

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Kesediaan Bimbingan Skripsi

SURAT KESEPAKATAN BIMBINGAN SKRIPSI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Pihak Pertama
Nama : M. Ilham Rigan Agachi
NIM : 22090098
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Informatika
Pihak Kedua
Nama : Dwi Intan Af'idah, S.T., M.Kom.
Status : Dosen
NIDN : 0620089203
Jabatan Fungsional : Lektor
Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk.I - III/b

Pada hari ini Senin tanggal 09 Maret 2026 telah terjadi sebuah kesepakatan bahwa Pihak Kedua bersedia menjadi Pembimbing I Skripsi Pihak Pertama dengan syarat adanya peningkatan progress dari proyek skripsi yang dilaporkan setiap satu pekan. Jika Pihak Pertama tidak memenuhi syarat tersebut, maka Pihak Kedua berhak memutuskan kesepakatan ini. Adapun waktu dan tempat pelaksanaan disepakati antar pihak.

Demikian kesepakatan ini dibuat dengan penuh kesadaran guna kelancaran penyelesaian Skripsi.

Tegal, 9 Maret 2026

Pihak Pertama



M. Ilham Rigan Agachi

Pihak Kedua



Dwi Intan Af'idah, S.T., M.Kom.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Informatika



**Universitas
Harkat Negeri**
SARJANA TERAPAN TEKNIK INFORMATIKA
Dyah Apriliani, S.T., M.Kom.
NIPY. 09.015.225

SURAT KESEPAKATAN BIMBINGAN SKRIPSI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Pihak Pertama

Nama : M. Ilham Rigan Agachi

NIM : 22090098

Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Informatika

Pihak Kedua

Nama : Hepatika Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom.

Status : Dosen Tetap

NIDN : 0618119101

Jabatan Fungsional : Lektor

Pangkat/Golongan : Penata III/c

Pada hari ini Kamis tanggal 9 April 2026 telah terjadi sebuah kesepakatan bahwa Pihak Kedua bersedia menjadi Pembimbing II Skripsi Pihak Pertama dengan syarat Pihak Pertama wajib melakukan bimbingan Skripsi minimal 8 kali kepada Pihak Kedua. Apabila dalam kurun waktu satu bulan sejak bimbingan terakhir saya terbukti tidak hadir/menghilang, maka saya bersedia mengikuti prosedur pemenuhan bimbingan dan penyelesaian skripsi sesuai standar kelayakan sidang di Prodi D4 Teknik Informatika, tanpa menuntut percepatan jadwal sidang kepada dosen pembimbing. Adapun waktu dan tempat pelaksanaan disepakati antar pihak.

Demikian kesepakatan ini dibuat dengan penuh kesadaran guna kelancaran penyelesaian Skripsi

Tegal, 9 April 2026

Pihak Pertama

Pihak Kedua



15

M. Ilham Rigan Agachi

Hepatika Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Informatika

Mengetahui,
Program Studi Sarjana Terapan Teknik

UNIVERSITAS
Himpunan Negeri
Dyah Apriliani, S.T., M.Kom.
NIPY. 09.015.225

Lampiran 2 Surat Pernyataan HKI

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, pemegang hak cipta:

1. N a m a : M. Ilham Rigan Agachi
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Desa Pepedan RT01/RW03, Kecamatan Dukuhturi,
Kabupaten Tegal, 52192
2. N a m a : Dwi Intan Afidah, S.T., M.Kom
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Desa Grinting RT/RW 003/001, Kecamatan Bulakamba,
Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah, 52253
3. N a m a : Hepatika Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Jalan Kenanga Gang I Nomor 9, Kelurahan Mangkukusuman,
Kecamatan Tegal Timur, Provinsi Jawa Tengah

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya Cipta yang saya mohonkan:
Berupa : Program Komputer
Berjudul : GEMA: Aplikasi Fisioterapi Digital dengan Metode Gamifikasi dan
Teknologi Estimasi Pose MoveNet untuk Pasien Pasca-Stroke
 - Tidak meniru dan tidak sama secara esensial dengan Karya Cipta milik pihak lain atau obyek kekayaan intelektual lainnya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 68 ayat (2);
 - Bukan merupakan Ekspresi Budaya Tradisional sebagaimana dimaksud dalam Pasal 38;
 - Bukan merupakan Ciptaan yang tidak diketahui penciptanya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 39;
 - Bukan merupakan hasil karya yang tidak dilindungi Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 41 dan 42;
 - Bukan merupakan Ciptaan seni lukis yang berupa logo atau tanda pembeda yang digunakan sebagai merek dalam perdagangan barang/jasa atau digunakan sebagai lambang organisasi, badan usaha, atau badan hukum sebagaimana dimaksud dalam Pasal 65 dan;
 - Bukan merupakan Ciptaan yang melanggar norma agama, norma susila, ketertiban umum, pertahanan dan keamanan negara atau melanggar peraturan perundang-undangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 74 ayat (1) huruf d Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.
2. Sebagai pemohon mempunyai kewajiban untuk menyimpan asli contoh ciptaan yang dimohonkan dan harus memberikan apabila dibutuhkan untuk kepentingan penyelesaian sengketa perdata maupun pidana sesuai dengan ketentuan perundang-undangan.
3. Karya Cipta yang saya mohonkan pada Angka 1 tersebut di atas tidak pernah dan tidak sedang dalam sengketa pidana dan/atau perdata di Pengadilan.

4. Dalam hal ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Angka 1 dan Angka 3 tersebut di atas saya / kami langgar, maka saya / kami bersedia secara sukarela bahwa:
- permohonan karya cipta yang saya ajukan dianggap ditarik kembali; atau
 - Karya Cipta yang telah terdaftar dalam Daftar Umum Ciptaan Direktorat Hak Cipta, Direktorat Jenderal Hak Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum Dan Hak Asasi Manusia R.I dihapuskan sesuai dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku.
 - Dalam hal kepemilikan Hak Cipta yang dimohonkan secara elektronik sedang dalam berperkara dan/atau sedang dalam gugatan di Pengadilan maka status kepemilikan surat pencatatan elektronik tersebut ditangguhkan menunggu putusan Pengadilan yang berkekuatan hukum tetap.

Demikian Surat pernyataan ini saya/kami buat dengan sebenarnya dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tegal, 8 Juni 2026



(M. Ilham Rigan Agachi)
Pemegang Hak Cipta*

(Dwi Intan Afidah, S.T., M.Kom)
Pemegang Hak Cipta*

(Hepatika Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom)
Pemegang Hak Cipta*

* Semua pemegang hak cipta agar menandatangani di atas materai (untuk penulis pertama)

Lampiran 3 Surat Pengalihan HKI

SURAT PENGALIHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. N a m a : M. Ilham Rigan Agachi
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Desa Pepedan RT01/RW03, Kecamatan Dukuhturi, Kabupaten Tegal, 52192
2. N a m a : Dwi Intan Afidah, S.T., M.Kom
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Desa Grinting RT/RW 003/001, Kecamatan Bulakamba, Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah, 52253
3. N a m a : Hepatika Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Jalan Kenanga Gang I Nomor 9, Kelurahan Mangkukusuman, Kecamatan Tegal Timur, Provinsi Jawa Tengah

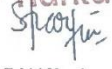
Adalah Pihak I selaku pencipta, dengan ini menyerahkan karya ciptaan saya kepada :

N a m a : Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M)
Universitas Harkat Negeri
Alamat : Jl. Mataram No.9 Pesurungan Lor Kota Tegal

Adalah Pihak II selaku Pemegang Hak Cipta berupa Program Komputer dengan judul "GEMA: Aplikasi Fisioterapi Digital dengan Metode Gamifikasi dan Teknologi Estimasi Pose MoveNet untuk Pasien Pasca-Stroke", untuk didaftarkan di Direktorat Hak Cipta dan Desain Industri, Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia.

Demikianlah surat pengalihan hak ini kami buat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tegal, 8 Juni 2026

Pemegang Hak Cipta
Kepala P3M
Universitas Harkat Negeri


(Sharfina Febbi Handayani, M.Kom.)

Pencipta

METERAI
TEMPEL
8B1CACAOX028234562


(M. Ilham Rigan Agachi)

Pemegang Hak Cipta*


(Dwi Intan Afidah, S.T., M.Kom)

Pemegang Hak Cipta*


(Hepatika Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom)
Pemegang Hak Cipta*

Lampiran 4 Surat Observasi Fisioterapi



Universitas
Harkat Negeri

Fakultas Sekolah Vokasi
Program Studi D-4 Teknik Informatika

Nomor : 24.03/TI.HN/II/2026
Lampiran : -
Hal : Permohonan Ijin Observasi
Kepada : Kepala RSUD Kardinah (Poli Rehabilitasi Medik)
Yth. Di Tempat

Dengan hormat, mahasiswa dengan identitas berikut ini:

nama : M. Ilham Rigan Agachi
NIM : 22090098
no hp : 089670916052
prodi : Sarjana Terapan Teknik Informatika

Bermaksud melakukan penelitian untuk keperluan Skripsi dengan judul **"Aplikasi Fisioterapi Digital Berbasis Gamifikasi Octalysis dan Estimasi Pose MoveNet untuk Rehabilitasi Pasien Stroke"**. Kami memohon Bapak/Ibu memberikan izin kepada mahasiswa yang bersangkutan agar dapat memperoleh data, keterangan, dan bahan yang diperlukan.

Demikian permohonan ini disampaikan, atas perhatian kami ucapkan terima kasih.

Tegal, 25 Februari 2026
Ka Prodi S.Tr. Teknik Informatika,


Universitas
Harkat Negeri
SARJANA TERAPAN TEKNIK INFORMATIKA
Dyah Apriliani, S.T., M.Kom
NIPY : 091015.225



MANUAL BOOK

(BUKU PANDUAN PENGGUNA)
APLIKASI **GEMA** "GERAK MANDIRI"

Disusun Oleh:
M. Ilham Rigan Agachi
Dwi Intan Af'idah, S.T., M.Kom.
Hepatika Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom.





PENDAHULUAN



* TUJUAN

Mengapa Dokumen Ini Dibuat?

Buku saku ini hadir untuk menemani Anda-baik sebagai *Administrator*, Fisioterapis, maupun Pasien, dalam menggunakan aplikasi **GEMA**. Kami ingin memastikan Anda dapat memanfaatkan teknologi ini dengan mudah untuk mencapai satu tujuan: pemulihan yang lebih baik dan konsisten.





NILAI INOVASI



Apa yang Membuat GEMA Berbeda?

Kami mengubah cara rehabilitasi bekerja:



Latihan Rasa Bermain

Tidak ada lagi latihan membosankan. Kumpulkan poin, naikan level, dan raih lencana pencapaian.



Pendamping Pintar (AI)

Sistem kami membaca gerakan Anda dan memberikan saran otomatis agar latihan tetap aman dan tepat sasaran.



Terhubung Tanpa Jarak

Pasien dan Terapis tetap bisa bertukar data dan semangat, meski tidak bertatap muka.



DAMPAK UNTUK KITA SEMUA

Bagi Fisioterapis:

Data perkembangan pasien tersaji rapi dalam grafik, memudahkan pengambilan keputusan medis.

Bagi Pasien:

Latihan jadi rutinitas yang ditunggu, bukan beban.

Bagi Institusi:

Pengelolaan data rehabilitasi menjadi lebih modern, terpusat, dan efisien.





PERSIAPAN & INSTALASI APLIKASI



SPESIFIKASI MINIMUM

Untuk HP Android (Pasien & Terapis)



- Sistem Operasi: Minimal Android 8.0 (Oreo).
- Kamera: Wajib berfungsi (untuk scan QR Code).
- Koneksi: Internet stabil (4G/Wi-Fi) untuk menyimpan skor latihan.

Untuk Laptop/PC (Administrator)



- Disarankan menggunakan browser Google Chrome atau Microsoft Edge terbaru untuk tampilan Dashboard terbaik.



CARA MENGINSTAL APLIKASI

Karena aplikasi ini eksklusif dan belum tersedia di Play Store umum, silakan ikuti langkah mudah berikut:

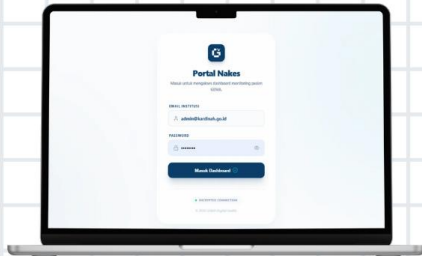




BAGIAN 1: ADMINISTRATOR

Area Kerja: Web Portal
(<https://gema.app/portal-admin>)
Fokus: Manajemen User & Konten

Manajemen Akses



Masuk ke Dashboard

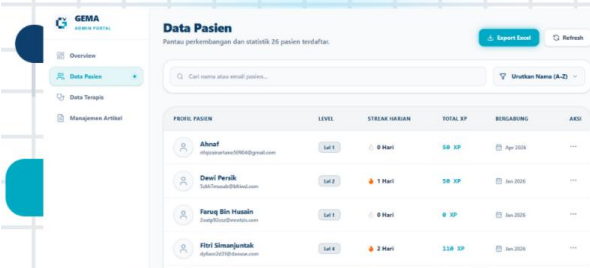
- Akses alamat web portal.
- Masukkan Email Institusi dan Password Anda.
- Tips: Halaman depan menampilkan ringkasan performa (Total Pasien, Artikel, Grafik Aktivitas).

Memberi Akses Terapis (Generate Token)

- 1. Buka menu Manajemen Terapis.
- 2. Klik tombol 'Buat Kode Baru'.
- 3. Salin kode unik tersebut dan kirimkan via WhatsApp/Email ke Fisioterapis terkait.

Memantau Perkembangan Pasien

Anda bisa melihat siapa pasien yang paling rajin atau yang butuh perhatian.



Buka menu **Data Pasien**.

Gunakan filter untuk mengurutkan berdasarkan "Level Tertinggi" atau "Kepatuhan Latihan".

Klik tombol **Aksi** pada nama pasien untuk melihat grafik detail progres mereka.



Butuh data fisik? Klik '**Export Excel**' untuk mengunduh laporan lengkap.

Mengelola Artikel Edukasi

Bantu pasien paham tentang kesehatan mereka lewat artikel.

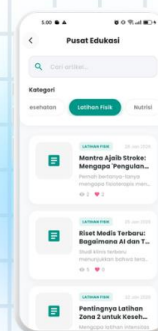
➤ 1. Masuk ke menu **Pustaka Artikel > Tulis Artikel**.

➤ 2. Lengkapi Judul, Foto Sampul, dan Isi Artikel.

➤ 3. Klik **Publikasikan**.



➤ Artikel akan langsung muncul di HP seluruh pasien.





BAGIAN 2: FISIOTERAPIS

Area Kerja: Aplikasi Mobile Fokus:
Monitoring & Preskripsi Latihan

Registrasi & Koneksi Pasien

Registrasi Akun Baru

- 1. Buka Aplikasi GEMA > Pilih **'Masuk sebagai Fisio'**.
- 2. Masukkan Token Akses dari Admin.
- 3. Lengkapi Profil profesional Anda (Foto & No. WhatsApp).

Menghubungkan dengan Pasien (*Pairing*)



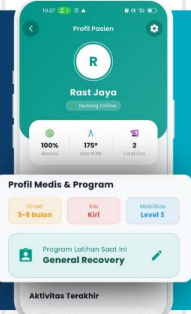
- Buka Menu **Profil**.
- Akan Muncul **'QR Code Saya'**.
- Minta pasien memindai (**scan**) layar HP Anda.

Status: Jika berhasil, nama pasien akan muncul di daftar 'Pasien Saya'.

Memantau & Mengatur Program

Setiap pasien unik. Sesuaikan program mereka di sini.

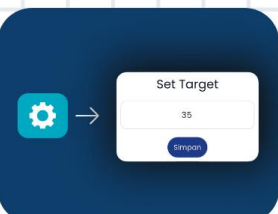
➤ **Cek Statistik:**
Akurasi Gerakan
Lihat Aktivitas Terakhir untuk tahu apakah mereka melakukan latihan dengan benar.



➤ **Ubah Program:**
Ganti program mereka (misal: dari General Recovery ke Neuroplasticity Booster) langsung dari menu ini. Perubahan terjadi detik itu juga.

Pengaturan Target & Selesai Terapi

Mengatur Target Harian



Klik ikon ⚙️ (Pengaturan) di profil pasien. Tentukan target (misal: 'Harus latihan 20 menit sehari').

Selesai Terapi



Jika terapi selesai, Anda bisa memilih opsi 'Lepas Pasien (Unpair)'.



BAGIAN 3: PASIEN

Area Kerja: Aplikasi Mobile Fokus:
Berlatih, Bermain, & Sembuh

Mulai Perjalanan anda dengan Gema



Daftar

Buka aplikasi >
Pilih "Daftar Baru".



Isi Data

Isi data diri dan kondisi kesehatanmu saat ini (*jujur saja ya, agar saran latihannya pas*).



Sambungkan

Pilih menu Scan QR, lalu arahkan kameramu ke kode QR yang ditunjukkan oleh Terapisimu.



Masukkan **nomor WhatsApp** agar Terapis mudah menyapamu.

Mengenal Rumah Barumu (Beranda)



B. Kartu Poin

Lihat Levelmu sekarang. Semakin rajin, semakin tinggi!

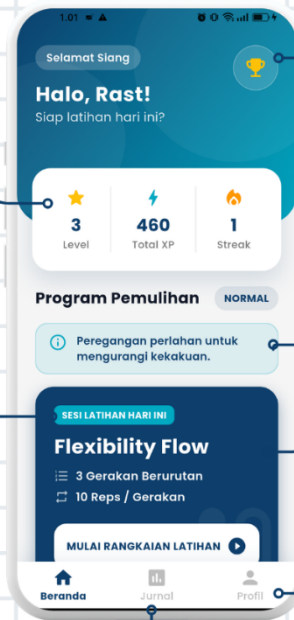
D. Misi Hari Ini

Kartu besar berisi rangkaian latihan utamamu.



F. Jurnal Kesembuhan

Akses Jurnal untuk catatan kesehatanmu.



A. Papan Juara

Ingin lihat teman seperjuangan lain?

C. Saran Pintar (AI)

Rekomendasi AI: Jadwal rutin harian.

E. Progres Level

Tips kesehatan singkat.

G. Profil & Pengaturan

Kelola profil dan pengaturan aplikasimu.



Waktunya Berlatih!

Jangan takut salah, aplikasi akan memandumu.

1



Klik "Mulai Latihan".

2



Letakkan HP di posisi yang stabil, ikuti gerakan contoh.

3



Selesai? Isi survei singkat.



Cling! Kamu akan langsung dapat Poin & XP.
Cek menu **Jurnal** untuk melihat grafik kemajuanmu.

Profil dan Prestasimu

Jangan takut salah, aplikasi akan memandumu.



Koleksi Lencana:

Buka aplikasi > Pilih "Daftar Baru".



Lapor Dokter:

Klik tombol 'Chat Terapis' jika ada keluhan.



Unduh Raport:

Klik 'Unduh Laporan' untuk hasil latihan sebulan terakhir.



Pengingat:

Aktifkan alarm latihan (biasanya jam 08:00 pagi) biar tidak terlewat.





BUTUH BANTUAN?

Jangan ragu untuk bertanya. Jika aplikasi tidak bisa dibuka atau ada kendala teknis, segera hubungi Admin Institusi atau gunakan fitur 'Bantuan' di halaman login.

**Selamat Berlatih,
Ayo Gerak Mandiri!**

Kontak Pengembang

 [linkedin.com/in/ilhamriganagachi/](https://www.linkedin.com/in/ilhamriganagachi/)

 ilhamrgn22@gmail.com



TECHNICAL DOCUMENT

(Dokumen Teknis)

Disusun Oleh:
M. Ilham Rigan Agachi
Dwi Intan Af'idah, S.T., M.Kom.
Hepatika Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom.



Buku Teknikal GEMA 2.0 (Gerak Mandiri)

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
DAFTAR GAMBAR.....	3
1. PENDAHULUAN.....	4
1.1 Latar Belakang.....	4
1.2 Tujuan Proyek.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
2. SPESIFIKASI TEKNIS DAN LINGKUNGAN PENGEMBANGAN.....	5
2.1 Ruang Lingkup Aplikasi.....	5
2.3 Perangkat Keras (Hardware).....	5
2.4 Perangkat Lunak (Software).....	6
3. ARSITEKTUR PERANGKAT LUNAK.....	6
3.1 Framework (Flutter & GetX).....	6
3.2 Manajemen State dan Dependensi (Pubspec).....	7
3.3 Struktur Proyek (Modular Architecture).....	8
3.4 Integrasi Firebase.....	9
4. IMPLEMENTASI MODEL KECERDASAN BUATAN (POSE ESTIMATION).....	9
4.1 Model Pose Detection (MoveNet Lightning).....	9
4.2 Pemrosesan Awal (Preprocessing) Input Kamera.....	10
4.3 Transformasi Koordinat Pose.....	10
5. PENJABARAN TEKNIS FITUR UTAMA.....	12
5.1 Sistem Autentikasi dan Logika Pengarah Sesi (Role-Based Guard Routing)..	13
5.2 Modul Fisioterapi Mandiri (Exercise Logic & Factory Pattern).....	14
5.3 Komputasi Geometri Gerakan (Pose Math dan Validasi Metrik Klinis).....	15
5.4 Logika Sesi Alur Latihan (Session Flow) dan Retensi Feedback Pasien.....	20
5.5 Arsitektur Panel Pemantauan Jarak Jauh (Therapist Dashboard).....	20
5.6 Modul Pemeriksaan Klinis (Assessment) dan Manajemen Detail Pasien.....	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Arsitektur Modular dan Aliran Data GEMA 2.0.....	8
Gambar 2. Konfigurasi Manajemen Dependensi pada Berkas pubspec.yaml.....	9
Gambar 3. Struktur Direktori Proyek dan Pemetaan Rute (App Pages).....	10
Gambar 4. Alur Inisialisasi Grafik Komputasi Model MoveNet Lightning.....	11
Gambar 5. Implementasi Kelas Pose Painter pada Lapisan Kendali Exercise View...13	
Gambar 6. Diagram Alur Penjaga Keamanan Sesi Pengguna pada Auth Controller..	15
Gambar 7. Alur Eksekusi Pola Perancangan Exercise Factory dalam Pemilihan Logika Latihan.....	16
Gambar 8. Logika Perhitungan Sudut Sendi Kinematik pada Berkas pose_math.dart... 17	
Gambar 9. Implementasi Metode Evaluasi Elbow Flexion Logic.....	18
Gambar 10. Implementasi Metode Evaluasi Shoulder Abduction Logic.....	19
Gambar 11. Implementasi Metode Evaluasi Shoulder Flexion Logic.....	19
Gambar 12. Implementasi Algoritma Pendeteksi Jarak Linier pada Hand to Mouth Logic.....	20
Gambar 13. Diagram Sesi Kontroler Alur Latihan (Session Flow Controller).....	21
Gambar 14. Arsitektur Manajemen Status Koleksi data pada Therapist Dashboard Controller.....	22
Gambar 15. Implementasi Pengikatan Data Kendali (Data Binding) pada Komponen Patient Detail View.....	23

GEMA

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pemulihan fisik melalui metode fisioterapi pasca-trauma atau rehabilitasi motorik menuntut konsistensi tinggi dalam eksekusi gerakan. Hambatan geografis, keterbatasan waktu klinis, serta biaya operasional yang tinggi sering kali memaksa pasien untuk melakukan latihan secara mandiri di lingkungan domestik (rumah). Namun, pelaksanaan terapi tanpa pengawasan langsung dari tenaga medis profesional memicu risiko tinggi terjadinya salah gerakan (*improper movement execution*), yang tidak hanya menurunkan efektivitas pemulihan tetapi juga berpotensi menyebabkan cedera sekunder baru.

Untuk memitigasi permasalahan tersebut, dikembangkan aplikasi **GEMA (Gerak Mandiri) 2.0**. Aplikasi ini dirancang sebagai solusi berbasis teknologi komputasi bergerak untuk memfasilitasi proses fisioterapi mandiri yang terpantau secara presisi. GEMA 2.0 mengintegrasikan model kecerdasan buatan berbasis penglihatan komputer (*Computer Vision*), khususnya *Pose Estimation*, guna menganalisis koordinat biomekanika tubuh pasien secara *real-time* langsung melalui kamera bawaan *smartphone*. Dengan pendekatan inferensi lokal (*on-device inference*), sistem mampu memberikan umpan balik klinis instan, mengukur rentang gerak sendi (*Range of Motion*), dan memastikan setiap repetisi latihan memenuhi standar operasional medis yang telah dikonfigurasi oleh terapis.

1.2 Tujuan Proyek

- **Menyediakan Platform Terapi Mandiri Berakurasi Tinggi:** Membangun ekosistem aplikasi bergerak yang mampu memandu dan mengawasi jalannya latihan fisik pasien di rumah dengan tingkat presisi pengukuran yang setara dengan pemantauan klinis langsung.
- **Implementasi Kecerdasan Buatan Efisien pada Perangkat Bergerak:** Mengoptimalkan model *Deep Learning* pengiraan pose (*pose estimation*) untuk dijalankan secara lokal di atas perangkat dengan spesifikasi perangkat keras terbatas tanpa mengorbankan stabilitas laju bingkai (*frame rate*).
- **Membangun Sinkronisasi Data Klinis Jarak Jauh:** Menjembatani kesenjangan komunikasi antara pasien dan fisioterapis melalui mekanisme pencatatan data riwayat latihan secara *real-time* ke peladen awan, memungkinkan evaluasi berkala dan penyesuaian program terapi secara dinamis dari jarak jauh.

1.3 Batasan Masalah

- **Fokus Analisis Biomekanika:** Ruang lingkup deteksi komputer vision dibatasi secara ketat pada pengenalan postur dan struktur tulang manusia melalui 17 titik kunci (*keypoints*) utama tubuh, tidak mencakup segmentasi objek latar

belakang, pengenalan wajah, maupun ekstraksi teks.

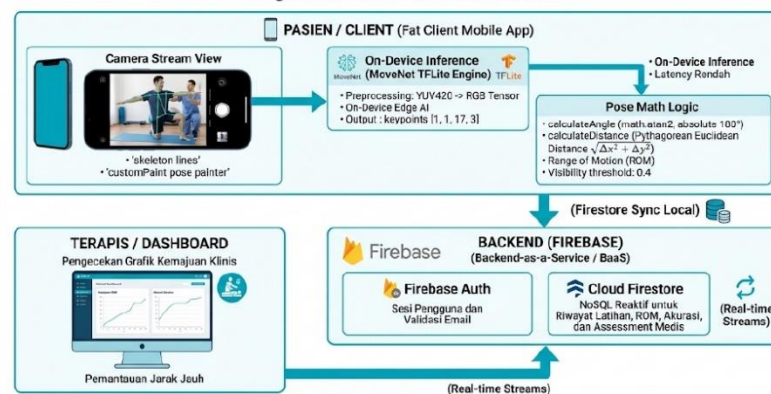
- **Optimalisasi Model Kecerdasan Buatan:** Model pembelajaran mesin yang digunakan dibatasi pada *MoveNet Lightning* yang telah dikonversi ke format TensorFlow Lite (.tflite) demi menjaga stabilitas performa pada arsitektur prosesor ponsel pintar.
- **Target Lingkungan Eksekusi:** Pengembangan difokuskan pada sistem operasi Android (dengan batas minimum SDK versi 21), walau penggunaan *framework* Flutter membuka peluang portabilitas ke iOS di masa mendatang.
- **Ketergantungan Jaringan:** Aplikasi membutuhkan konektivitas internet aktif khusus untuk proses autentikasi akun pengguna, pembaruan konfigurasi program dari terapis, serta sinkronisasi mutasi data riwayat latihan ke basis data Cloud Firestore.

2. SPESIFIKASI TEKNIS DAN LINGKUNGAN PENGEMBANGAN

2.1 Ruang Lingkup Aplikasi

Sistem GEMA 2.0 menyediakan fungsionalitas ganda yang terbagi berdasarkan peran pengguna. Di sisi pasien, aplikasi menyajikan modul *Guided Exercise* berbasis pemutaran playlist latihan terstruktur, kalkulasi repetisi otomatis, deteksi pencapaian sudut puncak sendi (*Range of Motion*), serta pengumpulan umpan balik subjektif pasca-latihan (skala tingkat nyeri dan kelelahan). Di sisi fisioterapis, sistem menyediakan panel kendali (*Therapist Dashboard*) untuk memantau kemajuan kurva kesehatan pasien, mengevaluasi hasil rekaman medis, serta melakukan konfigurasi target repetisi dan jenis gerakan yang wajib dilaksanakan pasien secara jarak jauh.

Diagram Arsitektur Sistem GEMA 2.0



Proses pemrosesan gambar dari kamera dan inferensi kecerdasan buatan dilakukan seluruhnya di dalam perangkat keras ponsel pengguna (*Edge AI*). Strategi arsitektural

ini dipilih untuk memotong latensi pengiriman paket data gambar ke peladen luar, menjamin privasi visual pasien karena tidak ada video yang dikirim ke internet, serta menghemat konsumsi *bandwidth*.

2.3 Perangkat Keras (Hardware)

Untuk menjamin eksekusi grafik komputasi model AI berjalan lancar tanpa mengalami kendala thermal throttling, ditetapkan spesifikasi perangkat keras sebagai berikut:

Komponen	Spesifikasi Minimum	Spesifikasi Rekomendasi
Kapasitas RAM	3 GB	4 GB atau lebih besar
Prosesor (CPU)	Octa-core setara Snapdragon 600 series	Octa-core setara Snapdragon 700 series / MediaTek Dimensity
Kamera Depan	Resolusi 5 Megapiksel	Resolusi 8 Megapiksel dengan dukungan f/2.0
Sensor Tambahan	Akselerometer	Akselerometer & Girooskop

2.4 Perangkat Lunak (Software)

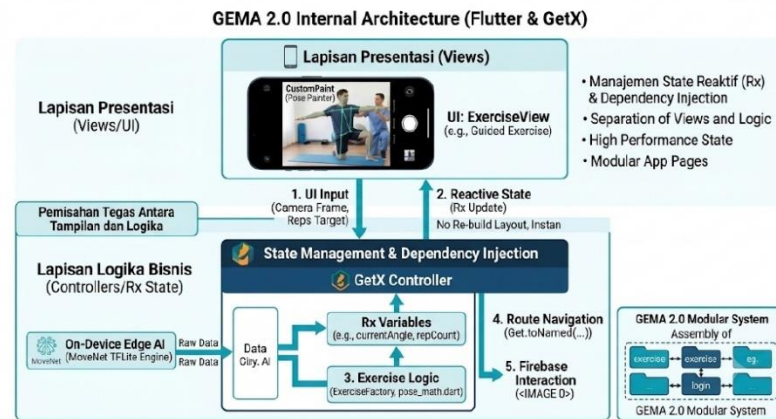
- **SDK Utama & Bahasa Pemrograman:** Flutter SDK versi ^3.9.2 dengan runtime Dart lingkungan eksekusi tipe null-safety yang ketat.
- **Lingkungan Pengembangan Terpadu (IDE):** Visual Studio Code / Android Studio dilengkapi ekstensi Flutter dan Dart tools terbaru.
- **Mesin Inferensi Pembelajaran Mesin:** TensorFlow Lite interpreter melalui pustaka binari tflite_flutter.
- **Penyimpanan Lokal Persisten Ringan:** Paket get_storage untuk manajemen pemeliharaan status siklus hidup aplikasi (*state persistence*).

3. ARSITEKTUR PERANGKAT LUNAK

3.1 Framework (Flutter & GetX)

Sistem arsitektur kode program GEMA 2.0 dibangun di atas dasar *framework* **Flutter**. Lapisan manajemen keadaan (*state management*), sistem navigasi rute, serta pengelolaan ketergantungan antar-objek (*dependency injection*) dikendalikan sepenuhnya oleh pustaka **GetX**. Penggunaan GetX ditujukan untuk memisahkan secara tegas antara lapisan presentasi visual (UI/Views) dan lapisan logika bisnis (Controllers). Komponen reaktif seperti kelas Rx digunakan untuk memastikan perubahan status data pada tingkat model dapat langsung direfleksikan ke

komponen antarmuka secara instan tanpa memicu proses pembangunan ulang widget (*re-build layout*) secara menyeluruh, sehingga performa rendering tetap optimal.

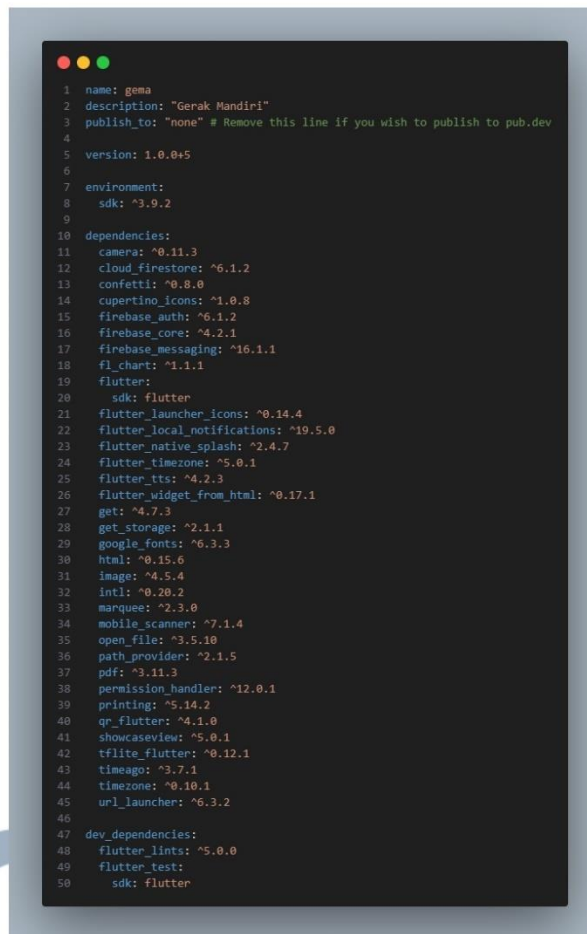


Gambar 1. Arsitektur Modular dan Aliran Data GEMA 2.0

3.2 Manajemen State dan Dependensi (Pubspec)

Seluruh pustaka pihak ketiga diatur dan dikunci versinya di dalam berkas konfigurasi manajemen paket `pubspec.yaml`. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya konflik dependensi saat proses kompilasi kode program dilakukan pada lingkungan yang berbeda. Berikut merupakan visualisasi struktural potongan konfigurasi dependensi inti aplikasi:

GEMA

A screenshot of a code editor window with a dark background and light-colored text. The code is a YAML file for a Flutter project, specifically the pubspec.yaml file. It lists various dependencies and their versions, including Flutter SDK, various Flutter plugins, and other third-party packages like camera, cloud_firestore, and firebase_core. The code is numbered from 1 to 50 on the left side of the editor.

```
1 name: gema
2 description: "Gerak Mandiri"
3 publish_to: "none" # Remove this line if you wish to publish to pub.dev
4
5 version: 1.0.0+5
6
7 environment:
8   sdk: ^3.9.2
9
10 dependencies:
11   camera: ^0.11.3
12   cloud_firestore: ^6.1.2
13   confetti: ^0.8.0
14   cupertino_icons: ^1.0.8
15   firebase_auth: ^6.1.2
16   firebase_core: ^4.2.1
17   firebase_messaging: ^16.1.1
18   fl_chart: ^1.1.1
19   flutter:
20     sdk: flutter
21   flutter_launcher_icons: ^0.14.4
22   flutter_local_notifications: ^19.5.0
23   flutter_native_splash: ^2.4.7
24   flutter_timezone: ^5.0.1
25   flutter_tts: ^4.2.3
26   flutter_widget_from_html: ^0.17.1
27   get: ^4.7.3
28   get_storage: ^2.1.1
29   google_fonts: ^6.3.3
30   html: ^0.15.6
31   image: ^4.5.4
32   intl: ^0.20.2
33   marquee: ^2.3.0
34   mobile_scanner: ^7.1.4
35   open_file: ^3.5.10
36   path_provider: ^2.1.5
37   pdf: ^3.11.3
38   permission_handler: ^12.0.1
39   printing: ^5.14.2
40   qr_flutter: ^4.1.0
41   showcaseview: ^5.0.1
42   tflite_flutter: ^0.12.1
43   timeago: ^3.7.1
44   timezone: ^0.10.1
45   url_launcher: ^6.3.2
46
47 dev_dependencies:
48   flutter_lints: ^5.0.0
49   flutter_test:
50     sdk: flutter
```

Gambar 2. Konfigurasi Manajemen Dependensi pada Berkas pubspec.yaml

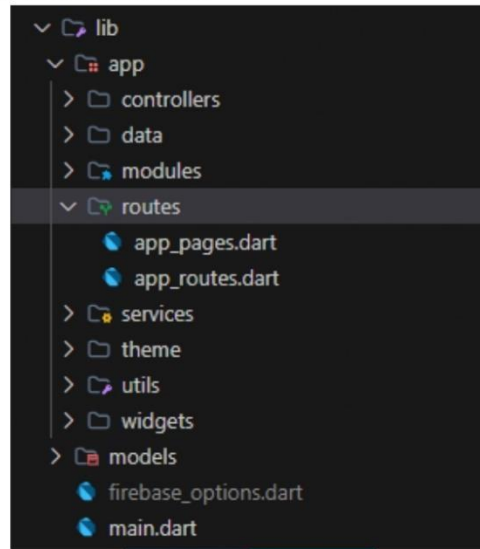
3.3 Struktur Proyek (Modular Architecture)

Aplikasi ini menerapkan implementasi struktur arsitektur modular. Setiap fitur utama diisolasi ke dalam direktori independen di bawah pohon folder `lib/app/modules/`. Pendekatan ini mempermudah perluasan sistem, mempercepat isolasi galat ketika terjadi kutu kode (*debugging*), serta mempermudah kolaborasi antar-pengembang. Struktur organisasi berkas utama diklasifikasikan sebagai berikut:

- `bindings/`: Mengatur instansiasi kelas pengendali (*Controller*) menggunakan

metode *Lazy Injection* (hanya dimuat ke memori saat rute halaman diakses).

- **controllers/**: Wadah penulisan logika bisnis, manipulasi data reaktif, dan interaksi dengan repositori basis data.
- **views/**: Berisi kode layout antarmuka murni yang dibangun menggunakan struktur widget bawaan Flutter.



Gambar 3. Struktur Direktori Proyek dan Pemetaan Rute (*App Pages*)

3.4 Integrasi Firebase

Ekosistem Firebase diintegrasikan sebagai pondasi operasional *backend*:

- **Firestore Authentication**: Bertanggung jawab penuh atas manajemen keamanan, kredensial, token sesi pengguna, dan proses validasi verifikasi tautan email akun terdaftar.
- **Cloud Firestore**: Basis data NoSQL berorientasi dokumen untuk sinkronisasi data reaktif. Firestore menyimpan struktur data pengguna pada koleksi *users*, riwayat capaian latihan pada sub-koleksi terkait, serta catatan parameter klinis yang dikonfigurasi langsung oleh terapis secara berkala.

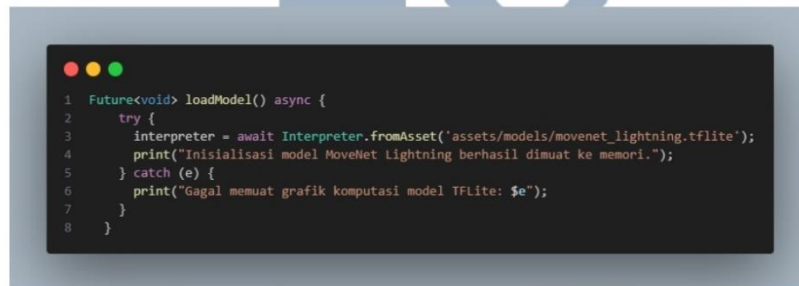
4. IMPLEMENTASI MODEL KECERDASAN BUATAN (*POSE ESTIMATION*)

4.1 Model Pose Detection (*MoveNet Lightning*)

Arsitektur analisis spasial gerakan pada proyek ini tidak bertumpu pada pengenalan gambar statis, melainkan pada pembacaan kinematika sendi melalui model **MoveNet Lightning** (`movenet_lightning.tflite`). Model ini merupakan jaringan saraf

tiruan berjenis *convolutional neural network* yang telah dioptimalkan secara khusus untuk memprediksi lokasi titik sendi tubuh manusia dengan tingkat latensi ultra-rendah pada perangkat bergerak.

Model MoveNet bekerja dengan memetakan 17 titik kunci tubuh (*keypoints*), yang meliputi koordinat mata, telinga, hidung, bahu, siku, pergelangan tangan, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki. Varian *Lightning* dipilih karena memberikan rasio keseimbangan terbaik antara akurasi spasial dan efisiensi memori, memastikan aplikasi mampu mempertahankan kecepatan pemrosesan frame tinggi (>30 FPS) bahkan pada ponsel pintar kelas menengah. Inisialisasi grafik komputasi ke memori lokal dilakukan secara asinkronus melalui jembatan pustaka interop C++ dari TensorFlow Lite:



Gambar 4. Alur Inisialisasi Grafik Komputasi Model MoveNet Lightning

4.2 Pemrosesan Awal (Preprocessing) Input Kamera

Aliran data visual mentah dari sensor kamera ditangkap melalui callback fungsi *CameraController* dalam format piksel berwarna YUV420 (planar format). Sebelum data citra ini dilemparkan ke dalam mesin inferensi interpreter TFLite, diperlukan serangkaian manipulasi matriks:

1. **Konversi Format Warna:** Mengubah representasi ruang warna dari bidang YUV menjadi array linear berformat warna RGB (Red, Green, Blue).
2. **Normalisasi Dimensi Matriks:** Melakukan penskalaan ulang citra (*image resizing*) dari resolusi tangkapan kamera menjadi matriks persegi berdimensi 192x192 piksel, sesuai kebutuhan dimensi lapisan input (*input layer shape*) model MoveNet Lightning.
3. **Normalisasi Nilai Tensor:** Mengubah rentang nilai integer intensitas piksel warna asli dari skala 0-255 menjadi bentuk representasi bilangan pecahan mengambang berpresisi tunggal (*floating-point 32-bit*) dengan skala nilai 0.0 - 1.0.

4.3 Transformasi Koordinat Pose

Keluaran mentah (*raw output matrix*) dari eksekusi inferensi interpreter model berupa

struktur array bersarang dengan dimensi [1, 1, 17, 3]. Struktur data ini menyimpan informasi mengenai 17 objek titik kunci sendi tubuh manusia, di mana dimensi terakhir menyimpan nilai posisi sumbu vertikal (Y), sumbu horizontal (X), serta nilai probabilitas keyakinan deteksi (*confidence score*).

Karena koordinat keluaran bersifat relatif terhadap rasio dimensi matriks input (192x192), sistem wajib melakukan transformasi linear untuk memetakan koordinat tersebut ke dimensi layar fisik perangkat masing-masing pengguna. Pemetaan dilakukan dengan memanfaatkan komponen `CustomPaint` yang mengoperasikan kelas objek grafik khusus bernama *Pose Painter*. Lapisan ini bertugas menggambarkan visualisasi garis anatomis tulang (*skeleton lines*) dan titik lingkaran sendi secara langsung di atas lapisan penayangan video kamera (*camera preview screen overlay*).



```

1 class PosePainter extends CustomPainter {
2   final List<dynamic> keypoints;
3   final bool isPostureCorrect;
4
5   PosePainter(this.keypoints, this.isPostureCorrect);
6
7   final List<List<int>> skeleton = [
8     [5, 7], [7, 9], [5, 8], [8, 10],
9     [5, 6], [5, 11], [6, 12], [11, 12],
10    ];
11
12    @override
13    void paint(Canvas canvas, Size size) {
14      if (keypoints.isEmpty || keypoints.length < 17) return;
15
16      final paintLine = Paint()
17        ..color = isPostureCorrect ? AppColors.success : AppColors.tertiary
18        ..strokeWidth = 4.0
19        ..strokeCap = StrokeCap.round;
20
21      final paintPoint = Paint()
22        ..color = Colors.white
23        ..strokeWidth = 8.0
24        ..strokeCap = StrokeCap.round;
25
26      // 1. Gambar Titik Sendi
27      for (var i = 0; i < keypoints.length; i++) {
28        var k = keypoints[i];
29        double score = (k[2] as num).toDouble();
30
31        // Moveket Output: [y, x, score]
32        double y = (k[0] as num).toDouble();
33        double x = (k[1] as num).toDouble();
34
35        // Kita balik koordinat X (1.0 - x) biar pas sama tampilan cermin camera depan
36        double mirrorX = 1.0 - x;
37
38        if (score > 0.3) {
39          // Pakai mirrorX, bukan x biasa
40          canvas.drawCircle(Offset(mirrorX * size.width, y * size.height), 6, paintPoint);
41        }
42      }
43
44      // 2. Gambar Garis Tulang
45      for (var part in skeleton) {
46        var indexA = part[0];
47        var indexB = part[1];
48
49        var kA = keypoints[indexA];
50        var kB = keypoints[indexB];
51
52        if ((kA[2] as num).toDouble() > 0.3 && (kB[2] as num).toDouble() > 0.3) {
53          // Ambil koordinat dan langsung Flip X nya
54          double xA = 1.0 - (kA[1] as num).toDouble(); // Flip A
55          double yA = (kA[0] as num).toDouble();
56
57          double xB = 1.0 - (kB[1] as num).toDouble(); // Flip B
58          double yB = (kB[0] as num).toDouble();
59
60          canvas.drawLine(
61            Offset(xA * size.width, yA * size.height),
62            Offset(xB * size.width, yB * size.height),
63            paintLine,
64          );
65        }
66      }
67    }
68
69    @override
70    bool shouldRepaint(covariant CustomPainter oldDelegate) {
71      return true;
72    }
73  }

```

Gambar 5. Implementasi Kelas *Pose Painter* pada Lapisan Kendali Exercise View

5. PENJABARAN TEKNIS FITUR UTAMA

5.1 Sistem Autentikasi dan Logika Pengarah Sesi (Role-Based Guard Routing)

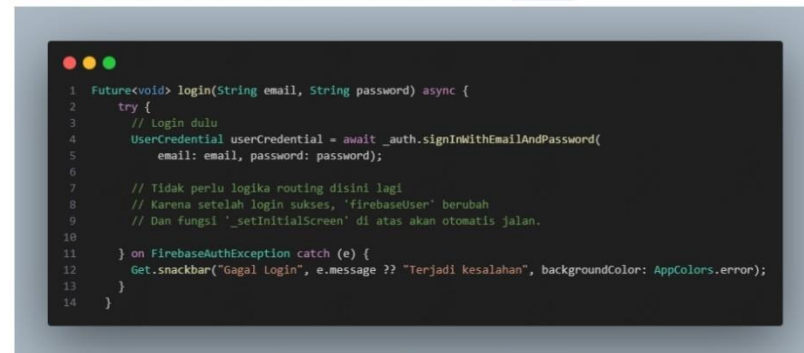
Berkas kontroler `AuthController` memegang peranan krusial sebagai gerbang pelindung keamanan sesi pengguna dan bertanggung jawab penuh dalam mengendalikan rute halaman awal berdasarkan status akun pengguna yang tersimpan:

```
1 void _setInitialScreen(User? user) async {
2   final box = GetStorage();
3   bool isOnboardingDone = box.read('isOnboardingDone') ?? false;
4
5   if (user == null) {
6     // 1. Belum Login -> Cek Onboarding
7     if (!isOnboardingDone) {
8       Get.offAllNamed('/onboarding'); // Lempar ke Onboarding kalau baru install
9     } else {
10      Get.offAllNamed('/login'); // Lempar ke Login kalau sudah pernah onboarding
11    }
12  } else {
13    // 2. Sudah Login -> Cek Verifikasi Email Dulu
14    // Kita reload user dulu untuk memastikan status verifikasi terbaru
15    await user.reload();
16
17    if (!user.emailVerified) {
18      // Email Belum Verified -> Paksa ke Halaman Verifikasi
19      Get.offAllNamed('/verification');
20    } else {
21      // Email Verified -> Cek Database untuk Asesmen
22      _checkUserDatabase(user.uid);
23    }
24  }
25 }
```

Ketika aplikasi diinisialisasi, sistem secara otomatis mengikat aliran data dari Firebase Auth. Jika sesi kosong, data persistensi lokal dari `GetStorage` diperiksa; jika parameter pengenalan aplikasi awal `isOnboardingDone` bernilai salah, pengguna diarahkan ke rute `/onboarding`, dan jika benar dipindahkan ke halaman login.

Apabila sesi pengguna aktif, pengecekan validitas verifikasi email diaktifkan melalui pemanggilan fungsi `user.reload()`. Jika email belum terverifikasi, aplikasi mengunci akses dan melemparkan halaman pengguna ke rute khusus `/verification`. Jika akun lolos tahap verifikasi, fungsi `_checkUserDatabase()` dijalankan untuk membaca properti dokumen peran (*role attribute*) di Cloud Firestore. Pengguna berstatus `'therapist'` akan otomatis diarahkan masuk ke rute `/therapist-dashboard`, sedangkan untuk peran `'patient'`, sistem akan memeriksa status boolean `isAssessmentDone` untuk memutuskan apakah pasien harus masuk ke rute `/assessment` atau

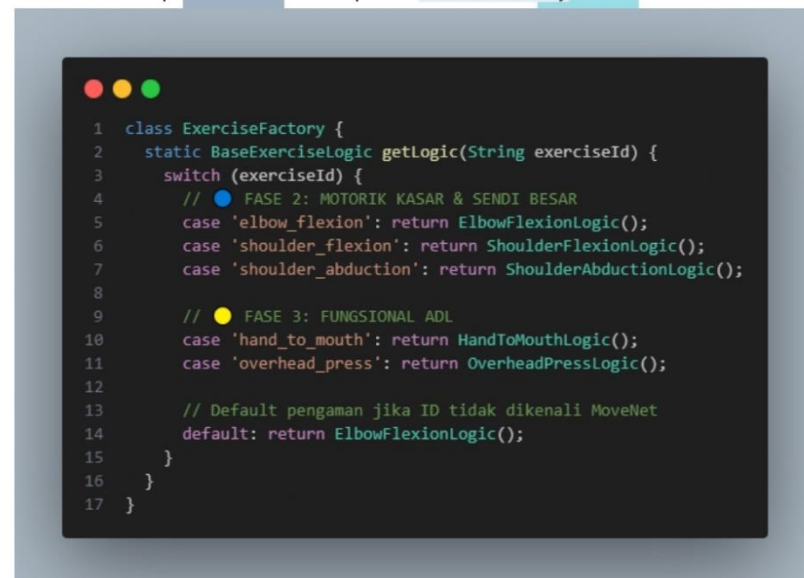
diperbolehkan langsung mengakses halaman utama `/home`.



Gambar 6. Diagram Alur Penjaga Keamanan Sesi Pengguna pada Auth Controller

5.2 Modul Fisioterapi Mandiri (Exercise Logic & Factory Pattern)

Untuk menghindari penulisan blok kode logika pengkondisian berskala besar (if-else atau switch-case berlebihan) di dalam satu berkas kontroler latihan, modul fisioterapi GEMA 2.0 mengadopsi implementasi pola perancangan **Factory Design Pattern** melalui perantara kelas komponen ExerciseFactory.



Gambar 7. Alur Eksekusi Pola Perancangan Exercise Factory dalam Pemilihan Logika

Latihan

Desain modular ini memisahkan setiap variasi penanganan algoritma kalkulasi biomekanika ke dalam kelas-kelas independen yang mewarisi sifat dari satu kelas induk abstrak (*BaseExerciseLogic*). Hal ini menjamin terpenuhinya prinsip rekayasa perangkat lunak *Open/Closed Principle* (OCP).

5.3 Komputasi Geometri Gerakan (*Pose Math* dan *Validasi Metrik Klinis*)

Akurasi evaluasi gerakan mandiri pasien sepenuhnya bertumpu pada ketepatan kalkulasi rumus geometri spasial yang diisolasi di dalam kelas utilitas *PoseMath*.

```
1 import 'dart:math' as math;
2
3 class PoseMath {
4   /// 1. [SAFETY UPDATE] Helper aman ambil titik & konversi ke [X, Y, Score]
5   /// Mencegah crash jika keypoints kosong atau index tidak ditemukan.
6   static List<double> getPoint(List<dynamic> keypoints, int index) {
7     // Cek index biar gak crash (Red Screen)
8     if (keypoints.isEmpty || index >= keypoints.length) {
9       return [0.0, 0.0, 0.0];
10    }
11
12    // MoveNet format Asli: [Y, X, Score]
13    // Kita balik jadi standar Cartesius: [X, Y, Score] biar otak gak pusing
14    return [
15      (keypoints[index][1] as num).toDouble(), // X
16      (keypoints[index][0] as num).toDouble(), // Y
17      (keypoints[index][2] as num).toDouble(), // Score (Confidence)
18    ];
19  }
20
21  /// 2. Hitung Sudut (Angle) antara 3 titik (A - B - C)
22  static double calculateAngle(List<double> a, List<double> b, List<double> c) {
23    // Menggunakan atan2 dengan urutan (y, x)
24    // Karena getPoint kita sudah [x, y], maka aksesnya index[1] untuk y, index[0] untuk x
25    final radians = math.atan2(c[1] - b[1], c[0] - b[0]) -
26      math.atan2(a[1] - b[1], a[0] - b[0]);
27    double angle = (radians * 180.0 / math.pi).abs();
28
29    if (angle > 180.0) {
30      angle = 360.0 - angle;
31    }
32    return angle;
33  }
34
35  /// 3. [FITUR BARU] Hitung Jarak (Euclidean Distance)
36  /// WAJIB ADA untuk latihan 'Hand to Mouth' dan 'Overhead Press'
37  static double calculateDistance(List<double> p1, List<double> p2) {
38    return math.sqrt(math.pow(p2[0] - p1[0], 2) + math.pow(p2[1] - p1[1], 2));
39  }
40
41  /// 4. [SAFETY UPDATE] Cek Visibilitas dengan Threshold lebih ketat
42  static bool isVisible(List<dynamic> keypoints, int index) {
43    if (keypoints.isEmpty || index >= keypoints.length) return false;
44
45    // Naikkan ke 0.4 supaya gerakan yang blur/samar tidak dihitung sembarangan
46    return (keypoints[index][2] as num).toDouble() > 0.4;
47  }
48 }
```

Gambar 8. Logika Perhitungan Sudut Sendi Kinematik pada Berkas *pose_math.dart*

Deskripsi Operasional Logika Gerakan:

- **Elbow Flexion (Fleksi Siku):** Algoritma mengisolasi tiga koordinat sendi utama: ujung bahu (*shoulder*), sendi siku (*elbow*), dan pergelangan tangan (*wrist*). Sudut bukaan interior dihitung menggunakan fungsi invers tangen trigonometri `math.atan2`. Nilai perubahan sudut ini dipantau secara berkala untuk mencatat batas tekukan terdalam sebagai representasi kurva *Range of Motion* (ROM) pasien.

```

1 import '../utils/pose_math.dart';
2 import '../controllers/exercise_controller.dart';
3 import 'base_exercise_logic.dart';
4
5 class ElbowFlexionLogic extends BaseExerciseLogic {
6   bool isFlexed = false;
7
8   @override
9   void calculate(List<dynamic> keypoints, ExerciseController controller) {
10    // Gunakan Sisi Kanan (Bahu=6, Siku=8, Pergelangan=10)
11    if (!PoseMath.isVisible(keypoints, 6) || !PoseMath.isVisible(keypoints, 8) || !PoseMath.isVisible(keypoints, 10)) {
12      // Sentuhan Terapis: Peringatkan dengan sopan
13      controller.updateStatus("Posisikan lengan agar terlihat kamera ya...", false);
14      return;
15    }
16
17    var shoulder = PoseMath.getPoint(keypoints, 6);
18    var elbow = PoseMath.getPoint(keypoints, 8);
19    var wrist = PoseMath.getPoint(keypoints, 10);
20
21    // lurus = -180°, Menekuk = -40-60°
22    double angle = PoseMath.calculateAngle(shoulder, elbow, wrist);
23    controller.updateRom(angle);
24
25    // Rumus Akurasi Stroke (Toleransi dilonggarkan)
26    double score = 0;
27    if (angle <= 70) {
28      score = 100.0; // Pasien stroke bisa tekuk sampai 70° sudah sangat bagus
29    } else if (angle > 150) {
30      score = 10.0; // Posisi istirahat
31    } else {
32      score = ((150 - angle) / 80) * 100;
33    }
34    controller.addAccuracyScore(score);
35
36    // Logika Repetisi & ABA-ADA TERAPIS RS
37    if (angle > 140) {
38      // Posisi di bawah, siap mengangkat
39      controller.updateStatus("Yuk, tekuk sikunya pelan-pelan ke atas...", true);
40      isFlexed = false;
41    } else if (angle <= 75) {
42      // Mencapai target maksimal
43      controller.updateStatus("Ya, tahan maksimal! Bagus sekali...", true);
44      if (!isFlexed) {
45        controller.incrementReps();
46        isFlexed = true;
47      }
48    } else {
49      // Posisi di tengah-tengah (Dinamis: lagi naik atau lagi turun?)
50      if (!isFlexed) {
51        // Kalau belum nyampe target atas
52        controller.updateStatus("Ayo sedikit lagi ke atas, pol-kan...", true);
53      } else {
54        // Kalau habis dari atas dan lagi jalan turun
55        controller.updateStatus("Luruskan pelan-pelan ke bawah...", true);
56      }
57    }
58  }
59 }

```

Gambar 9. Implementasi Metode Evaluasi *Elbow Flexion Logic*

- **Shoulder Abduction & Flexion (Abduksi & Fleksi Bahu):** Mengukur derajat bukaan sendi bahu dengan menghitung interaksi sudut antar-titik kunci bahu, pinggul (*hip*), dan siku relatif terhadap garis aksial tubuh pasien.



Gambar 10. Implementasi Metode Evaluasi Shoulder Abduction Logic



Gambar 11. Implementasi Metode Evaluasi Shoulder Flexion Logic

- **Hand to Mouth (Aktivitas Harian Makan Mandiri):** Fitur ini menggunakan komputasi jarak linier *Euclidean Distance* melalui fungsi kuadrat akar Pythagoras (*PoseMath.calculateDistance*). Logika ini mengukur pendekatan jarak spasial konvergen antara koordinat pergelangan tangan pasien menuju koordinat wajah/mulut untuk mengevaluasi kemampuan motorik fungsional ADL.

```

1 import 'dart:math';
2 import '../utils/pose_math.dart';
3 import '../controllers/exercise_controller.dart';
4 import 'base_exercise_logic.dart';
5
6 class HandToMouthLogic extends BaseExerciseLogic {
7   bool isNearMouth = false;
8
9   @override
10  void calculate(List<dynamic> keypoints, ExerciseController controller) {
11    // Hidung=0 (Mewakili mulut/wajah), Pergelangan=10
12    if (!PoseMath.isVisible(keypoints, 0) || !PoseMath.isVisible(keypoints, 10)) {
13      // Sentuhan Terapis: Mengingatkan dengan sopan dan ramah
14      controller.updateStatus("Wajah atau tangannya terpotong kamera nih, geser sedikit yuk...", false);
15      return;
16    }
17
18    var nose = PoseMath.getPoint(keypoints, 0);
19    var wrist = PoseMath.getPoint(keypoints, 10);
20
21    // Index 1 untuk X, Index 0 untuk Y
22    double dx = nose[1] - wrist[1];
23    double dy = nose[0] - wrist[0];
24    double distance = sqrt(dx * dx + dy * dy); // Rumus Pythagoras Spatial
25
26    // Asumsi Threshold Jarak Relatif layar (Mendekat = distance mengecil)
27    double score = 0;
28    if (distance < 0.15) { // Sangat dekat mulut
29      score = 100.0;
30    } else if (distance > 0.4) { // Di paha
31      score = 10.0;
32    } else {
33      score = ((0.4 - distance) / 0.25) * 100;
34    }
35    controller.addAccuracyScore(score);
36
37    // Anggap Distance sebagai pengganti nilai ROM di grafik
38    controller.updateRom((1.0 - distance) * 100);
39
40    // ● LOGIKA REPETISI & ABA-ABA TERAPIS RS
41    if (distance > 0.35) {
42      // Posisi tangan di bawah (paha)
43      controller.updateStatus("Yuk, angkat tangannya pelan-pelan ke arah mulut...", true);
44      isNearMouth = false;
45    } else if (distance < 0.18) {
46      // Posisi tangan berhasil di depan mulut
47      controller.updateStatus("Wah, bagus! Tahan sebentar seperti lagi makan...", true);
48      if (!isNearMouth) {
49        controller.incrementReps();
50        isNearMouth = true;
51      }
52    } else {
53      // Posisi di tengah-tengah (Dinamis: lagi naik atau lagi turun?)
54      if (!isNearMouth) {
55        // Kalau belum nyampe mulut
56        controller.updateStatus("Ayo sedikit lagi, dekatkan ke mulut...", true);
57      } else {
58        // Kalau udah dari mulut dan lagi jalan turun ke paha
59        controller.updateStatus("Pinter... sekarang turunkan lagi pelan-pelan ke paha...", true);
60      }
61    }
62  }
63 }

```

Gambar 12. Implementasi Algoritma Pendeteksi Jarak Linier pada *Hand to Mouth Logic*

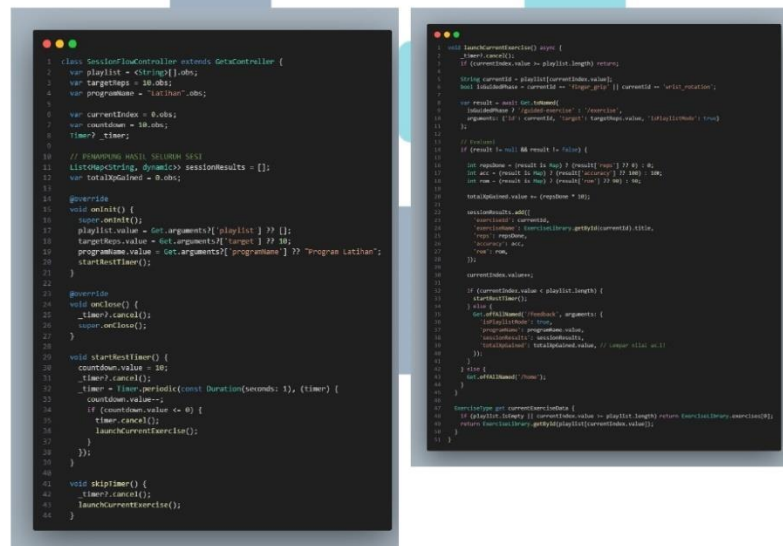
Sistem secara otomatis mengisolasi nilai pencapaian ROM tertinggi sepanjang sesi

5.4 Logika Sesi Alur Latihan (Session Flow) dan Retensi Feedback Pasien

5.4 Logika Sesi Alur Latihan (Session Flow) dan Retensi Feedback Pasien

Ketika pasien mengaktifkan mode latihan, komponen `SessionFlowController` mengambil peran sebagai manajer pengatur alur antrean gerakan. Komponen ini melacak daftar materi yang harus dieksekusi. Begitu sistem mendeteksi target durasi atau jumlah repetisi pada satu variasi gerakan telah terpenuhi, kontroler segera mematikan aliran pemrosesan kamera secara aman melalui pemanggilan fungsi `disposeCamera()`. Langkah pembersihan (*garbage collection*) ini krusial untuk mencegah kebocoran memori (*memory leaks*) akibat stream perangkat keras yang menggantung.

Capaian klinis berupa puncak nilai RQM dan persentase akurasi dipertahankan sementara di dalam memori kerja aplikasi, lalu pengguna dialihkan ke rute modul halaman /feedback. Pada fase ini, pasien diminta memasukkan penilaian subjektif menggunakan instrumen medis digital berskala formal, mencakup tingkat rasa nyeri (*Visual Analogue Scale*) serta persepsi kelelahan fisik (*Rating of Perceived Exertion* / RPE Borg Scale). Seluruh data objektif dari sensor AI dan data subjektif dari pasien dikonsolidasikan menjadi satu paket dokumen transaksi JSON terpadu, sebelum diunggah ke dalam Firestore.



5.5 Arsitektur Panel Pemantauan Jarak Jauh (Therapist Dashboard)

Komponen antarmuka bagi fisioterapis dikendalikan secara dinamis melalui arsitektur kelas objek `TherapistDashboardController`. Kelas ini memanfaatkan fitur *real-time listener streams* dari Firestore (`.snapshots()`). Kontroler melakukan pemfilteran dokumen pengguna secara terarah untuk mengekstraksi seluruh rekam medis pasien yang memiliki bidang data `therapist_email` yang cocok dengan email terapis yang sedang masuk ke sistem.

Data angka mentah yang terkumpul sepanjang linimasa riwayat latihan dipetakan ke dalam struktur data koordinat grafik yang didukung oleh pustaka `fl_chart`. Transformasi data ini menghasilkan visualisasi kurva grafik perkembangan kesehatan yang interaktif, menampilkan fluktuasi garis peningkatan *Range of Motion* (ROM) serta tingkat kepatuhan akurasi gerak pasien dari minggu ke minggu, mempermudah proses evaluasi klinis jarak jauh.

```

1 class TherapistDashboardController extends GetController {
2   void generateSecureData() {
3     // 1. Generate Secure Data
4     String random = jwtEncode(
5       "token: ${jwt.currentToken.id}",
6       "name": doctorName.value,
7       "phone": doctorPhone.value,
8       "email": doctorEmail.value,
9     );
10  }
11  // 2. Secure email Data
12  String encodedData = jwtEncode(utf8.encode(random));
13  // 3. Simulasi profil user baru
14  String value = "data: ${jwt.currentToken.id}";
15  print("🔑 SECURE QR CREATED: $value");
16  }
17  // Simulasi Pasien
18  StreamQuerySnapshot<QueryDocumentSnapshot> getPatientStream() {
19    String emailTerapis = _auth.currentUser?.email;
20    return _firestore
21      .collection("users")
22      .where("therapist_email", isEqualTo: emailTerapis)
23      .where("role", isEqualTo: "patient")
24      .snapshots();
25  }
26  void fetchPatientData(String patientId, Map<String, dynamic> patientData) {
27    Map<String, dynamic> patientData = {
28      "id": patientId,
29      "data": patientData,
30    };
31  }
32  // Angka ke Grafik
33  void generateData(String random, String patientId) async {
34    // 1. Generate Data
35    List<RandomData> data = RandomData.generate(10);
36    for (var i = 0; i < data.length; i++) {
37      data[i].random = random;
38      data[i].patientId = patientId;
39    }
40    return data;
41  }
42  String phone = randomPhone();
43  if (phone.startsWith("08")) {
44    phone = "${phone.substring(1)}";
45  } else if (phone.startsWith("09")) {
46    phone = "${phone.substring(1)}";
47  }
48  String message = "This is a test message, save ${doctorName.value} dari IDK Physics.";
49  final Uri uri = Uri.parse("https://api.whatsapp.com/send?phone=${phone}&text=${message}");
50  final Uri uri = Uri.parse("https://api.whatsapp.com/send?phone=${phone}&text=${message}");
51  try {
52    if (await canLaunch(uri)) {
53      await launch(uri, mode: LaunchMode.externalApplication);
54    } else if (await canLaunch(uri)) {
55      await launch(uri, mode: LaunchMode.externalApplication);
56    } else {
57      throw "Could not launch WhatsApp";
58    }
59  } catch (e) {
60    print(e);
61    get.snackbar("Error", "Gagal membuka WhatsApp. Pastikan WhatsApp terinstall.");
62  }
63  }
64  }

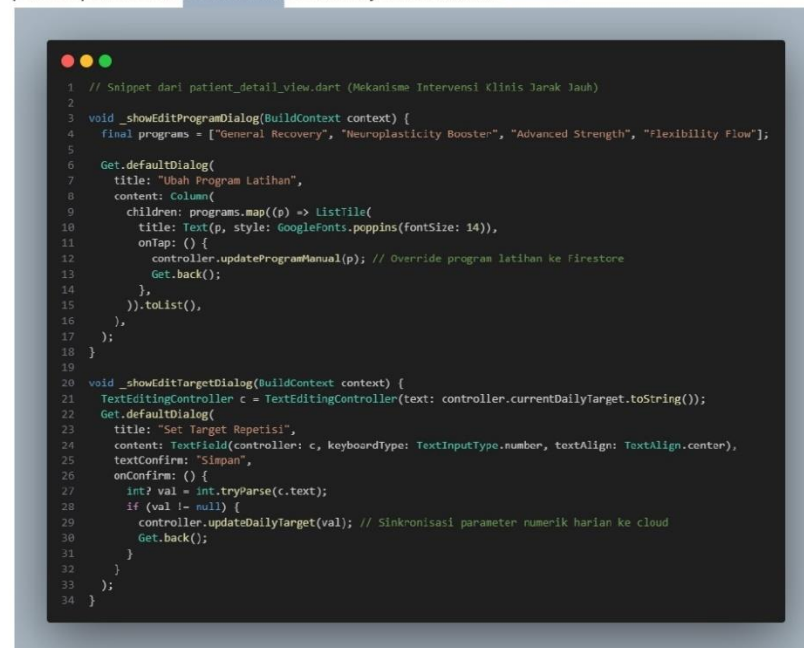
```

Gambar 14. Arsitektur Manajemen Status Koleksi data pada *Therapist Dashboard Controller*

5.6 Modul Pemeriksaan Klinis (Assessment) dan Manajemen Detail Pasien

Modul halaman Patient Detail View yang diikat secara modular melalui kelas PatientDetailBinding menyajikan pusat kendali intervensi medis bagi terapis. Melalui layar ini, fisioterapis diberikan hak akses penuh untuk meninjau secara mendalam lembar jawaban asesmen awal (*initial assessment forms*) yang diisi pasien saat pertama kali mendaftar aplikasi.

Selain fungsi pemantauan statis, modul ini menyediakan fitur interaktif intervensi klinis asinkronus. Terapis dapat mengubah parameter target latihan pasien secara langsung dari jarak jauh, seperti mengubah batas ambang tingkat kesulitan gerakan, menambah atau mengurangi target jumlah repetisi minimum harian, serta menyusun variasi jenis gerakan latihan baru ke dalam daftar putar (*playlist*) terapi harian pasien. Perubahan konfigurasi parameter pada panel terapis ini secara instan merubah sifat dan sensitivitas komputasi matematika model kecerdasan buatan di sisi aplikasi pasien pada saat sesi latihan berikutnya diaktifkan.



Gambar 15. Implementasi Pengikatan Data Kendali (*Data Binding*) pada Komponen Patient Detail View

Lampiran 7 Sertifikat HKI

 REPUBLIK INDONESIA KEMENTERIAN HUKUM	
SURAT PENCATATAN CIPTAAN	
Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:	
Nomor dan tanggal permohonan	: EC002026087911, 15 Juni 2026
Pencipta	
Nama	: M. Ilham Rigan Agachi, Dwi Intan Afidah, S.T., M.Kom dkk
Alamat	: Jl. Kamilin No.35, Jetis, Pepedan, Dukuhuri, Kab. Tegal, Jawa Tengah, 52192
Kewarganegaraan	: Indonesia
Pemegang Hak Cipta	
Nama	: Unit Penelitian Abdimas Universitas Harkat Negeri
Alamat	: Jalan Mataram No. 9, Pesurungan Lor, Kecamatan Margadana, Margadana, Kota Tegal, Jawa Tengah, 52142
Kewarganegaraan	: Indonesia
Jenis Ciptaan	: Program Komputer
Judul Ciptaan	: GEMA (Gerak Mandiri) - Aplikasi Asisten Fisioterapi Berbasis Artificial Intelligence
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	: 15 Juni 2026, di Kota Tegal
Jangka waktu perlindungan	: Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.
Nomor Pencatatan	: 001283893
adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon. Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.	
	a.n. MENTERI HUKUM DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL u.b Direktur Hak Cipta dan Desain Industri  Agung Damarsasongko.SH..MH. NIP. 196912261994031001
	Disclaimer: 1. Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan. 2. Surat Pencatatan ini telah disegel secara elektronik menggunakan segel elektronik yang diterbitkan oleh Balai Besar Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara. 3. Surat Pencatatan ini dapat dibuktikan keasliannya dengan memindai kode QR pada dokumen ini dan informasi akan ditampilkan dalam browser.



LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	M. Ilham Rigan Agachi	Jl. Kamilin No.35, Jetis, Pepedan Dukuhturi, Kab. Tegal
2	Dwi Intan Afidah, S.T., M.Kom	Desa Grinting RT/RW 003/001, Kecamatan Bulakamba, Kabupaten Brebes, Provinsi Jawa Tengah, 52253 Bulakamba, Kab. Brebes
3	Hepatika Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom.	Jalan Kenanga Gang I Nomor 9, Kelurahan Mangkukusuman, Kecamatan Tegal Timur, Provinsi Jawa Tengah Tegal Timur, Kota Tegal







**Balai Besar
Sertifikasi
Elektronik**

Disclaimer:

1. Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.
2. Surat Pencatatan ini telah disegel secara elektronik menggunakan segel elektronik yang diterbitkan oleh Balai Besar Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
3. Surat Pencatatan ini dapat dibuktikan keasliannya dengan memindai kode QR pada dokumen ini dan informasi akan ditampilkan dalam browser.

Lampiran 8 Lembar Bimbingan Skripsi

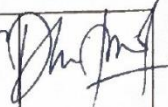


PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK
INFORMATIKA
FAKULTAS SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS HARKAT NEGERI

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : M. Ilham Rigan Agachi
NIM : 22090098
No. Ponsel : 089670916052
Judul Skripsi : APLIKASI FISIOTERAPI DIGITAL BERBASIS
GAMIFIKASI OCTALYSIS DAN ESTIMASI
POSE MOVENET UNTUK REHABILITASI
PASIEN STROKE
Dosen Pembimbing I : Dwi Intan Af'idah, S.T., M.Kom.

No	Tanggal	Pemeriksaan	Perbaikan Yang Perlu Dilakukan	Paraf Pembimbing
1.	9/3-26	konsep aplikasi	-sesuaikan gerakan seperti arahan pak-an	
2.	6/4-26	Aplikasi	- Ada contoh gerakannya (bisa menggunakan video)	
3.	13/4-26	Aplikasi	lakukan hyper-parameter tuning untuk movenet	

4.	21/4 -26	Deteksi gerakan	-coba bandingkan movenet vs vit pose	
5.	28/4-26	Pemodelan	- lakukan evaluasi model menggunakan PCK	
6.	5/5 -26	Pemodelan	-tugas pemodelan direkap -dicoba implementasikan kedua model di Apps	
7.	12/5 -26	Pemodelan	-Analisis sumber daya ketika di implementasikan di mobile App	
8.	26/5-26	Pemodelan	- sudah cukup - Selesaikan paper - susun dokumen teknikal + manual book	
9.	22/6-26	Laporan	perbaiki selai catatan	
10.	29/6-26	Laporan	perbaiki sesuai catatan	

11.	26/6-26	Laporan	ACC	
-----	---------	---------	-----	---

Tegal, Juni 2026
Dosen Pembimbing I



Dwi Intan A&Idah, S.T., M.Kom.
NIPY. 11.020.470



PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK
INFORMATIKA
FAKULTAS SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS HARKAT NEGERI

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : M. Ilham Rigan Agachi
NIM : 22090098
No. Ponsel : 089670916052
Judul Skripsi : APLIKASI FISIOTERAPI DIGITAL BERBASIS
GAMIFIKASI OCTALYSIS DAN ESTIMASI
POSE MOVENET UNTUK REHABILITASI
PASIEN STROKE
Dosen Pembimbing II : Hepatika Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom.

No	Tanggal	Pemeriksaan	Perbaikan Yang Perlu Dilakukan	Paraf Pembimbing
1.	6/4/2026	- progress aplikasi (screening aplikasi) - variasi gerakan - update kondisi terkini pasien sudah ada	- perlu mengkonfirmasi jarak antar serangkaian latihan yg dilakukan berapa detik.	
2.	7/5/2026	- aplikasi	- test dari satu gerakan ke gerakan lain sudah ada dan dikonfirmasi expert : 105 - lanjut ke paper	

3.	19/05/2026	* algoritma * akan dibandingkan * intro	* Fisioterapi lengkap dijelaskan proses dan gambarannya * kendala yg dijumpai * fisio secara langsung di faster * penelitian terdahulu - min 5 tentang solusi di kendala * rangkuman / kesimpulan metode ; <u>conclusion</u> <u>why?</u> <u>movement</u> ; <u>vitro</u> * keterangan penelitian terdahulu - akan dijawab menggunakan aplikasi kamu * menjelaskan apa yg mau dibangun (aplikasi kamu)	
4.	26/5/2026	* Introduction * method	* Intro : - sudah ada, masih perlu menambah sitasi pd beberapa pengertian serta sitasi yg di atas inline dengan pembahasan paragraf di barisnya * method : - dataset perlu ditambah - tabel/gambar ts perlu dijabarkan 1 kolom → tidak main - next : - result → method	

5.	8/6/2026	* result & discussion * conclusion	- perbaikan di pemberian identitas gambar - memberikan analisis teori teori yg hasil mengapa movement baik - sesuaikan template tabel	✓
6.	15/6/2026	* cek grammarly	- sudah disesuaikan template; - sudah ditranslate	✓
7.	29/6/2026	* Hki * laporan	- Hki sudah - email: hepatica.zidny@gmail.com - tabel & spasi & header - manfaat	✓

8. 26/6/2026

* laporan
* akhir

- data → capture video (baterangan video)
- deskripsi hasil pengujian end line Tegai,
Dosen Pembimbing II

Hepatica Zidny Ilmadina, S.Pd., M.Kom.
NIPY. 08.017.340

Lampiran 9 Responden SUS

No	Email	Nama	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6	Q 7	Q 8	Q 9	Q 10	Per an
1	ito*****@gmail.com	Kur*****	5	1	5	2	4	1	4	1	5	2	Pasi en
2	sla*****@gmail.com	Slamet** ****	5	1	4	1	5	1	5	1	5	1	Pasi en
3	rar*****@gmail.com	Rara*** *** Tris**** **	5	2	5	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en
4	kas*****@gmail.com	Ibu Kas***** **	4	4	4	2	4	2	4	2	4	3	Pasi en
5	tza*****@gmail.com	Tzar**** **	5	2	5	2	5	2	5	2	4	2	Pasi en
6	ama***** @gmail.com	Aman** **** Lind*** ***	5	2	4	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en
7	sub*****@gmail.com	Subek** ****	5	2	5	2	5	2	4	2	4	2	Pasi en
8	dar*****@gmail.com	Darmo** **** Arif**** **	5	2	5	2	5	2	5	2	5	2	Pasi en
9	kh*****@gmail.com	Khro*** *** Wula*** ***	4	3	4	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en
10	jor*****@gmail.com	Jora**** **	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en
11	sup*****@gmail.com	Supr*** ***	5	2	5	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en

		Bagu*** ***											
12	bam***** @gmail.com	Ban**** ** Sugi**** **	5	2	5	2	5	2	4	2	4	2	Pasi en
13	par*****@ gmail.com	Parto**** ***	5	2	5	2	5	2	5	2	5	2	Pasi en
14	end***** @gmail.com	Endan** **** Lest**** **	5	2	4	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en
15	tas*****@ gmail.com	Tasm**** *** Kadr**** ***	4	3	4	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en
16	agu***** @gmail.com	Agus**** *** Triy**** **	5	1	5	2	5	2	5	2	5	2	Pasi en
17	nyo***** @gmail.com	Nyom** ****	5	2	5	2	5	2	4	2	4	2	Pasi en
18	roz*****@ gmail.com	Roza**** *** Marp**** ***	5	2	5	2	5	2	5	2	4	2	Pasi en
19	sit*****@ gmail.com	Sati**** ** Rahm** ****	5	2	4	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en
20	hen***** @gmail.com	Hend**** ***	5	2	5	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en
21	car*****@ gmail.com	Carm**** *** Perm**** ***	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en

22	kha***** @gmail.com	Khae*** *** Sila**** **	5	2	5	2	5	2	4	2	4	2	Pasi en
23	muk***** @gmail.com	Mukr*** ***	4	3	4	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en
24	unt*****@ gmail.com	Untu*** *** Sima*** ***	5	2	5	2	5	2	5	2	4	2	Pasi en
25	fau*****@ gmail.com	Fauz*** *** Amal*** ***	5	2	5	2	4	2	4	2	4	2	Pasi en
26	h.z*****@ gmail.com	Pi***** ha***** *	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	Tera pis
27	m.s***** @gmail.com	Meli*** *** Suci**** **	5	1	5	1	5	2	5	2	5	2	Tera pis
28	dan***** @gmail.com	Dani*** ***	5	2	5	2	5	2	5	2	4	2	Tera pis
29	dal*****@ gmail.com	Derr ***** ui*****	4	3	4	3	4	2	4	2	4	2	Tera pis
30	her*****@ gmail.com	Heru*** ***	5	5	2	5	2	5	2	5	2	5	Tera pis

Lampiran 10 Dokumentasi Penyerahan dan Validasi Hasil Produk Aplikasi GEMA (Gerak Mandiri) kepada Pakar Fisioterapis RSUD Kardinah.

