

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nyeri ekstremitas bawah merupakan keluhan berupa rasa nyeri yang terjadi pada anggota gerak bawah. Kondisi ini termasuk gangguan muskuloskeletal yang dapat menimbulkan rasa tidak nyaman sehingga mengganggu dan menurunkan kenyamanan saat menjalankan aktivitas sehari-hari[1]. Nyeri pada ekstremitas bawah secara umum dapat disebabkan oleh berbagai bentuk cedera pada anggota gerak bawah. Secara umum, nyeri tersebut dapat berupa nyeri akut maupun nyeri akibat penggunaan berlebih[2].

Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa keluhan nyeri ekstremitas bawah juga banyak ditemukan pada kelompok usia produktif. keluhan tersebut berkaitan dengan berbagai aktivitas dan kebiasaan sehari-hari, seperti gerakan yang dilakukan secara berulang[2]. Selain itu, aktivitas dengan intensitas tinggi juga dilaporkan dapat memicu nyeri otot pada ekstremitas bawah[3]. Kebiasaan mempertahankan posisi tubuh secara statis dalam waktu yang lama turut berkontribusi terhadap munculnya keluhan nyeri pada ekstremitas bawah[4].

Penanganan nyeri pada ekstremitas bawah umumnya dilakukan melalui istirahat, rehabilitasi, fisioterapi, maupun intervensi medis lainnya, selain itu, latihan mandiri dapat dilakukan sebagai bagian dari upaya membantu proses pemulihan[5]. Meskipun demikian, pelaksanaan latihan mandiri masih menghadapi berbagai kendala. Banyak individu mengalami kesulitan dalam memilih jenis latihan yang sesuai dengan lokasi nyeri yang dialami, sehingga

latihan yang dilakukan sering kali masih bersifat umum dan belum sesuai dengan kebutuhan masing-masing individu[6].

Kecerdasan buatan *Artificial Intelligence* telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, termasuk bidang kesehatan. Salah satu penerapannya adalah penggunaan teknologi *deep learning* untuk membantu mengenali gerakan tubuh manusia melalui kamera. Dengan memanfaatkan titik-titik *landmark* tubuh yang diperoleh dari MediaPipe Pose, sistem dapat mengolah informasi gerakan pengguna. Selanjutnya, metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) digunakan untuk mengklasifikasikan gerakan latihan yang dilakukan pengguna sehingga aplikasi dapat memberikan panduan latihan yang lebih interaktif[7].

Penerapan teknologi pendeteksian postur tubuh tersebut telah dimanfaatkan pada penelitian sebelumnya, yaitu pengembangan aplikasi bernama Motion Coach yang dirancang untuk membantu melakukan latihan terapi secara mandiri di rumah bagi keluhan pada panggul dan lutut, melalui sistem yang memantau gerakan pengguna menggunakan kamera smartphone sekaligus memberikan koreksi secara langsung[8]. Penelitian tersebut berfokus pada area panggul dan lutut melalui enam jenis gerakan latihan, sehingga belum mencakup tiap bagian dari ekstremitas bawah.

Lalu ada Penelitian lain mengembangkan aplikasi sebuah aplikasi mobile terapi fisik virtual yang memanfaatkan *vision artificial* berbasis kecerdasan buatan (AI) yang menggunakan kamera perangkat untuk membantu memandu latihan terapi mandiri sekaligus memantau pelaksanaan gerakan pengguna. Penelitian ini

menyediakan program latihan mandiri yang dipersonalisasi serta memungkinkan pemantauan perkembangan latihan secara berkala. Namun penelitian tersebut berfokus pada latihan terapi untuk nyeri lutut sehingga cakupan latihan yang diberikan masih terbatas[9].

Menanggapi kebutuhan tersebut, dikembangkan aplikasi mobile bernama *PhysioMove* sebagai panduan latihan mandiri dengan keluhan nyeri pada tiap bagian ekstremitas bawah. *PhysioMove* memanfaatkan teknologi pendeteksi postur tubuh berbasis kecerdasan buatan untuk mengevaluasi ketepatan gerakan secara *real-time*, sehingga pengguna dapat berlatih secara mandiri di rumah tanpa memerlukan perangkat khusus. Alur penggunaan aplikasi dimulai dari pemilihan lokasi nyeri, kemudian dilanjutkan dengan asesmen awal untuk menentukan apakah kondisi pengguna aman melakukan latihan terapi mandiri. Berdasarkan hasil asesmen tersebut, aplikasi memberikan rekomendasi program latihan yang sesuai dengan lokasi nyeri. Selama latihan berlangsung, *model Long Short-Term Memory (LSTM)* digunakan untuk mengklasifikasikan ketepatan gerakan, kemudian hasil latihan dievaluasi melalui pemantauan tingkat nyeri pengguna. Dengan rangkaian fitur tersebut, *PhysioMove* diharapkan dapat membantu pengguna mengelola nyeri tiap bagian ekstremitas bawah secara mandiri sekaligus meningkatkan pemanfaatan teknologi.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan modul latihan yang spesifik untuk setiap area nyeri pada ekstremitas bawah dalam satu aplikasi yang terintegrasi.
2. Mengimplementasikan fitur asesmen awal berbasis aturan (rule-based) untuk menentukan kelayakan pengguna sekaligus menghasilkan rekomendasi program latihan yang sesuai dengan lokasi nyeri.

1.2.2 Manfaat

1. Membantu pengguna memperoleh panduan latihan mandiri yang sesuai dengan lokasi nyeri pada ekstremitas bawah sehingga latihan dapat dilakukan dengan lebih terarah.
2. Memudahkan pengguna untuk mengakses panduan latihan kapan saja dan di mana saja melalui perangkat mobile, sehingga latihan dapat dilakukan secara lebih fleksibel sesuai kebutuhan.
3. Menjadi salah satu inovasi aplikasi kesehatan berbasis mobile yang memanfaatkan kecerdasan buatan sebagai media pendukung latihan mandiri pada nyeri ekstremitas bawah, serta dapat menjadi referensi bagi institusi dan peneliti selanjutnya dalam pengembangan aplikasi serupa.

1.3 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian dan pengembangan aplikasi telah dilakukan dalam upaya memberikan solusi manajemen nyeri pada ekstremitas bawah secara mandiri. Meskipun demikian, sebagian besar aplikasi yang dikembangkan masih terbatas pada fitur edukasi dan panduan latihan dasar yang bersifat umum. Aplikasi-aplikasi tersebut umumnya belum memfasilitasi pengguna untuk

menentukan lokasi nyeri secara spesifik, sehingga panduan gerakan yang diberikan sering kali kurang tepat sasaran. Selain itu, sistem yang ada saat ini juga jarang mengintegrasikan fitur evaluasi ketepatan gerakan secara *real-time* maupun pelacakan perkembangan tingkat nyeri pengguna secara otomatis.

Berangkat dari keterbatasan tersebut, penelitian dan pengembangan aplikasi ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem panduan latihan pada ekstremitas bawah yang lebih terarah. Dengan memanfaatkan teknologi *MediaPipe Pose Detection* dan *Long Short-Term Memory (LSTM)*, aplikasi ini dirancang tidak hanya untuk memberikan instruksi latihan sesuai lokasi keluhan, tetapi juga bertindak sebagai pelatih virtual yang memberikan umpan balik (feedback) otomatis terhadap postur pengguna agar latihan dapat dilakukan dengan aman di rumah tanpa memperparah kondisi nyeri.

Sejumlah penelitian[7] mengenai pengembangan aplikasi deteksi pose tubuh telah banyak dilakukan, salah satunya penelitian yang mengembangkan PoseTracker. Studi tersebut bertujuan untuk mendeteksi ketepatan postur tubuh pengguna dengan membandingkan gerakan yang dilakukan terhadap gerakan referensi melalui teknik pengenalan pose tubuh. Penelitian ini mengevaluasi empat jenis gerakan kebugaran fisik, yaitu jumping jacks, squats, push-ups, dan sit-ups, dengan total 240 repetisi gerakan. Temuan penelitian tersebut menunjukkan bahwa model mencapai akurasi sebesar 88,33% untuk jumping jacks, 85% untuk squats, 83,33% untuk push-ups, serta 82% untuk sit-ups.

Penelitian[10] berikutnya melanjutkan pengembangan sistem klasifikasi untuk gerakan latihan beban. Penelitian tersebut diarahkan untuk menilai kelayakan teknik latihan pengguna ketika melakukan gerakan angkat beban menggunakan dumbbell dan barbell di gym, agar pengguna dapat mengetahui apakah teknik yang diterapkan sudah benar atau masih keliru. Temuan penelitian itu menunjukkan bahwa model memiliki akurasi pengujian sebesar 80,32% pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Penelitian[11] ini mengembangkan aplikasi kesehatan seluler bernama Intelligent Knee Osteoarthritis Lifestyle App (iKOALA) untuk mendukung manajemen gaya hidup mandiri penderita osteoarthritis lutut. Aplikasi ini dikembangkan menggunakan kerangka kerja Person-Based Approach (PBA) yang berlandaskan Self-Determination Theory (SDT) dan model COM-B, lalu diuji coba selama 3 minggu dengan mengintegrasikan sensor Fitbit Inspire HR dan ponsel pintar Samsung A10. Hasil pengujian menggunakan kuesioner System Usability Scale (SUS) menunjukkan respons yang beragam, di mana pengguna menganggap aplikasi ini cukup kompleks untuk dipelajari, namun tetap berkomitmen menggunakannya secara rutin untuk memantau perkembangan fisik mereka.

Penelitian[12] berikutnya meneruskan pengembangan MotionPal. Penelitian tersebut diarahkan untuk mendeteksi 31 jenis latihan rehabilitasi ekstremitas bawah melalui rentang gerak (range of motion) dan durasi. Temuan penelitian itu menunjukkan bahwa model memperoleh skor AP sebesar 70,8 pada kumpulan

data umum COCO val2017, serta skor AP sebesar 88,3 pada kumpulan data rehabilitasi ekstremitas bawah yang mereka susun sendiri.

Penelitian[8] selanjutnya mengembangkan Motion Coach. Penelitian tersebut bertujuan memberikan koreksi latihan rehabilitasi secara *real-time* bagi pasien klinis penderita osteoarthritis panggul atau lutut, dengan membandingkan hasil koreksi yang diberikan aplikasi terhadap penilaian fisioterapis. Hasil pengujian klinis menunjukkan tingkat kesepakatan koreksi gerakan antara aplikasi dan fisioterapis sebesar 82,8%, yang secara statistik setara dengan tingkat kesepakatan antarfisioterapis manusia sebesar 83,3%.

Penelitian[6] ini menghasilkan prototype aplikasi seluler sebagai sarana edukasi dan pemberi rekomendasi latihan fisik yang disusun berdasarkan diagnosis klinis, dengan menggunakan metode Research and Development (R&D) dan model Prototyping. Aplikasi dikembangkan dengan Flutter dan Firebase, serta menyediakan program latihan untuk kondisi ACL, Low Back Pain (LBP), dan pergelangan kaki yang dilengkapi video tutorial dan pemantauan kemajuan latihan. Temuan pengujian Black Box Testing menunjukkan bahwa seluruh fitur aplikasi berfungsi sesuai dengan rancangan sistem.

Berikut adalah ringkasan dari beberapa penelitian terkait yang dapat di lihat tabel di bawah ini :

Tabel 1. 1 Tabel Tinjauan Pustaka

No	Tahun	Judul Penelitian	Hasil	Pembeda
1	2026	<i>PoseTracker: Accuracy</i>	Akurasi deteksi	Penelitian ini

No	Tahun	Judul Penelitian	Hasil	Pembeda
		<i>Evaluation of AI-Based Mobile Application for Exercise Posture Feedback Using MediaPipe as Human Pose Estimation Model</i>	postur mencapai 88,33% (<i>jumping jacks</i>), 85% (<i>squats</i>), 83,33% (<i>push-ups</i>), dan 82% (<i>sit-ups</i>)	menggunakan membuat aplikasi latihan terapi untuk membantu mengurangi nyeri pada tiap bagian di ekstremitas bawah
2	2025	Analisis Performa Metode <i>CNN</i> Dan <i>LSTM</i> Untuk Deteksi Gerakan Angkat Beban	Klasifikasi kebenaran gerakan angkat beban berhasil dicapai dengan tingkat akurasi pengujian sebesar 80,32%	Penelitian ini berisi gerakan untuk membantu mengurangi nyeri tiap bagian ekstremitas bawah menggunakan model LSTM
3	2024	Development of the intelligent knee osteoarthritis lifestyle app: a person-based approach	Pengguna menilai aplikasi iKOALA kompleks tetapi diminati untuk jangka panjang. Berhasil mengoptimalkan	Penelitian ini mengembangkan fitur pelatih virtual AI untuk memberikan koreksi gerakan pengguna secara

No	Tahun	Judul Penelitian	Hasil	Pembeda
			sinkronisasi langkah kaki pelacak Fitbit.	<i>real-time</i> .
4	2020	<i>Human pose estimation based in-home lower body rehabilitation system</i>	Model HRNet ringan mencapai skor AP 70,8 pada COCO val2017 dan 88,3 pada <i>dataset</i> rehabilitasi ekstremitas bawah buatan sendiri	Penelitian ini mengembangkan dan menerapkan <i>model</i> klasifikasi <i>LSTM</i> untuk memvalidasi ketepatan gerakan secara <i>real- time</i> . dan berfokus pada tiap bagian nyeri yang berbeda
5	2021	<i>App-Based Feedback for Rehabilitation Exercise Correction in Patients With Knee or Hip Osteoarthritis: Prospective Cohort Study</i>	Kesepakatan koreksi antara AI dan terapis teruji <i>noninferior</i> dengan percent agreement sebesar 82,8.	Penelitian ini melakukan membuat aplikasi latihan terapi untuk lokasi nyeri tiap bagian menggunakan,
6	2026	Pengembangan aplikasi	Pengujian <i>Black</i>	Penelitian ini

No	Tahun	Judul Penelitian	Hasil	Pembeda
		mobile rekomendasi latihan fisioterapi berbasis diagnosa: studi kasus di Mend.Wellness.Clinic	Box membuktikan semua fitur utama dan perhitungan progres latihan berhasil tersimpan ke database dengan akurasi 100%	membuat memetak gerakan terapi untuk nyeri dari tiap bagian ekstremitas bawah menggunakan deteksi gerakan otomatis berbasis AI (MediaPipe dan LSTM).

1.4 Data Penelitian

1.4.1 Pengumpulan Data

1. Data Klinis

Untuk memastikan fitur aplikasi sesuai dengan pertimbangan klinis, dilakukan konsultasi semi-terstruktur dengan dua orang tenaga ahli. Konsultasi ini bertujuan memperoleh dasar penyusunan fitur aplikasi, khususnya dalam menentukan penanganan nyeri berdasarkan lokasi keluhan, penilaian kondisi pengguna, rekomendasi latihan, dosis latihan, monitoring latihan, dan evaluasi kondisi pengguna. Konsultasi pertama dilakukan secara daring melalui platform Halodoc dengan dr. Michael Prayogo, Sp.K.F.R., M.Ked.Klin., AIFO-K untuk memperoleh informasi mengenai gejala darurat (*red flags*) pada setiap bagian tubuh serta kondisi pengguna yang masih aman untuk melakukan latihan terapi

mandiri di rumah. Selanjutnya, konsultasi kedua dilakukan dengan fisioterapis sekaligus pemilik klinik mandiri, yaitu Chandra Arum Pramitha, S.Kes. Ftr., untuk memperoleh dasar perancangan aplikasi, meliputi asesmen awal, monitoring latihan, rekomendasi latihan, dan evaluasi pengguna. Pembahasan dalam wawancara ini mencakup penentuan, asesmen awal pengguna sebelum latihan, penilaian tingkat nyeri, rekomendasi latihan. Selain itu, membahas batas maksimal nyeri yang masih aman selama latihan, kondisi yang mengharuskan latihan dihentikan, batas waktu evaluasi apabila keluhan tidak membaik, serta penilaian kondisi pengguna setelah latihan.

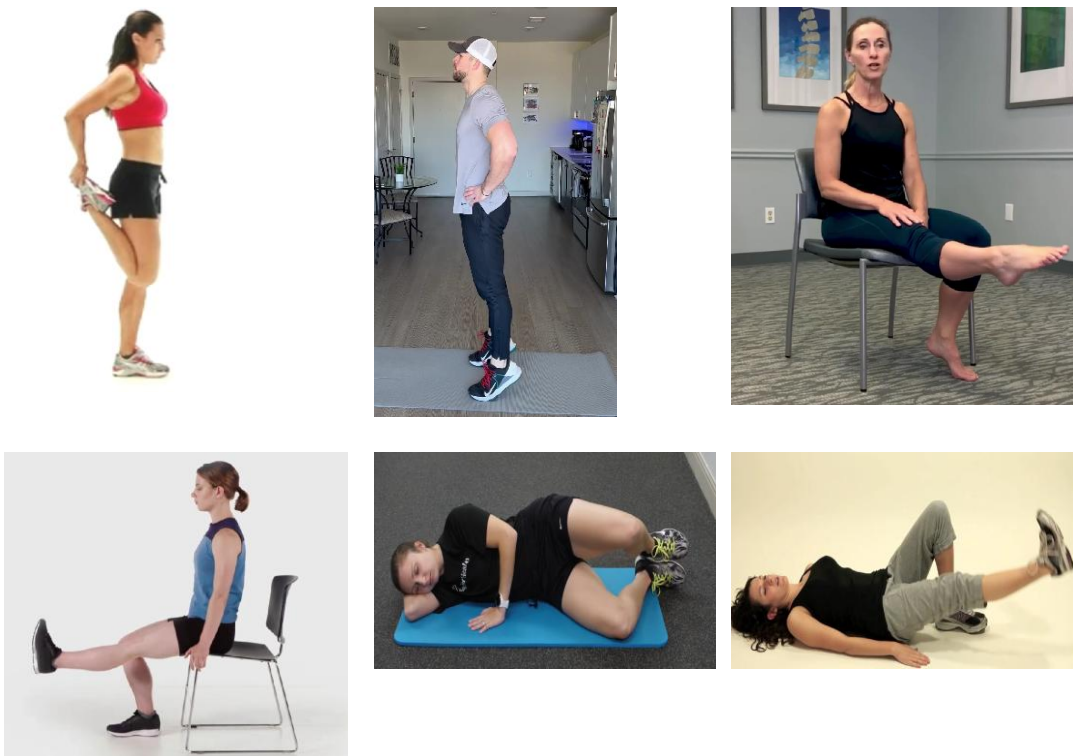


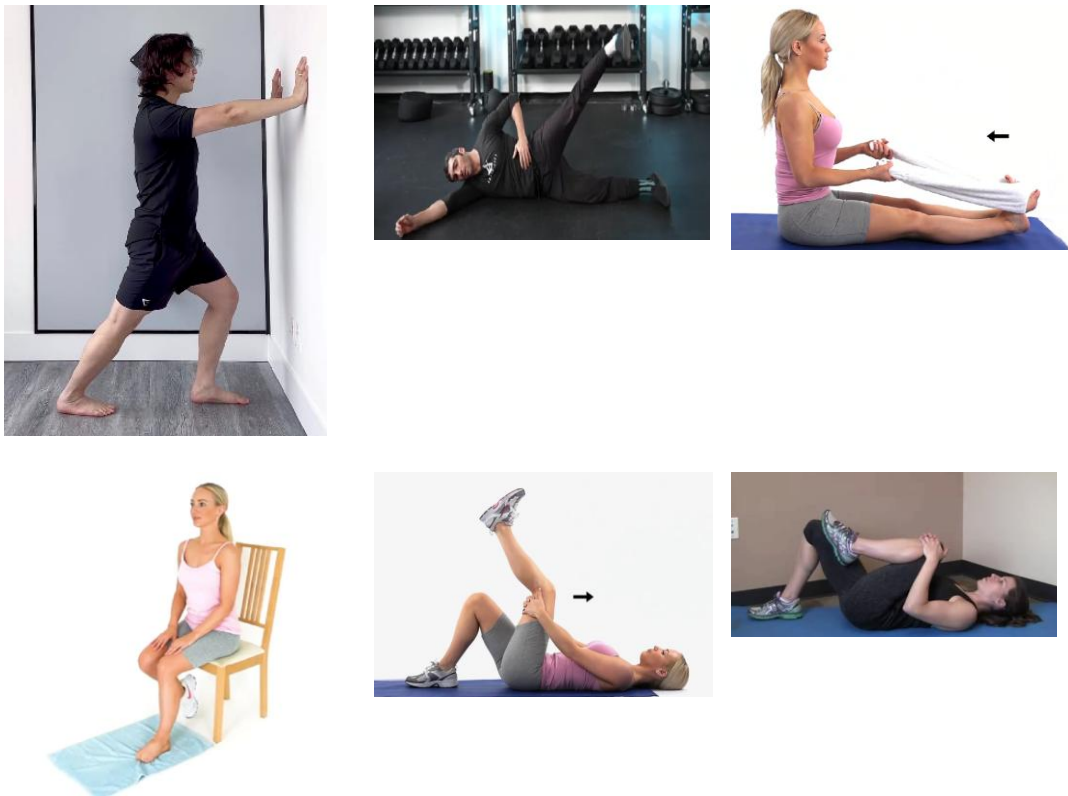
Gambar 1. 1 Sesi Observasi dan Wawancara Bersama Fisioterapi

2. Dataset Gerakan

Untuk membangun model klasifikasi gerakan yang mampu mengenali jenis latihan secara akurat, diperlukan *dataset* yang representatif. *Dataset* yang digunakan dalam penelitian ini berupa kumpulan video gerakan latihan yang selanjutnya diproses menjadi data numerik menggunakan titik *landmark* hasil

ekstraksi pose. Sebelum proses pengumpulan data dilakukan, daftar gerakan latihan yang diperoleh dari berbagai video edukasi publik 14 jenis gerakan latihan yang digunakan dalam penelitian. Selanjutnya, video untuk setiap jenis gerakan dikumpulkan dari sumber edukasi publik, dengan masing-masing jenis gerakan diwakili oleh 10 video. Untuk memberikan gambaran mengenai data yang digunakan, beberapa contoh *frame* dari setiap jenis gerakan disajikan pada Gambar 2. 1



Gambar 2. 1 *Dataset Latihan*

1.4.2 Pemrosesan Data

1. Dataset Klinis

Data dari hasil wawancara dan literatur dikelompokkan berdasarkan kondisi keluhan pengguna pada area ekstremitas bawah, yang meliputi lokasi nyeri, kondisi pengguna, tingkat nyeri dan durasi nyeri yang telah dirasakan. Setelah itu, dipetakan bentuk penanganan yang paling sesuai untuk masing-masing area nyeri yang telah di pilih tersebut, yaitu berupa pembagian rekomendasi gerakan tiap bagian, durasi program latihan, Rancangan alur aplikasi yang meliputi asesmen awal, rekomendasi latihan, monitoring, dan evaluasi.

1. Asesmen Awal

Tabel 1. 2 Asesmen Awal

No	Pertanyaan
1	Pada bagian mana kamu merasakan keluhan nyeri saat ini?
2	Saat ini area nyeri tersebut, apakah terasa sakit atau sensitif?
3	Saat area nyeri digerakkan, apakah terasa sakit?
4	Apakah area nyeri tersebut terasa kaku?
5	Berapa lama kamu mengalami nyeri?
6	Gambarkan tingkat keparahan nyeri kamu saat ini dalam skala angka 0 sampai 10

2. Pembagian Daftar Latihan

Tabel 1. 3 Pembagian Daftar Latihan

No	Nama Bagian	Batas Tingkat Nyeri	Nama Gerakan
1	Pinggul	5	<i>Knee To Chest, Supine Hamstring Stretch, Clamshell, Side Leg Raise</i>
2	Paha	5	<i>Quadriceps Stretch, Supine Hamstring Stretch, Side Leg Raise, Lunge</i>
3	Lutut	4	<i>Quadriceps Stretch, Supine Hamstring Stretch, Side Leg Raise, Seated Knee Extension,</i>

			<i>Straight Leg Raise</i>
4	Tungkai Bawah	5	<i>Standing Calf Stretch, Towel Stretch, Calf Raises</i>
5	Pergelangan Kaki	5	<i>Standing Calf Stretch, Towel Stretch, Single Leg Balance, Ankle Alphabet Exercise</i>
6	Kaki	5	<i>Standing Calf Stretch, Towel Stretch, Calf Raises, Towel Toe Curl</i>

3. Evaluasi Pengguna

Tabel 1. 4 Pertanyaan Evaluasi Tingkat Nyeri

No	Pertanyaan
1	Gambarkan tingkat keparahan nyeri kamu saat ini dalam skala angka 0 sampai 10

4. Tingkat Skala Nyeri

Tabel 1. 5 Skala Tingkat Nyeri

No	Skala	Tingkat Nyeri	Deskripsi
1	0	Tidak ada nyeri	Tidak ada rasa sakit sama sekali
2	1	Ringan	Nyeri hanya sedikit terasa dan tidak mengganggu aktivitas

No	Skala	Tingkat Nyeri	Deskripsi
			seperti biasa.
3	2	Ringan	Nyeri ringan dan terasa jelas, seperti cubitan dan aktivitas masih dapat dilakukan seperti biasa.
4	3	Ringan	Nyeri cukup terasa, tetapi masih mudah ditahan dan aktivitas sehari-hari masih dapat dilakukan dengan normal.
5	4	Sedang	Nyeri terasa lebih kuat dan Rasa sakit muncul pada saat melakukan aktivitas tertentu
6	5	Sedang	Nyeri terasa cukup kuat dan mulai mengurangi kenyamanan saat melakukan aktivitas
7	6	Sedang	Nyeri terasa kuat dan semakin terasa saat bergerak atau beraktivitas
8	7	Berat	Nyeri terasa sangat kuat dan rasa sakit banyak membuat

No	Skala	Tingkat Nyeri	Deskripsi
			aktivitas menjadi sulit dilakukan.
9	8	Berat	Nyeri terasa sangat berat dan rasa sakit sangat membatasi aktivitas.
10	9	Berat	Nyeri hampir tidak tertahankan dan rasa sakit membuat aktivitas sulit dilakukan.
11	10	Sangat Berat	Nyeri terasa sangat parah dan rasa sakit tidak tertahankan membuat tidak mampu melakukan aktivitas.

2. *Dataset Gerakan*

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini mengalami beberapa tahap pemrosesan. Pertama, video-video yang telah diunduh dipisahkan berdasarkan label gerakan masing-masing. Selanjutnya, setiap video diproses menggunakan *MediaPipe Pose Detection* untuk mengekstraksi *landmark* sebanyak 33 titik pada setiap *frame* video. Tiap titik *landmark* menghasilkan empat nilai atribut, yaitu koordinat x, y, z, dan *visibility* (v), yang kemudian disusun ke dalam bentuk data tabular.

1.4.3 Hasil Data

1. Dataset Klinis

Berdasarkan hasil pengumpulan serta pengolahan data klinis yang telah dilakukan, diperoleh tiga jenis keluaran utama yang menjadi landasan perancangan fitur aplikasi, yaitu tabel asesmen awal, tabel pembagian daftar latihan, dan tabel evaluasi pengguna. Tabel asesmen awal Tabel 1. 2 berisi serangkaian pertanyaan yang digunakan untuk menggali lokasi keluhan, kondisi nyeri, serta tingkat keparahan nyeri pengguna sebelum memulai sesi latihan. Tabel pembagian daftar latihan Tabel 1. 3 memuat pemetaan gerakan latihan yang dihasilkan dari diskusi dengan fisioterapi, batas tingkat nyeri yang masih diperbolehkan untuk area tiap bagian ekstremitas bawah. Tabel evaluasi pengguna Tabel 1. 4 memuat pertanyaan yang digunakan untuk menilai kondisi nyeri pengguna setelah latihan dilakukan.

2. Dataset Gerakan

Hasil dari konversi data video menjadi *dataset* berupa data tabular yang memiliki atribut class, serta poin-poin x1-x33, y1-y33, z1-z33, dan v1-v33.

video_id	label	frame_idx	x0	y0	z0	v0	x1	y1	z1	v1	x2	y2	z2	v2	x3	y3	z3	v3	x4	y4	z4	v4
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	16	0.53175	0.35596	0.658774	0.97772	0.51932	0.346011	0.665521	0.981803	0.520429	0.345822	0.665412	0.980103	0.51712	0.352748	0.665311	0.983453	0.517625	0.347377	0.639608	0.983773
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	18	0.518944	0.33616	0.674021	0.975091	0.504828	0.330725	0.681991	0.979191	0.503517	0.331044	0.681905	0.977057	0.501779	0.331829	0.681804	0.980993	0.506244	0.329611	0.650693	0.981719
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	32	0.658496	0.371771	0.812747	0.96054	0.654972	0.368139	0.79559	0.962845	0.652913	0.368486	0.795647	0.957596	0.650946	0.368853	0.795574	0.964303	0.661092	0.366994	0.805946	0.965768
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	44	0.671498	0.339821	0.494381	0.96278	0.66954	0.335853	0.516124	0.965079	0.670854	0.336164	0.516151	0.959801	0.672291	0.336545	0.51606	0.966829	0.664323	0.335506	0.496374	0.967869
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	2	0.517307	0.227639	-0.14368	0.966493	0.530562	0.197277	-0.1485	0.968561	0.538508	0.196418	-0.14861	0.96381	0.543153	0.195656	-0.14867	0.970138	0.520418	0.196128	-0.11682	0.971075
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	4	0.519482	0.227543	-0.15243	0.969834	0.532213	0.195694	-0.15272	0.971691	0.538005	0.194444	-0.15281	0.967415	0.54488	0.193242	-0.15288	0.973114	0.522394	0.195521	-0.12574	0.973958
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	6	0.521408	0.227189	-0.16381	0.972842	0.533938	0.194262	-0.16233	0.974508	0.539607	0.192924	-0.16241	0.97066	0.546551	0.191624	-0.16248	0.975792	0.544455	0.194565	-0.13733	0.976553
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	8	0.523926	0.226824	-0.17683	0.975548	0.536149	0.193315	-0.17315	0.977041	0.542066	0.191965	-0.17324	0.973577	0.549157	0.190622	-0.17331	0.978199	0.526761	0.193808	-0.14956	0.978888
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	10	0.526589	0.226567	-0.17996	0.977985	0.538278	0.192705	-0.1753	0.979323	0.544607	0.191406	-0.17539	0.976205	0.55181	0.190068	-0.17546	0.980368	0.528934	0.193286	-0.15211	0.980991
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	12	0.527893	0.226235	-0.1805	0.980178	0.539565	0.192053	-0.17717	0.981378	0.546058	0.190821	-0.17726	0.978572	0.553308	0.189525	-0.17733	0.982321	0.530311	0.192619	-0.15326	0.982884
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	14	0.527848	0.225947	-0.18107	0.982151	0.539791	0.19122	-0.17874	0.983227	0.546123	0.18998	-0.17882	0.980701	0.553366	0.188731	-0.17889	0.984079	0.530604	0.191764	-0.15445	0.984588
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	16	0.527584	0.225622	-0.17957	0.983924	0.5397	0.190442	-0.17816	0.984885	0.545895	0.189165	-0.17824	0.982613	0.553105	0.187915	-0.17831	0.985657	0.530503	0.191008	-0.15318	0.986117
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	18	0.527501	0.225617	-0.17861	0.985516	0.539811	0.190449	-0.17712	0.986374	0.545841	0.189157	-0.1772	0.98433	0.553006	0.187878	-0.17727	0.987074	0.530594	0.191024	-0.15213	0.987492
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	20	0.527413	0.22602	-0.18077	0.986949	0.53974	0.190873	-0.18092	0.987712	0.545522	0.189631	-0.18101	0.985873	0.552319	0.18826	-0.18111	0.988348	0.530507	0.191361	-0.15448	0.988727
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	22	0.527281	0.226054	-0.18	0.988235	0.539709	0.191061	-0.18075	0.988912	0.545183	0.189855	-0.18084	0.987258	0.551585	0.188436	-0.18092	0.989492	0.530475	0.191492	-0.1538	0.989836
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	24	0.527158	0.226342	-0.18236	0.989398	0.539626	0.191495	-0.18201	0.990002	0.545113	0.190354	-0.18211	0.988513	0.55156	0.18889	-0.18219	0.990528	0.530392	0.191899	-0.15524	0.99084
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	26	0.527118	0.226597	-0.17952	0.990444	0.53957	0.191845	-0.17891	0.990981	0.545045	0.190788	-0.17902	0.989641	0.551409	0.189333	-0.17911	0.99146	0.530356	0.192148	-0.15185	0.991743
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	28	0.527049	0.226669	-0.17957	0.991387	0.539524	0.191964	-0.17876	0.991864	0.544972	0.190944	-0.17887	0.990659	0.551344	0.189506	-0.17895	0.9923	0.530281	0.19222	-0.1518	0.992557
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	30	0.526962	0.226673	-0.17992	0.992236	0.539523	0.191974	-0.17913	0.992659	0.544906	0.190956	-0.17924	0.991575	0.551291	0.189519	-0.17932	0.993056	0.530204	0.192229	-0.15214	0.99329
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	32	0.526922	0.226705	-0.17912	0.993	0.539586	0.191997	-0.17823	0.993374	0.544882	0.190977	-0.17834	0.992399	0.551286	0.189529	-0.17843	0.993736	0.530176	0.192254	-0.15156	0.99395
Ankle_Alq1	Ankle_Alq1	34	0.526898	0.226632	-0.17007	0.993685	0.539629	0.191973	-0.16909	0.994015	0.544851	0.190935	-0.1692	0.993137	0.551256	0.189466	-0.16929	0.994347	0.530215	0.192231	-0.14329	0.994542

Gambar 2. 2 CSV Landmark

1.5 Alat Penelitian

Dalam pengembangan ini digunakan beberapa alat pendukung yang berfungsi untuk membantu proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem informasi donasi. Alat yang digunakan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung jalannya penelitian.

1. Perangkat Keras

Penelitian ini menggunakan laptop IdeaPad S340-14API dengan spesifikasi sebagai berikut: prosesor AMD Ryzen 5 3500U (2.10 GHz), RAM 8 GB, SSD 512 GB dan sistem operasi Windows 11.

2. Perangkat Lunak

No	Nama	Fungsi
1	Windows 11	Sistem operasi utama untuk pengembangan aplikasi, pemrosesan data, dan pelatihan <i>model</i> .
2	<i>Python</i>	Bahasa pemrograman utama untuk <i>scripting</i> , <i>preprocessing</i> , dan integrasi <i>model</i> .
3	<i>MediaPipe</i>	<i>Library</i> untuk ekstraksi titik <i>pose</i> tubuh (<i>landmark</i>) dari video.
4	<i>OpenCV</i>	Digunakan untuk membaca dan memproses video <i>frame-by-frame</i> .
5	<i>Scikit-Learn</i>	<i>Library Machine Learning</i> untuk membangun <i>model</i> klasifikasi awal.
6	<i>Google Colab</i>	<i>Platform</i> pelatihan <i>model</i> berbasis <i>cloud</i> GPU, digunakan khusus untuk membuat

No	Nama	Fungsi
		<i>model LSTM.</i>
7	<i>Visual Studio Code</i>	<i>Code editor utama dalam pengembangan dair kode pembuatan aplikasi.</i>
8	<i>MySQL</i>	Sistem manajemen basis data relasional (<i>RDBMS</i>) yang digunakan untuk menyimpan dan mengelola data sistem/aplikasi.
9	<i>Flask</i>	<i>Framework</i> berbasis <i>Python</i> yang digunakan untuk membangun <i>REST API</i> sebagai penghubung antara frontend dengan <i>Backend</i> .
10	<i>Flutter</i>	<i>Framework</i> utama yang digunakan untuk membangun antarmuka <i>frontend</i> pada aplikasi.
11	<i>Google ML Kit</i>	<i>Mobile SDK</i> yang digunakan untuk mengimplementasikan fitur <i>Machine Learning</i> secara langsung pada perangkat (<i>on-device</i>) di dalam aplikasi.