio (CR) sebesar 0,0034 yang terbukti valid dan konsisten. Hasil Black Box Testing mengonfirmasi bahwa seluruh fitur berjalan sesuai spesifikasi. Evaluasi penerimaan melalui User Acceptance Testing (UAT) pada 10 responden memperoleh persentase kelayakan 80,6% (kategori "Layak"). Secara keseluruhan, integrasi AHP dan Web-AR terbukti mampu menyediakan solusi terapi mandiri yang objektif, interaktif, dan mudah diakses.



Copyright © 2026 The Author(s), Published by Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Abstract. High gadget usage among students increases the risk of Tech Neck Syndrome, which is often ignored due to limited self-treatment knowledge. This study develops a web-based Decision Support System (DSS) integrating the Analytical Hierarchy Process (AHP) to recommend therapy points and Web Augmented Reality (Web-AR) for interactive 3D anatomical visualization. Following the Luther-Sutopo MDLC method, data was gathered from 65 UNSIKA students via accidental sampling. The system features a Next.js frontend, a Golang backend, and utilizes A-Frame with AR.js for browser-based, installation-free 3D rendering. The AHP algorithm evaluates three criteria—Complaint Location, Pain Intensity, and Trigger Activity—to prioritize six upper-body therapy points. The criteria weighting achieved a valid Consistency Ratio (CR) of 0.0034. Black Box Testing confirmed all features function correctly according to specifications. Furthermore, User Acceptance Testing (UAT) with 10 respondents yielded an 80.6% feasibility score, classifying the system as "Feasible." Ultimately, integrating AHP and Web-AR successfully provides an objective, interactive, and highly accessible self-therapy tool for students.

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital menempatkan Generasi Z sebagai kelompok pengguna internet paling dominan di Indonesia dengan tingkat penetrasi nasional mencapai 79,5% [1]. Tingginya adopsi teknologi ini menciptakan intensitas penggunaan gawai yang ekstrem, di mana rata-rata masyarakat menghabiskan waktu hingga 7 jam 38 menit per hari [2]. Gaya hidup sedenter akibat durasi panjang penggunaan perangkat digital ini secara langsung berkorelasi dengan peningkatan risiko gangguan muskuloskeletal, khususnya Tech Neck Syndrome, yang kini menjadi ancaman nyata bagi civitas akademika [3].

Mahasiswa merupakan kelompok yang sangat rentan mengalami keluhan fisik karena postur tubuh yang statis dan tidak ergonomis selama berjam-jam saat mengikuti perkuliahan atau mengerjakan tugas [4]. Studi sebelumnya oleh Kelvin dkk. [5] menegaskan bahwa 87% mahasiswa mengalami keluhan pada leher atas, 81,1% pada punggung, dan 80,5% pada pinggang akibat beban mekanis berlebih pada otot punggung dan leher (*upper trapezius*). Guna memvalidasi fenomena ini, studi pendahuluan (*preliminary study*) berupa pra-kuesioner dilakukan terhadap 65 mahasiswa di Universitas Singaperbangsa Karawang (UNSIKA). Hasilnya mengonfirmasi bahwa 69,2% mahasiswa menghabiskan waktu lebih dari 6 jam di depan layar, dan memicu keluhan yang dominan pada area leher atau tengkuk (56,9%).

Meskipun keluhan tersebut tinggi, data survei menunjukkan *gap* pengetahuan yang memprihatinkan. Sebanyak 96,9% mahasiswa tidak mengetahui sama sekali atau tidak paham bagaimana cara melakukan penanganan swa-terapi (pijat titik mandiri) untuk meredakan nyeri tersebut, dan hanya mengandalkan istirahat pasif. Keterbatasan pengetahuan tentang presisi lokasi titik terapi ini memerlukan intervensi alat panduan visual yang interaktif. Teknologi *Augmented Reality* (AR) terbukti efektif sebagai media instruksi anatomis, sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian terdahulu yang membuktikan AR

mencapai keberhasilan 100% dalam menampilkan gerakan terapi medis [6].

Berbeda dengan penelitian terdahulu yang sekadar berfungsi sebagai katalog visual tanpa panduan prioritas yang spesifik [7], penelitian ini mengusulkan kebaruan (*novelty*) dengan mengintegrasikan sistem pendukung keputusan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) di belakang teknologi Web-AR. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem aplikasi berbasis Web-AR (*plugin-free*) menggunakan metode AHP untuk mengolah parameter subjektif (lokasi, nyeri, pemicu) menjadi prioritas komputasi yang terukur. Sistem ini diharapkan mampu memberikan panduan visual secara objektif dan instan kepada mahasiswa mengenai titik terapi mandiri pegal ringan yang paling relevan dengan kondisi keluhan mereka.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Myalgia dan Tech Neck Syndrome*

Pegal ringan (*myalgia*) pada mahasiswa sering kali bersifat non-medis dan dipicu oleh kelelahan otot akibat mempertahankan postur tubuh statis dalam durasi lama [8]. Interaksi intensif dengan gawai memicu posisi menunduk atau *forward head posture*, yang secara langsung meningkatkan risiko *Tech Neck Syndrome*. Secara mekanis, posisi menunduk dengan sudut tertentu dapat melipatgandakan beban pada struktur otot leher bagian atas, seperti *Upper Trapezius* dan *Levator Scapulae* [9]. Penanganan kondisi ini dapat dilakukan melalui konsep Terapi Titik Pemicu (*Myofascial Trigger Point Therapy*), yang berfokus pada pemberian tekanan mandiri pada simpul otot yang menegang untuk "melepaskan" beban mekanis dan meredakan nyeri [10].

2.2 *Sistem Pendukung Keputusan dan AHP*

Sistem Pendukung Keputusan (SPK) merupakan sistem informasi interaktif yang memodelkan dan memanipulasi data untuk membantu penyelesaian masalah semiterstruktur. Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang dikembangkan oleh

Thomas L. Saaty dipilih sebagai mesin pengambil keputusan karena kemampuannya menstrukturkan masalah multikriteria ke dalam hierarki yang mencakup tujuan, kriteria, dan alternatif [11]. Metode ini mengolah input subjektif menjadi data kuantitatif melalui matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison). Keandalan rekomendasi diukur menggunakan Consistency Ratio (CR). Apabila nilai $CR < 0,1$, maka pembobotan hierarki dinyatakan konsisten dan valid secara matematis untuk dijadikan dasar keputusan [12].

2.3 Web Augmented Reality (Web-AR)

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang mengintegrasikan objek virtual 3D ke dalam lingkungan nyata secara *real-time* [13]. Untuk menjamin aksesibilitas tanpa instalasi tambahan (*plugin-free*), penelitian ini mengimplementasikan AR berbasis peramban web (Web-AR). Teknologi ini dibangun di atas pustaka *A-Frame* sebagai *framework* deklaratif untuk merender adegan 3D di peramban, serta *AR.js* yang difungsikan untuk melacak penanda fisik (*marker-based tracking*) melalui akses kamera perangkat [14]. Kombinasi kedua teknologi ini memungkinkan visualisasi animasi anatomi titik terapi secara presisi tanpa membebani memori perangkat pengguna.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan mengadopsi model *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) versi Luther-Sutopo. Proses pengembangan diadaptasi menjadi lima tahapan yang berjalan secara iteratif [15].

3.1. Tahapan Pengembangan Sistem

Tahapan MDLC yang diimplementasikan dalam penelitian ini meliputi:

Concept (Konsep): Melakukan identifikasi kebutuhan pengguna dan studi pendahuluan melalui penyebaran kuesioner kepada 65 responden mahasiswa aktif Universitas Singaperbangsa Karawang (UNSIKA) menggunakan teknik *accidental sampling*.

- a. Design (Desain): Merancang arsitektur sistem secara komprehensif, mencakup:
 - (a) Perancangan UML yang meliputi Use Case Diagram untuk memetakan tiga

interaksi utama pengguna (rekomendasi AHP, visualisasi Web-AR, dan pemutaran video edukasi), Activity Diagram untuk memodelkan alur kerja sistem, Class Diagram yang terdiri dari empat entitas kelas utama (Mahasiswa, DataKeluhan, SistemAHP, HasilRekomendasi), dan Sequence Diagram untuk alur pertukaran data antara frontend dan backend; (b) Perancangan hierarki AHP dengan tiga level—Level 1 (Tujuan: menentukan prioritas titik terapi), Level 2 (Kriteria: Lokasi Keluhan/K1, Intensitas Nyeri/K2, Aktivitas Pemicu/K3), dan Level 3 (Enam alternatif: Levator Scapulae, Splenius Capitis, Upper Trapezius, Rhomboid Major, Quadratus Lumborum, dan Erector Spinae); serta (c) Perancangan antarmuka (UI/UX) menggunakan Figma yang menghasilkan tiga halaman utama: Landing Page, Form Input AHP, dan Halaman Hasil Proyeksi AR.

- b. Material Collecting (Pengumpulan Materi): Mengumpulkan tiga kategori aset utama: (a) Model 3D anatomi tubuh manusia (leher, bahu, punggung) dari repositori royalty-free yang dikonversi ke format .glb (*thyrohyoid.glb*), dipilih karena kemampuannya mengemas geometri, tekstur, dan material dalam satu berkas yang ringan; (b) Data medis berupa koordinat titik pemicu nyeri (Myofascial Trigger Points) dari panduan klinis Simons & Travell sebagai referensi pemetaan enam titik terapi; serta (c) Pola Hiro Marker standar AR.js yang dipilih karena tingkat kontras hitam-putih optimal untuk akurasi pelacakan tinggi.
- c. Assembly (Produksi): Membangun aplikasi melalui tiga lapisan implementasi:
 - (a) Frontend menggunakan Next.js dan Tailwind CSS untuk halaman Landing Page, komponen formulir input AHP yang menangani state pemilihan lokasi dan skala nyeri secara real-time, serta halaman hasil rekomendasi; (b) Backend menggunakan Golang untuk membangun layanan API dengan endpoint HTTP POST yang menerima parameter keluhan (lokasi, intensitas, aktivitas), mengeksekusi

komputasi matriks AHP—mencakup perhitungan pairwise comparison, normalisasi bobot, nilai eigen maksimum (λ_{max}), Consistency Index (CI), Consistency Ratio (CR), dan skor global—serta menyimpan riwayat ke database PostgreSQL; dan (c) Modul Web-AR menggunakan A-Frame untuk adegan 3D deklaratif dan AR.js untuk pelacakan Hiro Marker secara real-time, yang diisolasi dalam elemen `<iframe>` agar tidak memengaruhi kinerja dashboard utama. Selain itu, sistem dilengkapi gesture handler untuk rotasi (swipe) dan zoom (pinch) model anatomi, serta visualisasi titik terapi berupa penanda sferis bercahaya dengan animasi pulsing di atas koordinat otot yang direkomendasikan.

- d. Testing (Pengujian): Tahap ini mencakup tiga pendekatan pengujian. Pertama, validasi pakar terapi (Maulana Yusuf, Therapist dan Pemilik Yusuf Rumah Terapi) menggunakan instrumen kuesioner skala 1–5 untuk meninjau kelayakan konten klinis dan akurasi pemetaan koordinat titik terapi. Kedua, Black Box Testing menggunakan teknik Equivalence Partitioning dan Use Case Testing untuk menguji sepuluh skenario fungsional, mulai dari validasi form, kalkulasi AHP, inisiasi modul kamera AR, pemindaian Hiro Marker, interaksi gestur, integrasi video edukasi, hingga pengujian robustness (loss of tracking, batas jarak/sudut, kondisi low light, dan kompatibilitas multi-kamera). Ketiga, User Acceptance Testing (UAT) melibatkan 10 responden mahasiswa dengan 10 butir pertanyaan berskala Likert 1–5 yang mencakup empat aspek: Antarmuka (A), Kemudahan/Usability (B), Fungsionalitas (C), dan Manfaat/Utility (D).

3.2 Metode Pengambilan Keputusan (AHP)

Dalam penentuan prioritas titik terapi, sistem mengimplementasikan algoritma AHP dengan bobot kriteria yang ditentukan menggunakan pendekatan Objective Measurements melalui triangulasi literatur medis dan data pra-kuesioner. Penentuan nilai kepentingan relatif antarkriteria pada skala

Saaty 1–9 didasarkan pada dua parameter: (1) konsistensi prevalensi antara temuan literatur nasional dan data lokal mahasiswa UNSIKA, serta (2) krusialitas klinis berdasarkan pedoman medis. Hasil sintesis menetapkan nilai perbandingan $K1 \text{ vs } K2 = 3$ (Moderate Importance), $K1 \text{ vs } K3 = 5$ (Strong Importance), dan $K2 \text{ vs } K3 = 2$ (nilai antara), yang menghasilkan bobot prioritas $K1$ (Lokasi) = 0,648, $K2$ (Intensitas) = 0,230, dan $K3$ (Pemicu) = 0,122. Selanjutnya, pada level alternatif, bobot dihitung secara dinamis berdasarkan input pengguna: matriks alternatif terhadap $K1$ ditentukan berdasarkan relevansi anatomi, terhadap $K2$ menggunakan rasio pembagian skor nyeri ($a_{ij} = I_i/I_j$), dan terhadap $K3$ menggunakan logika biomekanika yang tertanam pada basis data sistem. Skor global akhir dihitung dengan rumus sintesis global: $S_i = \sum (W_j \times w_{ij})$. Keandalan hasil wajib divalidasi melalui perhitungan Consistency Index (CI) dan Consistency Ratio (CR) menggunakan persamaan (1) dan (2) berikut [16]:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Di mana λ_{max} merupakan nilai eigen maksimum, n adalah jumlah kriteria yang diukur, dan RI adalah nilai ketetapan *Random Index* (untuk ukuran matriks $n = 3$, nilai RI adalah 0,58). Matriks dinyatakan konsisten secara matematis dan dapat dijadikan dasar rekomendasi jika nilai $CR < 0,1$.

3.3 Teknik Analisis Data Evaluasi (UAT)

Pengujian *User Acceptance Testing* (UAT) dilakukan dengan melibatkan 10 responden mahasiswa. Instrumen pengujian menggunakan skala Likert 1–5. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk mencari persentase kelayakan sistem dengan persamaan (3) berikut [17]:

$$Persentase = \left(\frac{Mean}{BobotMaksimal} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Hasil persentase yang diperoleh kemudian dikonversikan ke dalam kriteria kualitatif untuk menarik kesimpulan akhir. Tabel 1

menunjukkan pedoman kategori kelayakan yang digunakan dalam evaluasi sistem ini.

Tabel 1. Kriteria Interpretasi Skor Kelayakan UAT

Persentase Skor (%)	Kriteria Kelayakan
0% - 20%	Sangat Tidak Layak
21% - 40%	Tidak Layak
41% - 60%	Cukup Layak
61% - 80%	Layak
81% - 100%	Sangat Layak

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan hasil dan pembahasan ini merupakan implementasi dari konsep dan rancangan sistem yang telah dimodelkan menggunakan metode MDLC. Fokus utama pada bagian ini meliputi hasil komputasi *Analytical Hierarchy Process* (AHP), implementasi visualisasi *Web Augmented Reality* (Web-AR), serta hasil pengujian sistem.

4.1 Pemodelan dan Komputasi AHP

Sistem pendukung keputusan ini dirancang untuk mengolah tiga parameter kriteria masukan dari pengguna, yaitu: Lokasi Keluhan (K1), Intensitas Nyeri (K2), dan Aktivitas Pemicu (K3). Setiap kriteria memiliki opsi input yang jelas: K1 berupa pilihan area (Leher/Bahu/Punggung), K2 berupa skala numerik 1–10, dan K3 berupa pilihan aktivitas (Menunduk/Duduk Belajar/Aktivitas Berat). Penentuan nilai kepentingan relatif antarkriteria (Skala Saaty 1-9) pada matriks perbandingan berpasangan disintesis menggunakan pendekatan *Objective Measurements* melalui triangulasi data literatur medis nasional dan hasil pra-kuesioner lapangan. Landasan penentuan bobot kriteria mengacu pada dua parameter: konsistensi prevalensi (membandingkan temuan Kelvin dkk. (2023) yang mencatat 87% mahasiswa mengalami keluhan leher dan 81,1% keluhan punggung, dengan data lokal UNSIKA di mana 56,9% responden mengeluhkan leher), dan krusialitas

klinis (Simons & Travell: keberhasilan terapi mutlak bergantung pada ketepatan lokasi penekanan). Hasil triangulasi menetapkan: K1 vs K2 = 3 (Moderate Importance), K1 vs K3 = 5 (Strong Importance), K2 vs K3 = 2. Normalisasi matriks menghasilkan bobot prioritas: K1 = 0,648, K2 = 0,230, K3 = 0,122. Proses normalisasi dilakukan dengan membagi setiap elemen kolom terhadap jumlah kolomnya, kemudian nilai λ_{max} dihitung sebesar $(1,533 \times 0,648) + (4,500 \times 0,230) + (8,000 \times 0,122) = 3,004$. Matriks perbandingan berpasangan antarkriteria yang telah dinormalisasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria AHP

Kriteria	K1	K2	K3	Bobot Prioritas
K1	1	3	5	0,648
K2	1/3	1	2	0,230
K3	1/5	1/2	1	0,122

Berdasarkan Tabel 2, kriteria Lokasi (K1) memiliki bobot prioritas tertinggi (0,648). Untuk memastikan nilai matriks tidak acak, sistem melakukan pengujian matematis dan memperoleh nilai *Eigen Maksimum* (λ_{max}) sebesar 3,004 dan *Consistency Index* (CI) sebesar 0,002. Dengan menggunakan *Random Index* (RI) sebesar 0,58 untuk matriks ordo 3, maka diperoleh *Consistency Ratio* (CR) sebesar:

$$CR = \frac{0,002}{0,58} = 0,0034$$

Karena komputasi menghasilkan nilai CR = 0,0034 (CR < 0,1), maka pembobotan matriks dinyatakan konsisten dan valid untuk diproses sebagai parameter dasar pada mesin rekomendasi di sisi *backend*. Algoritma ini akan secara dinamis memberikan peringkat tertinggi (*Skor Global*) pada salah satu dari enam alternatif otot terapi (misal: *Splenius Capitis* atau *Upper Trapezius*) berdasarkan keluhan spesifik yang dimasukkan pengguna.

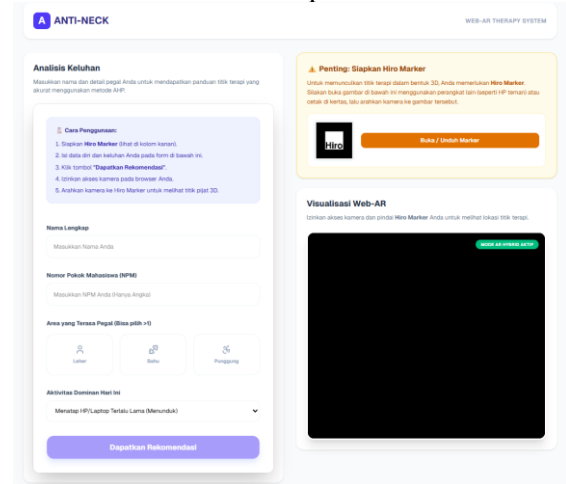
4.2 Implementasi Sistem dan Web-AR

Antarmuka sistem (*frontend*) berhasil direalisasikan menggunakan *framework* Next.js dengan utilitas Tailwind CSS, sedangkan logika AHP berjalan pada *backend* Golang. Frontend mengimplementasikan tiga komponen utama: (1) Landing Page yang memuat informasi teknologi AHP dan Web-AR beserta panduan langkah penggunaan; (2) Komponen formulir AHP yang mengelola state pemilihan lokasi keluhan, slider intensitas nyeri, dan pilihan aktivitas pemicu secara real-time sebelum data dikirim ke server melalui protokol HTTP POST; serta (3) Integrasi iframe AR yang mengisolasi modul Web-AR (*/ar-view.html*) dari komponen utama Next.js, sehingga konflik antara siklus hidup React dengan eksekusi skrip A-Frame dan AR.js yang bersifat imperatif dapat dicegah. Backend Golang membangun endpoint API yang menerima JSON berisi parameter keluhan, mengeksekusi komputasi matriks AHP secara penuh (*pairwise comparison* → *normalisasi* → $\lambda_{\max}$ → *CI* → *CR* → skor global), melakukan validasi otomatis ($CR < 0,1$), menyimpan riwayat ke database PostgreSQL, dan mengembalikan respons berupa nama otot spesifik rekomendasi. Setelah komputasi AHP selesai, pengguna diarahkan ke modul Web-AR yang dimuat secara hibrida menggunakan elemen *iframe*.

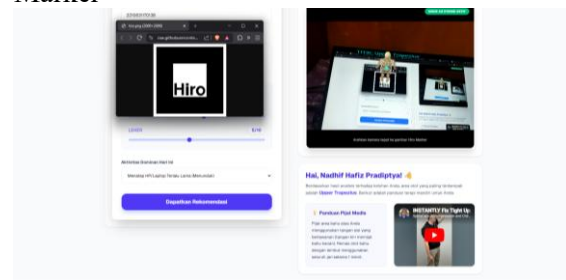
Pustaka AR.js akan mengakses kamera perangkat pengguna untuk mendeteksi *Hiro Marker* fisik yang dapat dicetak di kertas maupun ditampilkan di layar perangkat sekunder. Setelah marker terlacak, komponen A-Frame akan merender model anatomi 3D (*thyroid.glb*) yang berlabuh secara presisi di atas marker. Sistem secara otomatis akan menempatkan penanda sferis (*sphere*) bercahaya dengan animasi pulsing tepat di atas koordinat otot yang menjadi rekomendasi prioritas hasil perhitungan AHP. Selain itu, sistem dilengkapi modul *gesture handler* yang memungkinkan pengguna merotasi model anatomi menggunakan usapan satu jari (*swipe*) dan memperbesar/memperkecil tampilan menggunakan cubitan dua jari (*pinch*), sehingga pengguna dapat mengobservasi letak titik terapi dari berbagai sudut pandang secara interaktif. Pada halaman hasil rekomendasi, sistem juga menyediakan komponen *embed* YouTube berisi video panduan peregangan otot yang dapat

diputar langsung di dalam aplikasi tanpa keluar dari antarmuka web.

Gambar 1. Antarmuka Input Keluhan



Gambar 2. Proyeksi Web-AR Titik Terapi pada Marker



4.3 Pengujian Fungsionalitas dan Akseptabilitas

Pengujian fungsionalitas sistem (*Black Box Testing*) menggunakan teknik *Equivalence Partitioning* dan *Use Case Testing* menunjukkan bahwa seluruh 10 skenario pengujian berjalan dengan status Valid. Sebelum pengujian teknis, validasi pakar terapi (Maulana Yusuf, Therapist dan Pemilik Yusuf Rumah Terapi) menggunakan instrumen kuesioner skala 1–5 menghasilkan total skor 16 dari maksimal 25 (persentase 64%, kategori “Cukup Layak”). Rekapitulasi hasil pengujian *Black Box Testing* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Black Box Testing

No	Skenario Pengujian	Status
1	Validasi input form kosong/tidak valid	Valid

No	Skenario Pengujian	Status
2	Kalkulasi mesin AHP dengan data valid	Valid
3	Inisiasi modul AR dan permintaan izin kamera	Valid
4	Pemindaian Hiro Marker dan proyeksi objek 3D	Valid
5	Interaksi <i>gesture</i> layar sentuh (<i>swipe/pinch</i>)	Valid
6	Integrasi video edukasi YouTube	Valid
7	Robustness saat marker terhalang (<i>loss of tracking</i>)	Valid
8	Batas jarak dan sudut kemiringan pemindaian	Valid
9	Kondisi pencahayaan rendah (<i>low light</i>)	Valid
10	Kompatibilitas multi-kamera belakang	Valid

Berdasarkan Tabel 3, keseluruhan 10 skenario *Black Box Testing* menghasilkan output yang sesuai spesifikasi tanpa hambatan (*error*).

Selanjutnya, *User Acceptance Testing* (UAT) dilakukan terhadap 10 responden mahasiswa dari berbagai fakultas di UNSIKA menggunakan instrumen kuesioner 10 butir berskala Likert 1–5 yang terbagi dalam empat aspek: Antarmuka/Interface (A), Kemudahan/Usability (B), Fungsionalitas (C), dan Manfaat/Utility (D). Rekapitulasi skor per butir disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Skor UAT per Butir Pertanyaan

Aspek	Kode	Pernyataan	Skor	Persentase
Antarmuka (A)	A1	Tampilan antarmuka enak dipandang	41	82%
	A2	Desain tombol dan ikon mudah dikenali	44	88%

Aspek	Kode	Pernyataan	Skor	Persentase
Kemudahan (B)	B1	Kemudahan input data keluhan	40	80%
	B2	Kecepatan respons sistem	36	72%
	B3	Kemudahan pemindaian <i>Hiro Marker</i>	33	66%
Fungsionalitas (C)	C1	Ketepatan posisi objek 3D pada marker	41	82%
	C2	Kejelasan penanda titik terapi pada model 3D	39	78%
	C3	Kesesuaian hasil rekomendasi AHP dengan keluhan	41	82%
Manfaat (D)	D1	Visualisasi AR lebih membantu dibanding gambar 2D	44	88%
	D2	Manfaat sistem dalam membantu mengatasi pegal	44	88%
Total		Skor Kumulatif	403	80,6%

Berdasarkan Tabel 4, skor terendah pada B3 (33) mengindikasikan kendala teknis pada penggunaan *Hiro Marker* yang mengharuskan

pengguna menyiapkan marker fisik atau perangkat sekunder. Sesuai dengan parameter evaluasi, rata-rata (Mean) yang diperoleh adalah 40,3, sehingga persentase kelayakan sistem adalah:

$$\text{Persentase} = \left(\frac{40,3}{50} \right) \times 100\% = 80,6\%$$

Nilai 80,6% berada pada batas atas rentang 61%–80% yang menempatkan aplikasi ini pada kriteria “Layak” dan sangat mendekati kategori “Sangat Layak” ($\geq 81\%$). Evaluasi kualitatif mengidentifikasi tiga poin utama: (1) Penerimaan Positif: aspek Manfaat (D1=44, D2=44) memperoleh skor tertinggi, membuktikan visualisasi 3D AR sukses membantu mahasiswa mengidentifikasi lokasi titik pijat lebih baik dibandingkan gambar 2D konvensional; (2) Evaluasi Kendala: atribut B3 (kemudahan scan marker, skor=33) adalah terendah karena pengguna perlu menyiapkan marker fisik atau perangkat sekunder—merupakan batasan fundamental teknologi marker-based tracking AR.js; serta (3) Saran Pengembangan: responden merekomendasikan penambahan tutorial onboarding lebih detail dan optimalisasi tata letak antarmuka untuk berbagai ukuran layar mobile. Secara keseluruhan, integrasi AHP dan Web-AR terbukti mampu menyediakan solusi terapi mandiri yang objektif, interaktif, dan mudah diakses tanpa instalasi tambahan, serta membuka arah pengembangan menuju teknologi markerless tracking untuk meningkatkan kepraktisan pengguna.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Sistem pendukung keputusan berhasil dibangun dengan mengintegrasikan algoritma Analytical Hierarchy Process (AHP) di sisi backend (Golang) dan antarmuka Web Augmented Reality (Web-AR) di sisi frontend (Next.js). Sistem ini mampu memberikan rekomendasi titik terapi pegal ringan secara objektif tanpa mengharuskan pengguna melakukan instalasi aplikasi tambahan.
- Pengujian konsistensi matriks AHP membuktikan bahwa perancangan logika keputusan matematis bersifat valid dan

konsisten dengan perolehan nilai Consistency Ratio (CR) sebesar 0,0034 ($CR < 0,1$).

- Pengujian Black Box mengonfirmasi bahwa seluruh fungsionalitas aplikasi berjalan sesuai spesifikasi. Evaluasi penerimaan pengguna akhir (UAT) menghasilkan persentase kelayakan sebesar 80,6%, yang menegaskan bahwa sistem masuk dalam kategori “Layak” dan efektif sebagai alat bantu panduan swa-terapi interaktif bagi mahasiswa.
- Untuk pengembangan di masa mendatang, disarankan penggunaan teknologi pelacakan tanpa penanda (markerless tracking) untuk mengatasi keterbatasan kepraktisan penggunaan marker fisik (Hiro Marker), serta penambahan alternatif titik otot yang lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Fakultas Ilmu Komputer Universitas Singaperbangsa Karawang (UNSIKA) yang telah menyediakan fasilitas dan ekosistem akademik yang mendukung kelancaran penelitian ini. Apresiasi dan rasa terima kasih yang mendalam penulis sampaikan kepada Ibu Betha Nurina Sari, M.Kom., selaku Dosen Pembimbing I, serta Bapak Adhi Rizal, S.Pd., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas segala bimbingan, kesabaran, waktu, dan arahan ilmiah yang sangat berharga selama proses perancangan hingga penyelesaian aplikasi ini. Penulis juga mendedikasikan rasa terima kasih kepada orang tua, keluarga, serta Fikri Dzakiyya Husna atas doa, dukungan moral, dan motivasi yang tiada henti di setiap tahapan perjalanan akademis penulis. Terakhir, ucapan terima kasih yang tulus ditujukan kepada Dewan Redaksi, Editor, dan *Reviewer* Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET) atas kesempatan publikasi, serta masukan-masukan konstruktif yang diberikan guna menyempurnakan kualitas naskah ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] We Are Social Indonesia, "Digital 2024 - We Are Social Indonesia," We Are Social, 2024. [Online]. Available: <https://wearesocial.com/id/blog/2024/01/digital-2024/>.
- [2] APJII, "Jumlah Pengguna Internet Indonesia Tembus 221 Juta Orang," Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, 2024.
- [3] K. K. Hansraj, "Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head," *Surgical Technology International*, vol. 25, pp. 277-279, 2014.
- [4] I. G. N. P. Kelvin, I. K. Saputra, and M. V. Manangkot, "Gambaran Sikap Ergonomi Dan Keluhan Muskuloskeletal Pada Mahasiswa," *Jurnal Ergonomi*, 2023.
- [5] Y. Mauluddin and C. A. Maessa, "Pengaruh Postur Tubuh Saat Belajar Online Terhadap Keluhan Muskuloskeletal," 2022.
- [6] D. Duei Putri, G. F. Nama, and W. E. Sulistiono, "Analisis Sentimen Kinerja Dewan Perwakilan Rakyat (DPR) Pada Twitter Menggunakan Metode Naive Bayes Classifier", *JITET*, vol. 10, no. 1, Jan. 2022.
- [7] Marwan and N. Fiftin, "Visualisasi Teknik Pengobatan Akupunktur," 2015.
- [8] N. P. M. P. Dewi, Y. Yuliana, G. Wirata, and J. Sudiman, "Hubungan academic workload stress terhadap trapezius myalgia," 2023.
- [9] A. Muliawan, I. Sabilirasyad, and D. A. Fauziah, "Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Pada Penilaian Pegawai Teladan," 2024.
- [10] E. Turban, *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, 7th ed. 2007.
- [11] A. C. Luther, *Authoring Interactive Multimedia*, 1994.
- [12] J. Etienne, "AR.js - Augmented Reality for the Web," 2017.
- [13] D. W. Wibowo, P. Y. Saputra, E. L. Amalia, and F. Ulfa, "Penerapan Library AR.JS untuk Pembuatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Pengenalan Hewan," *SMARTICS Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 52–55, 2018.
- [14] Google, "The Go Programming Language," 2009.
- [15] Vercel, "Next.js: The React Framework for the Web," 2016. [Online]. Available: <https://nextjs.org>.
- [16] A. Wathan, "Tailwind CSS: Rapidly build modern websites without ever leaving your HTML," 2017. [Online]. Available: <https://tailwindcss.com>.
- [17] T. Maulana, A. Voutama, et al., "Black Box Testing Dengan Teknik Equivalence Partitions," 2023.
- [18] L. Hermansah, W. T. Saputro, et al., "User Acceptance Testing Guna Mengetahui Reseptivitas Pengguna," 2025.