



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



**PENGEMBANGAN APLIKASI MOBILE UNTUK
EVALUASI KUALITAS GERAKAN PLANK
BERBASIS *DEEP LEARNING***

PROPOSAL SKRIPSI

ACHMAD HUSEIN RIFANSYAH 2207411016

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER**

DEPOK

2026



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



**PENGEMBANGAN APLIKASI MOBILE UNTUK
EVALUASI KUALITAS GERAKAN PLANK
BERBASIS *DEEP LEARNING***

SKRIPSI

**Dibuat untuk Melengkapi Syarat-Syarat yang Diperlukan
untuk Memperoleh Diploma Empat Politeknik**

ACHMAD HUSEIN RIFANSYAH

2207411016

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER

DEPOK

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Husein Rifansyah
NIM : 2207411016
Jurusan/Program Studi : T.Informatika dan Komputer / Teknik Informatika
Judul Skripsi : PENGEMBANGAN APLIKASI *MOBILE*
UNTUK EVALUASI KUALITAS GERAKAN PLANK BERBASIS *DEEP*
LEARNING

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Depok, 9 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



(Achmad Husein Rifansyah)
NIM. 2207411016



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Achmad Husein Rifansyah

NIM : 2207411016

Program Studi : Teknik Informatika

Judul Skripsi : PENGEMBANGAN APLIKASI MOBILE UNTUK
EVALUASI KUALITAS GERAKAN PLANK BERBASIS DEEP LEARNING

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Rabu, Tanggal 24,
Bulan Juni, Tahun 2026, dan dinyatakan LULUS.

Disahkan oleh

Pembimbing I : Mera Kartika Delimayanti, S.Si., M.T., Ph.D.

Penguji I : Euis Oktavianti, S.Si., M.T.I.

Penguji II : Anggi Mardiyono, S.Kom., M.Kom.

Penguji III : Fajar Septian, M.Kom.

Mengetahui :

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua



Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.

NIP. 197908032003122003



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji serta rasa syukur kehadiran Allah SWT atas segala nikmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Aplikasi *Mobile* Untuk Evaluasi Kualitas Gerakan Plank Berbasis *Deep learning*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta.

Tidak lupa juga penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Syamsurizal, S.E., M.M. selaku Direktur Politeknik Negeri Jakarta
2. Ibu Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika dan Komputer.
3. Ibu Euis Oktavianti, S.Si., M.TI. selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika.
4. Ibu Mera Kartika Delimayanti, S.Si., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, masukan, serta bimbingan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis.
7. Platform youtube dan para channel youtube yang telah menyediakan dataset mengenai gerakan plank benar dan salah yang digunakan untuk penelitian.
8. Personal *Trainer* yang telah membantu proses validasi *dataset* gerakan plank yang digunakan dalam penelitian ini.
9. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu, mendukung, serta memberikan doa dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya, serta berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah, dan keberkahan-Nya kepada kita semua.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Depok, 9 Juli 2026



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Achmad Husein Rifansyah



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Achmad Husein Rifansyah
NIM : 2207411016
Jurusan/Program Studi : T.Informatika dan Komputer / Teknik Informatika

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pengembangan Aplikasi *Mobile* Untuk Evaluasi Kualitas
Gerakan Plank Berbasis *Deep learning***

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta Berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 9 Juli 2026

Yang Menyatakan,




Achmad Husein Rifansyah
NIM. 2207411016



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagai atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Pengembangan Aplikasi *Mobile* Untuk Evaluasi Kualitas Gerakan Plank Berbasis *Deep learning*

ABSTRAK

Gerakan plank merupakan salah satu latihan yang efektif untuk meningkatkan kekuatan otot inti, namun kualitas gerakan yang kurang tepat dapat mengurangi efektivitas latihan dan meningkatkan risiko cedera. Evaluasi gerakan plank umumnya masih dilakukan secara manual oleh pelatih sehingga kurang praktis untuk latihan mandiri. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi mobile berbasis Android untuk melakukan evaluasi kualitas gerakan plank menggunakan pendekatan *deep learning*. Aplikasi memanfaatkan *Human Pose Estimation* (MoveNet) untuk mengekstraksi *landmark* tubuh, kemudian sudut persendian diubah menjadi data *time-series* yang digunakan sebagai masukan model *Hybrid Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory* (CNN-LSTM). *Dataset* yang digunakan terdiri dari 60 video gerakan plank yang telah divalidasi oleh personal *trainer* dengan pembagian 30 video gerakan benar dan 30 video gerakan salah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model memperoleh *accuracy* sebesar 97,08%, *precision* sebesar 97,14%, *recall* sebesar 97,06%, dan *F1-score* sebesar 97,08%. Selain itu, hasil perbandingan menunjukkan bahwa penggunaan 4 *landmark* seperti bahu, pinggul, lutut dan pergelangan kaki, menghasilkan performa terbaik dibandingkan penggunaan 3 *landmark* dan 17 *landmark* pada gerakan plank. Model yang telah dikembangkan berhasil diintegrasikan ke dalam aplikasi Android dan seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan berdasarkan hasil *Black Box Testing* dan dilakukan pengujian *User Acceptance Test* (UAT) yang melibatkan 10 responden menunjukkan tingkat penerimaan pengguna sebesar 92,4% pada kualitas model dan 90,75% pada kualitas aplikasi.

Kata kunci: Android, CNN-LSTM, *Deep Learning*, Evaluasi Gerakan, MoveNet, Plank



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	5
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Plank	8
2.3 <i>Deep Learning</i>	9
2.4 Hybrid CNN-LSTM.....	10
2.5 <i>Human Pose Estimation</i> (HPE)	11
2.6 <i>MoveNet</i>	12
2.7 Hold-out Validation	13
2.8 Sinyal Time Series	13
2.9 Normalisasi Data.....	13
2.9.1 Min-max normalization	14
2.10 Segmentasi Data Time Series <i>Sliding window</i>	14
2.11 Kotlin	14
2.12 <i>Black Box Testing</i>	15



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2.13 User Acceptance Test.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Rancangan Penelitian.....	16
3.2 Tahapan Penelitian.....	17
3.2.1 Identifikasi Masalah.....	18
3.2.2 Studi Literatur	18
3.2.3 Pengumpulan <i>Dataset</i>	18
3.2.4 <i>Pre-processing</i> Data.....	18
3.2.5 Pembuatan Model	19
3.2.6 Evaluasi Model	19
3.2.7 Integrasi ke Android <i>Mobile</i>	19
3.2.8 Pengujian Sistem.....	20
3.2.9 Kesimpulan dan Pembuatan Laporan	20
3.3 Objek Penelitian.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Analisis Kebutuhan.....	21
4.1.1 Kebutuhan Pengembangan Model	21
4.1.2 Kebutuhan Pengembangan Aplikasi Android.....	23
4.1.3 Kebutuhan Perangkat <i>Keras</i>	24
4.1.4 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	25
4.2 Perancangan Aplikasi.....	26
4.2.1 Perancangan Model <i>Deep Learning</i>	26
4.2.2 Perancangan Aplikasi Android	31
4.3 Implementasi Sistem Aplikasi	43
4.3.1 Implementasi Model <i>Deep Learning</i>	43
4.3.2 Implementasi Aplikasi Android.....	53
4.4 Pengujian Sistem.....	58
4.4.1 Deskripsi Pengujian	58
4.4.2 Prosedur Pengujian	60
4.4.3 Data Hasil Pengujian.....	66
4.4.4 Analisis Data / Evaluasi Pengujian	76
BAB V PENUTUP	78
5.1 Kesimpulan	78



© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	82
LAMPIRAN	83



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 4. 1 Kebutuhan <i>Dataset</i>	22
Tabel 4. 2 Kebutuhan Model.....	23
Tabel 4. 3 Kebutuhan <i>Fungsional</i>	23
Tabel 4. 4 Kebutuhan <i>Non-fungsional</i>	24
Tabel 4. 5 Kebutuhan Perangkat Keras	25
Tabel 4. 6 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	25
Tabel 4. 7 <i>Dataset</i> Hasil Validasi Personal Trainer.....	27
Tabel 4. 8 Pembagian <i>Dataset</i>	44
Tabel 4. 9 Hasil Implementasi Fitur.....	46
Tabel 4. 10 Informasi Hasil Normalisasi Data.....	47
Tabel 4. 11 Informasi <i>Sliding window</i>	49
Tabel 4. 12 Hasil Pembentukan Sequence Data	49
Tabel 4. 13 Implementasi Parameter Pelatihan Model	51
Tabel 4. 14 Data Pengujian Model.....	61
Tabel 4. 15 Konfigurasi Model.....	62
Tabel 4. 16 Prosedur <i>Black Box Testing</i>	63
Tabel 4. 17 Prosedur <i>User Acceptance Test (UAT)</i> Kualitas Model	65
Tabel 4. 18 Prosedur <i>User Acceptance Test (UAT)</i> Kualitas Aplikasi	65
Tabel 4. 19 Keseluruhan Hasil <i>Precision, Recall, dan F1-score</i>	68
Tabel 4. 20 Hasil <i>Accuracy, Precision, Recall, dan F1-score</i>	68
Tabel 4. 21 Perbandingan Hasil Performa Model.....	70
Tabel 4. 22 Perbandingan Hasil Pengujian Splitting Dataset	71
Tabel 4. 23 Hasil Pengujian <i>Black Box Testing</i>	72
Tabel 4. 24 Hasil Pengujian <i>User Acceptance Test (UAT)</i> Kualitas Model	74
Tabel 4. 25 Hasil Pengujian <i>User Acceptance Test (UAT)</i> Kualitas Aplikasi	75

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gerakan Plank Benar.....	8
Gambar 2. 2 Gerakan Plank Salah	9
Gambar 2. 3 Struktur standar model LSTM	10
Gambar 2. 4 <i>Landmark keypoint movenet</i>	12
Gambar 3. 1 Alur Rancangan Penelitian Gabungan	16
Gambar 3. 2 Alur Penelitian Plank	17
Gambar 3. 3 Tahapan Penelitian.....	17
Gambar 4. 1 Alur Pengumpulan dan Pembuatan <i>dataset</i>	27
Gambar 4. 2 Alur <i>Ekstraksi</i> Fitur dan Pembentukan Data Sinyal- <i>Time-series</i>	29
Gambar 4. 3 <i>Arsitektur</i> Model CNN-LSTM.....	31
Gambar 4. 4 <i>Use case diagram</i>	32
Gambar 4. 5 <i>Activity diagram Login</i>	33
Gambar 4. 6 <i>Activity diagram Register</i>	34
Gambar 4. 7 <i>Activity diagram Progress</i>	35
Gambar 4. 8 <i>Activity diagram Profile</i>	35
Gambar 4. 9 <i>Activity diagram Camera screen</i>	36
Gambar 4. 10 <i>Wireframe</i> Halaman <i>Login</i>	37
Gambar 4. 11 <i>Wireframe Register</i>	38
Gambar 4. 12 <i>Wireframe</i> Halaman Utama.....	39
Gambar 4. 13 <i>Wireframe</i> Halaman <i>Instruction</i>	40
Gambar 4. 14 <i>Wireframe</i> Halaman Tutorial	40
Gambar 4. 15 <i>Wireframe</i> Halaman <i>Camera screen</i>	41
Gambar 4. 16 <i>Wireframe</i> Halaman Progres	42
Gambar 4. 17 <i>Wireframe</i> Halaman <i>Profile</i>	42
Gambar 4. 18 <i>Train Keypoint Hasil Ekstraksi Landmark Tubuh</i>	45
Gambar 4. 19 <i>Test Keypoint Hasil Ekstraksi Landmark Tubuh</i>	46
Gambar 4. 20 <i>Train Keypoint Hasil Normalisasi</i>	48
Gambar 4. 21 <i>Test Keypoint Hasil Normalisasi</i>	48
Gambar 4. 22 Implementasi <i>Arsitektur</i> Model CNN-LSTM.....	51
Gambar 4. 23 Tampilan Halaman <i>Login</i>	53



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 24 Tampilan Halaman <i>Register</i>	54
Gambar 4. 25 Tampilan Halaman Utama	55
Gambar 4. 26 Tampilan Halaman Panduan	55
Gambar 4. 27 Tampilan Halaman Tutorial	56
Gambar 4. 28 Tampilan Halaman <i>Camera screen</i>	57
Gambar 4. 29 Tampilan Halaman Progress	57
Gambar 4. 30 Tampilan Halaman <i>Profile</i>	58
Gambar 4. 31 <i>Confusion matrix</i>	67
Gambar 4. 32 Grafik <i>Accuracy</i>	69
Gambar 4. 33 Grafik Loss.....	70



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gerakan plank merupakan latihan yang efektif untuk meningkatkan kekuatan otot inti (*core muscles*), termasuk otot perut, punggung dan pinggul. Namun, efektivitas latihan ini bergantung pada teknik pelaksanaannya. Tinjauan sistematis menunjukkan bahwa plank yang dilakukan dengan teknik yang benar mampu meningkatkan aktivasi otot inti secara signifikan, sedangkan kesalahan postur dapat menurunkan efektivitas latihan serta meningkatkan beban pada struktur tulang belakang (García-Jaén et al., 2023). Studi lain juga menjelaskan bahwa 34,5% individu yang rutin berolahraga mengalami cedera *musculoskeletal*, dengan 17,2% diantaranya merupakan cedera pada punggung bawah (*low back pain*) yang sering dikaitkan dengan kesalahan postur pada saat latihan mandiri (Islam et al., 2024). Oleh karena itu, evaluasi kualitas gerakan plank menjadi aspek penting dalam pelaksanaannya.

Pada praktiknya, evaluasi kualitas gerakan plank masih mengandalkan pengamatan visual oleh pelatih profesional yang bersifat subjektif dengan biaya relatif tinggi, yaitu sekitar Rp.161.000 rata-rata per sesi di Indonesia atau USD 30 – 125 per jam untuk layanan skala internasional. Ketidadaan pengamatan ahli saat melakukan latihan mandiri dapat menyebabkan postur yang kurang tepat tanpa disadari, yang berpotensi meningkatkan cedera pada tulang belakang bagian bawah dan munculnya nyeri punggung bawah (Eimiller et al., 2025).

Dengan keterbatasan evaluasi gerakan yang masih bersifat subjektif, dibutuhkan suatu pendekatan yang mampu memberikan penilaian gerakan secara objektif dan konsisten. Pendekatan *deep learning* yang dikombinasikan dengan teknologi *Human Pose Estimation* memungkinkan proses *ekstraksi* dan analisis postur tubuh secara otomatis dari data visual. Penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *deep learning* terbukti efektif dalam menilai kualitas gerakan fisik serta memberikan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

evaluasi yang lebih konsisten dan akurat dibandingkan pengamatan metode konvensional (Tharatipyakul et al., 2024; Sideridou et al., 2024).

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan memungkinkan evaluasi kualitas gerakan plank dilakukan secara lebih praktis dan mudah diakses. Dalam penelitian ini, pendekatan *deep learning* diimplementasikan melalui aplikasi *mobile* berbasis Android agar pengguna dapat mengevaluasi gerakan secara mandiri. *MoveNet* digunakan untuk mengekstraksi postur tubuh dari video, sedangkan model *Hybrid Convolutional Neural Network-Long Short-Term Memory* (CNN-LSTM) digunakan untuk menganalisis pola spasial dan temporal dari data gerakan. (Vista et al., 2025) Pendekatan ini memungkinkan sistem memberikan umpan balik evaluasi gerakan secara objektif dan terukur (Park et al., 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan aplikasi berbasis Android untuk evaluasi kualitas gerakan plank menggunakan pendekatan *deep learning*. Aplikasi yang dikembangkan mengintegrasikan *Human Pose Estimation* dan analisis data gerakan untuk memberikan umpan balik evaluasi postur secara objektif dan konsisten.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses ekstraksi fitur sudut persendian dari data video gerakan plank menggunakan metode *Human Pose Estimation* (*MoveNet*) dan ditransformasikan menjadi sinyal *time-series*?
2. Bagaimana merancang dan membangun model *deep learning* berbasis *Hybrid Convolutional Neural Network-Long Short-Term Memory* (CNN-LSTM) untuk mengevaluasi kualitas gerakan plank berdasarkan sinyal *time-series* hasil analisis pose tubuh?
3. Bagaimana proses pengujian model *deep learning* dilakukan untuk menilai kemampuan aplikasi dalam mengevaluasi kualitas gerakan plank secara objektif dan konsisten?

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4. Bagaimana implementasi model *deep learning* dilakukan untuk evaluasi kualitas gerakan plank pada aplikasi Android agar dapat digunakan secara mandiri oleh pengguna?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah ditetapkan untuk menjaga fokus penelitian terhadap penelitian yang dilakukan, Adapun batasan masalah dibatasi sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan *dataset* yang bersumber dari platform YouTube mengenai video gerakan plank dengan format .MP4 yang kemudian durasi dipotong sesuai kebutuhan.
2. Video gerakan plank dibatasi pada sudut pengambilan gambar dari samping (*side view*), tidak mencakup analisis dari sudut depan, belakang, maupun atas.
3. Penelitian tidak mempertimbangkan perbedaan usia, jenis kelamin, tinggi badan, maupun berat badan yang memengaruhi hasil evaluasi gerakan.
4. Proses analisis video dibatasi pada data berformat .MP4 yang selanjutnya diproses menggunakan teknik *Human Pose Estimation* untuk mengekstraksi *landmark* tubuh.
5. Data input utama sistem berupa sinyal *time-series* yang dibentuk dari fitur sudut persendian tubuh, seperti sudut bahu, pinggul, lutut dan pergelangan kaki, hasil dari *ekstraksi landmark* tubuh.
6. Teknologi yang digunakan untuk *ekstraksi* pose tubuh adalah *MoveNet*.
7. Model *deep learning* yang digunakan dibatasi pada arsitektur *hybrid Convolutional Neural Network-Long Short-Term Memory (CNN-LSTM)* yang dibangun menggunakan *library TensorFlow*.
8. Pengujian evaluasi performa model *deep learning* dilakukan menggunakan *evaluation metrics* yang meliputi *accuracy, precision, recall, F1-score, dan confusion matrix*, sedangkan pengujian aplikasi *mobile* Android menggunakan *blackbox Testing* atau pengujian *functional*.
9. Ruang lingkup implementasi sistem dibatasi pada aplikasi *mobile* berbasis Android yang dikembangkan secara *native* menggunakan bahasa pemrograman *kotlin*, tanpa pengembangan untuk *platform iOS* atau *web*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

10. Pengguna aplikasi dibatasi pada satu kategori, yaitu pengguna umum yang melakukan latihan plank secara mandiri.
11. Aplikasi yang dikembangkan hanya untuk mendeteksi satu orang dalam satu frame dan tidak mendukung deteksi beberapa orang secara bersamaan.
12. Keluaran aplikasi dibatasi pada hasil evaluasi kualitas gerakan plank, seperti gerakan benar atau salah serta spesifikasi kesalahan dari gerakan yang dilakukan, tanpa memberikan diagnosis medis maupun rekomendasi latihan.
13. Aplikasi yang dikembangkan hanya menampilkan hasil evaluasi gerakan plank, tanpa menyimpan data video pengguna ke server eksternal.

1.4 Tujuan dan Manfaat**1.4.1 Tujuan**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan *pre-processing* data video latihan plank melalui *ekstraksi* pose tubuh dan transformasi sudut persendian menjadi sinyal *time-series* yang dapat digunakan sebagai input model *deep learning*.
2. Merancang dan mengembangkan model *deep learning* berbasis *Hybrid Convolutional Neural Network-Long Short-Term Memory* (CNN-LSTM) untuk mengevaluasi apakah kualitas gerakan plank yang dilakukan sudah benar atau salah berdasarkan data sinyal *time-series*.
3. Melakukan pengujian terhadap model *deep learning* yang telah dikembangkan untuk menilai kinerja aplikasi dalam mengevaluasi kualitas gerakan plank secara objektif dan konsisten.
4. Mengintegrasikan model *deep learning* ke dalam aplikasi *mobile* berbasis Android untuk memudahkan aksesibilitas pengguna dalam melakukan evaluasi latihan plank secara mandiri.
5. Melakukan pengujian *fungsi* terhadap aplikasi yang telah terintegrasi dengan model *deep learning* untuk memastikan aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tersedianya aplikasi evaluasi kualitas gerakan plank yang dapat membantu pengguna melakukan latihan secara mandiri dengan lebih terarah.
2. Membantu pengguna dalam memahami teknik gerakan plank yang benar serta mengenali kesalahan umum yang terjadi selama latihan melalui evaluasi postur tubuh berbasis *deep learning*.
3. Membantu meminimalkan risiko cedera *muskuloskeletal*, khususnya pada area punggung bawah dan tulang belakang akibat kesalahan teknik saat melakukan gerakan plank.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal skripsi ini disusun untuk memberikan gambaran secara sistematis mengenai isi penelitian yang dilakukan. Adapun sistematika penulisan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab I berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II berisi kajian teori yang mendukung penelitian serta ulasan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab III menjelaskan rancangan penelitian, tahapan penelitian dan objek penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV berisi hasil realisasi rancangan penelitian, proses pembuatan dan pelatihan model, hasil pengujian, serta implementasi model ke dalam aplikasi Android.

BAB V PENUTUP

Bab V berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi yang berkaitan dengan topik yang dibahas serta sebagai dasar dalam menentukan kebaruan penelitian yang dilakukan.

Adapun ringkasan penelitian terdahulu disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	1	2	3
Judul Penelitian	Analisis Performa Metode CNN dan LSTM untuk Deteksi Gerakan Angkat Beban (Vista et al., 2025)	<i>Posture Detection Using MoveNet</i> (Dhana et al., 2025)	<i>Classification of Pilates Using MediaPipe and Machine Learning</i> (Zhao, Lu and Guan, 2024)
Metode	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> dan <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	<i>MoveNet (Lightning & Thunder)</i> berbasis <i>TensorFlow Lite + Neural Network Classification</i>	<i>Human Pose Estimation (MediaPipe) + deep learning (CNN dan LSTM)</i>
Data	Data video latihan angkat beban dengan video berdurasi 1–20 detik, diekstraksi menjadi data <i>pose</i> dan sinyal <i>time-series</i>	Input berupa citra dan video <i>real-time</i> dari kamera, diekstraksi menjadi <i>Keypoints (landmark)</i> tubuh kemudian dikonversi ke format CSV untuk klasifikasi	370 video <i>Pilates</i> (10 jenis gerakan, termasuk gerakan Plank), masing-masing berdurasi 4 detik (120 <i>frame</i>), diekstraksi menjadi 33 titik persendian tubuh
Hasil	Model <i>CNN–LSTM</i> mampu mengklasifikasikan kualitas gerakan angkat beban (benar dan salah) dengan akurasi sekitar 80%.	Sistem mampu melakukan deteksi postur secara <i>real-time</i> dengan ekstraksi <i>landmark</i> tubuh yang akurat menggunakan pendekatan <i>bottom-up</i> berbasis <i>heatmap</i>	Model mencapai akurasi 94,37% pada evaluasi <i>single frame</i> dan meningkat menjadi 95,70% setelah agregasi prediksi pada 120 <i>frame</i> video

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Kelebihan	Mampu memanfaatkan pola spasial dan temporal gerakan melalui kombinasi <i>CNN</i> dan <i>LSTM</i> membuat pendekatan <i>time-series</i> efektif untuk evaluasi kualitas gerakan	<i>Real-time processing</i> , ringan dan dapat berjalan pada perangkat dengan spesifikasi menengah, integrasi dengan aplikasi berbasis web, efektif untuk fitness dan rehabilitasi	Menggunakan data <i>pose</i> berbasis <i>time-series</i> dengan kombinasi <i>hybrid CNN-LSTM</i> sangat efektif menangkap pola spasial dan temporal
Kekurangan	Akurasi masih di bawah 90%, belum diimplementasikan pada aplikasi <i>mobile</i> dan tidak difokuskan pada gerakan plank	Tidak menggunakan model temporal <i>CNN-LSTM</i> , tidak mengevaluasi kualitas gerakan (benar/salah), belum spesifik pada gerakan plank	Fokus pada klasifikasi jenis gerakan, bukan evaluasi kualitas postur, belum diimplementasikan pada aplikasi <i>mobile</i> latihan mandiri

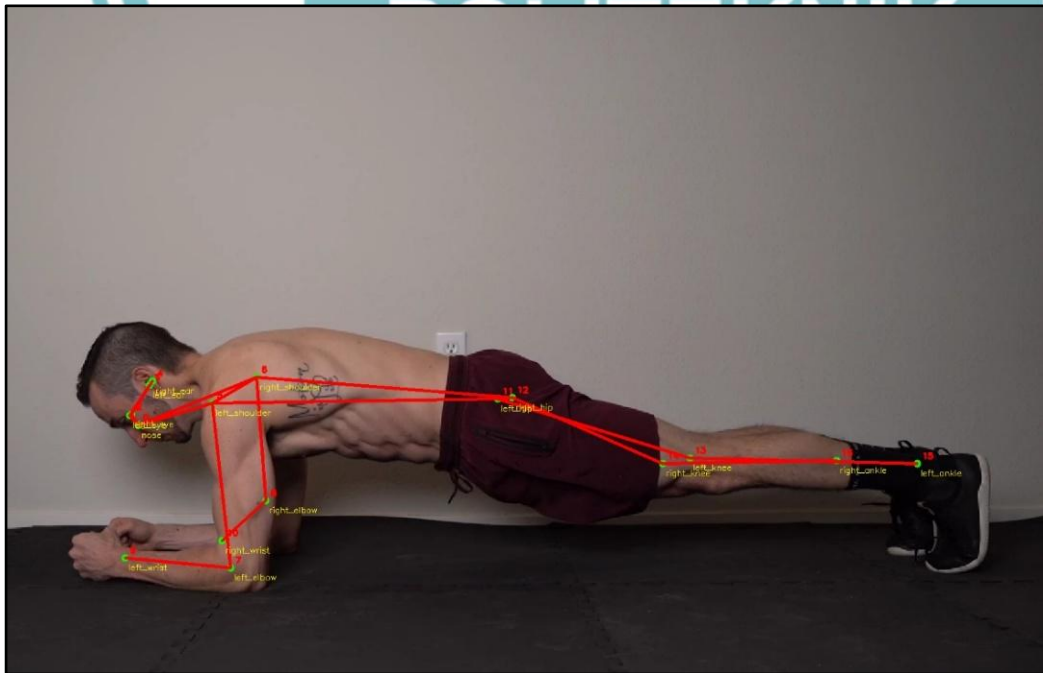
Berdasarkan studi literatur terhadap penelitian-penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa pendekatan *Human Pose Estimation* dan *deep learning* berbasis data sinyal *time-series* telah banyak diterapkan dalam analisis dan klasifikasi gerakan manusia, baik untuk deteksi aktivitas maupun pengenalan jenis gerakan olahraga. Namun, belum banyak penelitian yang secara spesifik membahas evaluasi kualitas gerakan plank, khususnya dalam konteks penilaian benar atau salahnya postur gerakan. Selain itu, penelitian yang mengombinasikan penggunaan *MoveNet* sebagai metode *ekstraksi pose* dengan model *Hybrid Convolutional Neural Network-Long Short-Term Memory (CNN-LSTM)* untuk menganalisis pola spasial dan temporal gerakan plank, serta diimplementasikan dalam aplikasi *mobile* berbasis Android untuk latihan mandiri, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan aplikasi evaluasi kualitas gerakan plank yang objektif, terukur, dan mudah diakses oleh pengguna.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.2 Plank

Plank merupakan latihan dasar untuk meningkatkan kekuatan serta stabilitas otot inti (*core muscles*) (Nandlal Tank, 2024). Latihan ini menuntut kemampuan tubuh dalam mempertahankan postur statis yang sejajar, sehingga kualitas pelaksanaannya sangat bergantung pada koordinasi dan kesejajaran segmen tubuh, khususnya pada area kepala, tulang belakang, dan pinggul. Secara biomekanik, plank melibatkan aktivasi otot perut, punggung bawah, dan pinggul secara simultan untuk menjaga stabilitas tubuh. Apabila plank dilakukan dengan teknik yang tidak tepat, seperti posisi pinggul yang terlalu rendah atau terlalu tinggi serta ketidaksejajaran tulang belakang, maka beban mekanis pada area lumbal dapat meningkat dan berpotensi menimbulkan nyeri atau cedera. Penelitian menunjukkan bahwa variasi postur, terutama pada posisi *kranio-servikal*, berpengaruh signifikan terhadap tingkat aktivasi otot inti selama plank, sehingga kesalahan teknik dapat menurunkan efektivitas latihan dan meningkatkan risiko cedera, baik pada individu pemula maupun yang berpengalaman (García-Jaén et al., 2023; (Park, Choi and Jee, 2023) Berikut merupakan ilustrasi perbedaan gerakan plank yang benar dan salah ditujukan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.

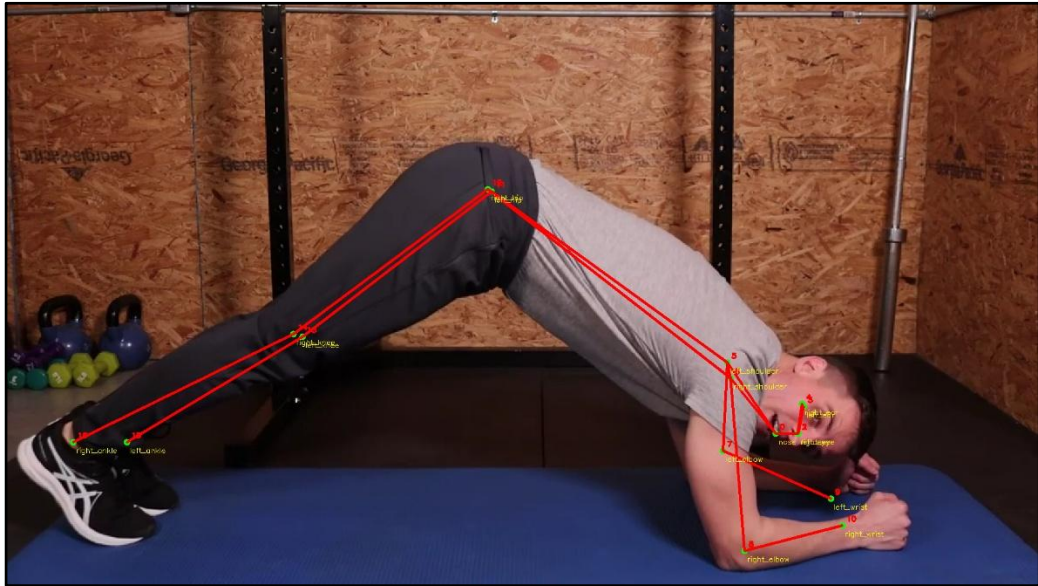


Gambar 2. 1 Gerakan Plank Benar

Sumber : <https://youtu.be/A2b2EmIg0dA?si=IwLxRUArBvYyq2Kw>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 2 Gerakan Plank Salah

Sumber : <https://youtu.be/bsrTTRsFlq8?si=kSP9C2kjYt6ar-2t>

2.3 Deep Learning

Metode *deep learning* telah membawa perkembangan signifikan dalam bidang pengenalan dan evaluasi aktivitas manusia karena kemampuannya mempelajari representasi fitur gerakan secara otomatis dari data mentah, tanpa bergantung pada proses *feature engineering* manual. Dalam konteks analisis gerakan berbasis data sekuensial, arsitektur seperti *Recurrent Neural Networks* (RNN), khususnya *Long Short-Term Memory* (LSTM), terbukti efektif dalam menangkap ketergantungan temporal jangka panjang pada data *time-series*. Studi yang dilakukan oleh (Dutta, Boongoen and Zwigelaar, 2025) menunjukkan bahwa model *deep learning* berbasis (LSTM) mampu mencapai performa yang tinggi dalam sistem *human activity recognition* karena kemampuannya memodelkan pola gerakan dari urutan data secara berkelanjutan. Selain itu, penelitian oleh (Zhao et al., 2023) menunjukkan bahwa kombinasi *Long Short-Term Memory* (LSTM) dengan *Convolutional Neural Network* (CNN) mampu meningkatkan akurasi pengenalan aktivitas dengan memanfaatkan fitur spasial dan temporal secara bersamaan. Temuan tersebut menegaskan bahwa pendekatan *deep learning* berbasis pemodelan temporal merupakan metode yang tepat untuk diterapkan dalam evaluasi kualitas gerakan plank yang dianalisis dari data video berbentuk sinyal *time-series*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

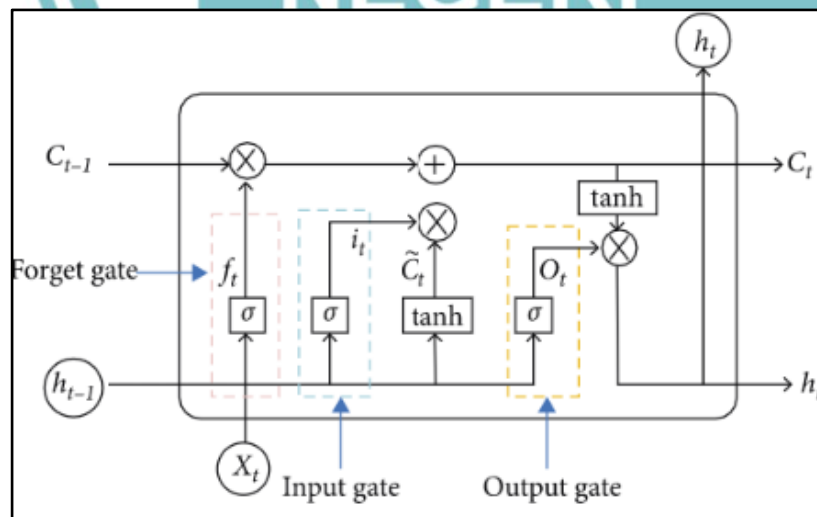
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.4 Hybrid CNN-LSTM

Model *hybrid Convolutional Neural Network (CNN)* dan *Long Short-Term Memory (LSTM)* merupakan salah satu pendekatan *deep learning* yang banyak digunakan dalam pengenalan aktivitas manusia berbasis data *time-series* (Nafea et al., 2021). CNN berperan mengekstraksi fitur spasial dari data input, seperti pola bentuk atau ciri visual antarkelompok *frame* video, sedangkan LSTM berfungsi menangkap ketergantungan temporal dengan mempertahankan informasi urutan waktu dari data tersebut (Xu-Nan Tan, 2023). Sehingga kedua arsitektur ini lebih efektif dalam mengenali dan mengklasifikasikan pola gerakan yang kompleks.

Secara teoritis, CNN memanfaatkan filter atau kernel konvolusi untuk mengekstraksi pola lokal dari data input. Pada data sekuensial seperti *pose time-series*, digunakan lapisan Conv1D yang mengekstraksi *feature map* dari jendela *input (input windows)* menggunakan kernel dengan ukuran tertentu sehingga menghasilkan representasi fitur yang lebih informatif untuk proses pemodelan selanjutnya (Nafea et al., 2021).

Setelah fitur diekstraksi oleh CNN, hasilnya kemudian diberikan sebagai input ke LSTM untuk memodelkan ketergantungan temporal. LSTM dirancang menggunakan mekanisme tiga gerbang (*gate*), yaitu *forget gate*, *input gate*, dan *output gate*. Adapun struktur model LSTM terlihat pada Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2. 3 Struktur standar model LSTM

Sumber : (Widiputra, Mailangkay and Gautama, 2021)

Berdasarkan Gambar 2.3 *forget gate* berfungsi menentukan informasi dari kondisi sebelumnya yang perlu dipertahankan atau dihapus, *input gate* mengatur informasi baru yang akan disimpan ke dalam memori, sedangkan *output gate* menentukan informasi yang akan diteruskan sebagai keluaran (Susetyo et al., 2025), sehingga model dapat mempertahankan informasi penting dari data sekuensial dalam jangka panjang.

Penelitian yang dilakukan oleh Koşar et al. (2023) menunjukkan bahwa model (CNN-LSTM) mampu mencapai akurasi lebih tinggi dibandingkan model tunggal seperti CNN atau LSTM pada tugas pengenalan aktivitas manusia menggunakan data dari sensor gerak, menyatakan bahwa kombinasi (CNN-LSTM) mampu menangkap dinamika spasial dan temporal dari sinyal *time-series*, sehingga menghasilkan kinerja prediksi yang kuat pada *dataset* pengenalan aktivitas, menjadikan (CNN-LSTM) sebagai metode yang relevan untuk mengevaluasi kualitas gerakan plank berdasarkan data *time-series* hasil *ekstraksi* pose (Koşar and Barshan, 2023).

2.5 Human Pose Estimation (HPE)

Human Pose Estimation (HPE) merupakan cabang dari bidang *computer vision* yang bertujuan untuk mendeteksi dan memperkirakan posisi sendi-sendi utama tubuh manusia, seperti kepala, bahu, siku, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki, baik dari citra tunggal maupun rangkaian video. Titik-titik sendi tersebut kemudian dihubungkan untuk membentuk representasi kerangka tubuh manusia yang dapat digunakan untuk menganalisis postur dan pergerakan tubuh secara komputasional. *Teknologi Human Pose Estimation* (HPE) berperan penting dalam memungkinkan sistem memahami aktivitas dan perilaku manusia, sehingga banyak diterapkan dalam berbagai bidang seperti interaksi manusia-komputer, analisis gerak, rehabilitasi, serta aplikasi kebugaran. Dalam konteks olahraga, *Human Pose Estimation* (HPE) dimanfaatkan untuk memantau kualitas gerakan latihan dengan menghitung sudut persendian dan perubahan postur tubuh secara otomatis, sehingga dapat membantu mengidentifikasi kesalahan teknik dan mengurangi risiko cedera. Penelitian menunjukkan bahwa pendekatan HPE berbasis *deep learning* mampu melakukan pelacakan pose tubuh secara akurat dan konsisten pada

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

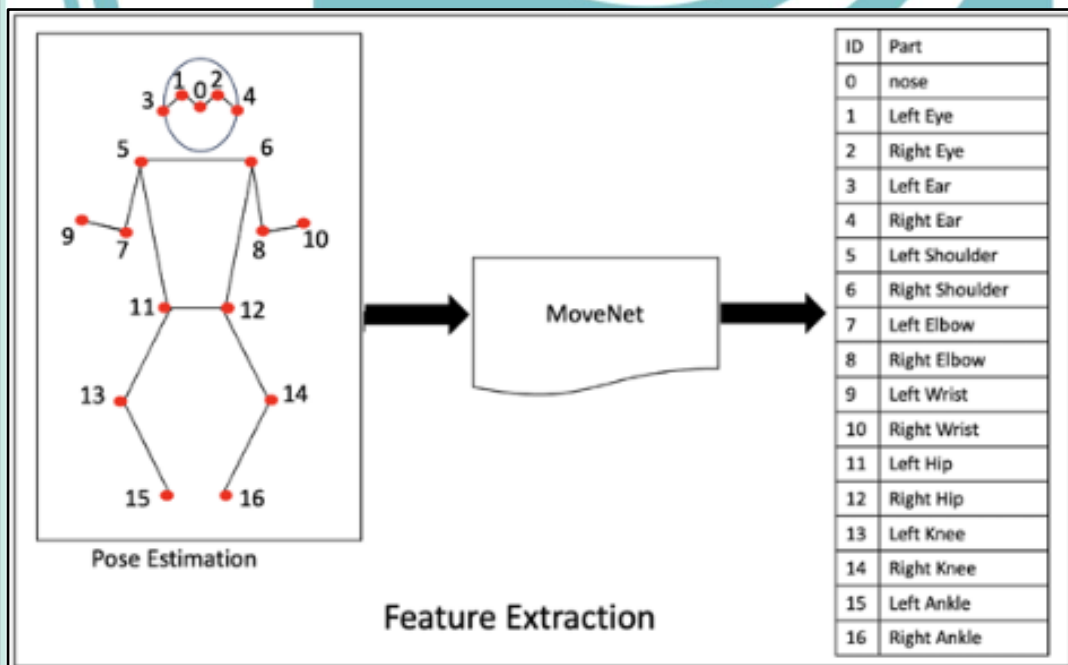
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak memberikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

berbagai kondisi lingkungan, menjadikannya solusi yang efektif untuk evaluasi gerakan olahraga berbasis video (Tharatipyakul et al., 2024;024; (Sideridou et al., 2024).

2.6 MoveNet

MoveNet merupakan model *Human Pose Estimation* yang dirancang untuk mendeteksi dan melacak titik-titik sendi tubuh manusia secara *real-time* pada perangkat *mobile*. Model ini menggunakan pendekatan bottom-up dan mampu mendeteksi 17 *Keypoints* tubuh, seperti bahu, siku, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki. MoveNet tersedia dalam dua varian, yaitu *Lightning* yang berorientasi pada kecepatan dan *Thunder* yang berorientasi pada ketelitian deteksi. Dengan arsitektur yang ringan dan optimal untuk perangkat berbasis *TensorFlow Lite*, MoveNet dinilai sesuai untuk implementasi pada aplikasi *mobile* Android yang memerlukan proses estimasi pose secara cepat dan efisien. (Jo and Kim, 2022). Adapun ilustrasi mengenai *keypoint movenet* ditujukan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Landmark keypoint movenet

Sumber : (Alharthi, Qadrouh and Alhalabi, 2024).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak memberikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.7 Hold-out Validation

Hold-out validation merupakan teknik validasi yang dilakukan dengan membagi dataset secara acak menjadi data pelatihan (*training set*) dan data pengujian (*testing set*) untuk mengevaluasi kinerja model. Menurut (Levman et al., 2021), teknik ini dilakukan dengan membagi dataset secara acak ke dalam sampel pelatihan dan pengujian. (Bami et al., 2025) menyatakan bahwa tidak ada satu strategi validasi yang selalu memberikan hasil terbaik pada setiap algoritma dan dataset, sehingga pemilihan metode validasi harus disesuaikan dengan karakteristik data yang digunakan. Rasio pembagian data 80:20 merupakan salah satu rasio yang paling umum digunakan tidak terdapat aturan baku mengenai rasio terbaik dan pemilihannya perlu mempertimbangkan karakteristik dataset (Joseph, 2022).

2.8 Sinyal Time Series

Sinyal *time-series* dalam analisis gerakan manusia adalah urutan data numerik yang mewakili perubahan posisi atau fitur tubuh dari waktu ke waktu berdasarkan video atau rangkaian *frame*, sehingga setiap titik data memiliki hubungan temporal satu sama lain. Dalam konteks evaluasi gerakan plank, sinyal ini dapat berupa urutan sudut sendi atau koordinat *landmark* yang menunjukkan pola gerakan tubuh seiring waktu, data ini merepresentasikan lintasan kinematik dari *landmark* tubuh (seperti kepala, bahu, siku, pergelangan tangan, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki). Karakteristik utama dari data *time-series* adalah data ini sering kali terkontaminasi oleh *noise*, *jitter*, dan *outlier* yang disebabkan oleh kamera saat pengambilan video (Kong et al., 2025).

2.9 Normalisasi Data

Setelah tahap pembentukan data sinyal *time-series* selesai dilakukan, proses selanjutnya adalah normalisasi data. Normalisasi merupakan tahapan untuk menyesuaikan skala fitur numerik agar berada dalam rentang nilai yang konsisten. Pada penerapan *deep learning*, normalisasi memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas perhitungan numerik serta meningkatkan efektivitas proses pelatihan model. Dalam kajian *human activity recognition*, dua teknik normalisasi yang

paling umum dan relevan digunakan adalah *Min–Max Normalization* dan *Z-Score Standardization* (He et al., 2025).

2.9.1 Min-max normalization

Min–max normalization merupakan teknik normalisasi data yang bertujuan untuk mentransformasikan nilai fitur ke dalam rentang tertentu, umumnya antara 0 hingga 1. metode ini memberikan kinerja yang optimal pada *dataset* dengan jumlah data dan fitur yang besar, karena mampu menjaga proporsi nilai antar fitur. Namun, teknik ini memiliki kelemahan yaitu sensitif terhadap keberadaan *outlier*, yang dapat memengaruhi hasil normalisasi secara signifikan. (Palinggik Allorerung et al., 2024).

2.10 Segmentasi Data Time Series *Sliding window*

Model *deep learning* seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN) atau *Recurrent Neural Networks* (RNN/LSTM) mensyaratkan input berukuran vektor tetap untuk pemrosesan yang konsisten. Mengingat data aktivitas manusia bersifat kontinu dengan variasi durasi, teknik *Sliding window* (Jendela Geser) digunakan sebagai metode standar untuk membagi *time-series* menjadi segmen-segmen berukuran tetap yang dapat diolah model. Pendekatan ini menerapkan jendela waktu dengan *window size* konstan yang berpindah melintasi data deret waktu menggunakan *step size* tertentu, sering dinyatakan sebagai persentase *overlap*. *Window size* mengatur durasi (detik/*frame*) setiap segmen input, sedangkan *overlap* menentukan proporsi data yang bersinggungan antar jendela berurutan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pemilihan ukuran *window* dan tingkat *overlap* yang tepat, seperti penggunaan *overlap* 33,3%, mampu meningkatkan performa pengenalan aktivitas secara signifikan untuk proses pelatihan model berbasis *time-series* (Tan et al., 2024).

2.11 Kotlin

Kotlin adalah bahasa pemrograman modern yang berjalan di atas *Java Virtual Machine* (JVM) dan dirancang untuk memberikan sintaksis yang lebih ringkas, fitur keamanan seperti *null safety*, dan interoperabilitas penuh dengan *Java*, sehingga

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak memberikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

dapat meningkatkan produktivitas pengembang dalam pengembangan aplikasi Android (Talib et al., 2025). Selain itu, *Kotlin* telah mengalami adopsi yang signifikan dalam ekosistem Android sejak diumumkan sebagai bahasa resmi pada 2017, dengan dukungan komprehensif alat pengembangan yang membuatnya semakin banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi seluler (Coppola et al., 2025).

2.12 Black Box Testing

Menurut (Zain et al., 2021) *Blackbox Testing* adalah teknik pengujian perangkat lunak yang berfokus pada pemeriksaan *fungsi* perangkat lunak tanpa memperhatikan struktur internal atau kode programnya. *Blackbox Testing* merupakan pengujian untuk mengetahui *fungsi* pada perangkat lunak dengan memberi masukan dan memberikan keluaran seperti yang diharapkan. *Blackbox Testing* sendiri merupakan pengujian yang dilakukan hanya mengamati hasil eksekusi melalui data uji dan memeriksa *fungsi* dari perangkat lunak (Jibril et al., 2024).

2.13 User Acceptance Test

User Acceptance Test (UAT) merupakan tahap pengujian yang melibatkan pengguna akhir (*end-user*) untuk memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan pengguna dan untuk mengukur kualitas aplikasi sehingga dapat menjadi dasar dalam menentukan kelayakan aplikasi (Wulandari et al, 2023). pengujian dilakukan dengan melibatkan sejumlah responden yang mewakili pengguna sistem, di mana penentuan jumlah responden dapat mengacu pada metode Creswell (1998) yang merekomendasikan jumlah partisipan berkisar antara 5 hingga 25 orang . (Alam and Kurniasih, 2024).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

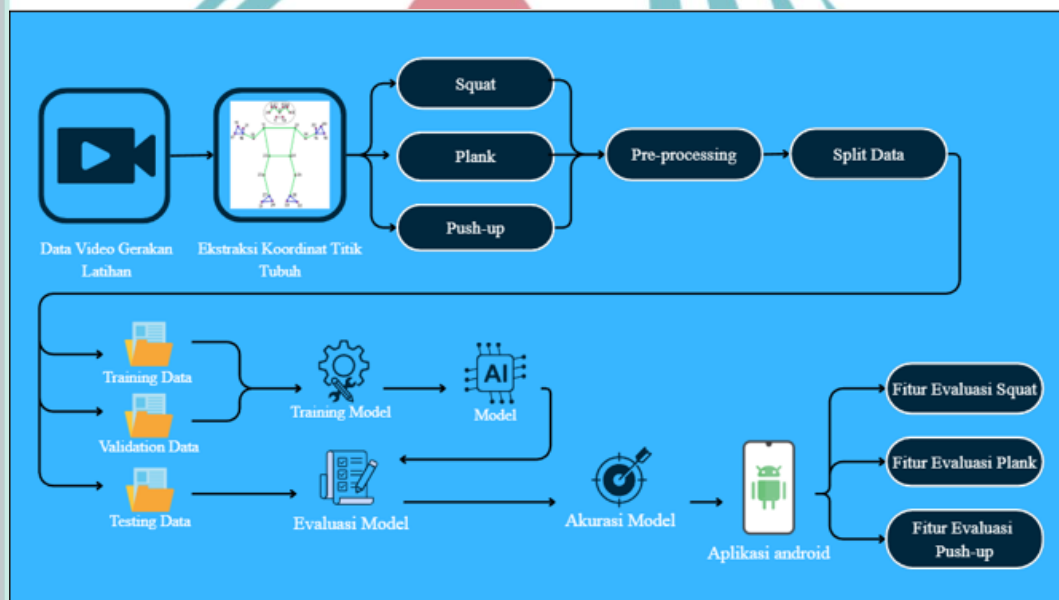
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai alur penelitian yang akan dilakukan, disusun suatu rancangan penelitian gabungan yang menggambarkan tahapan utama dalam pengembangan aplikasi evaluasi kualitas gerakan latihan mandiri. Alur penelitian tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alur Rancangan Penelitian Gabungan

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian riset eksperimental. Pendekatan ini dipilih karena bertujuan untuk mengolah data numerik hasil *ekstraksi landmark tubuh* gerakan plank dan menguji kinerja model *deep learning* secara objektif. Proses eksperimen dilakukan dengan melatih dan menguji model menggunakan data sinyal *time-series* yang diperoleh dari analisis pose tubuh manusia.

Dalam penelitian ini, sistem yang dikembangkan berupa aplikasi *mobile* berbasis Android yang terintegrasi dengan model *deep learning* untuk mengevaluasi kualitas gerakan plank (benar atau salah). Rancangan alur sistem yang digunakan pada penelitian ini, digambarkan dalam diagram alur penelitian pada Gambar 3.2.

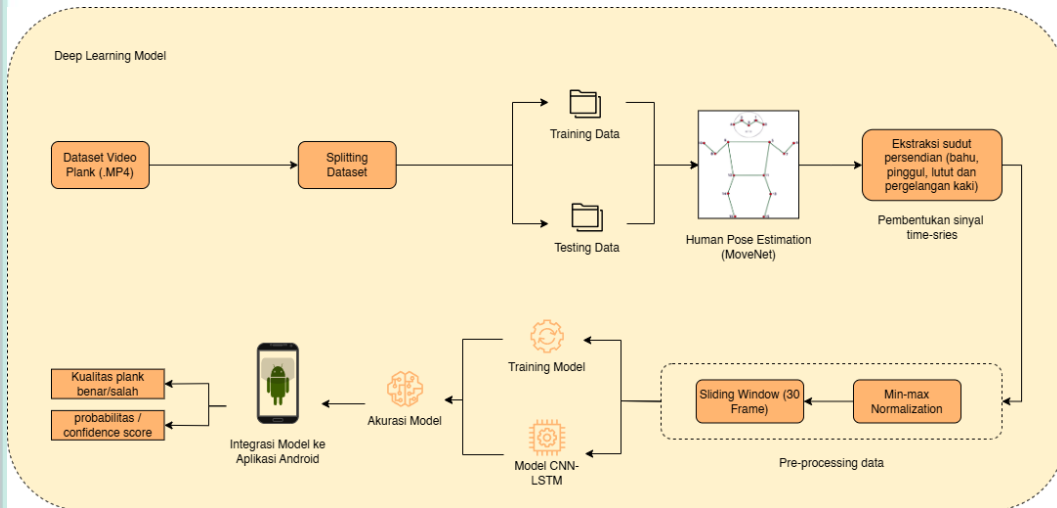
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

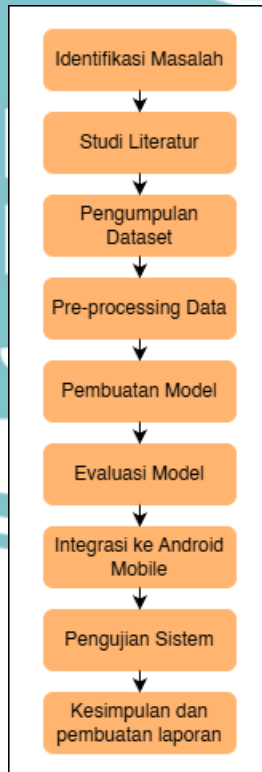
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3. 2 Alur Penelitian Plank

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini disusun untuk menjelaskan urutan aktivitas yang dilakukan secara sistematis dan terstruktur. Alur tahapan penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Tahapan Penelitian

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

3.2.1 Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, ditentukan topik penelitian dan tujuan. Setelah itu dirumuskan dalam latar belakang mengapa topik ini dipilih, rumusan masalah, dan batasan masalah yang akan dilakukan pada penelitian ini.

3.2.2 Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mengkaji berbagai sumber pustaka yang relevan dengan topik penelitian, meliputi topik mengenai gerakan plank, *Human Pose Estimation* (MoveNet) serta algoritma *deep learning* (CNN-LSTM) dan pengembangan aplikasi Android menggunakan *kotlin*, sehingga dapat menjadi landasan dalam perancangan dan pelaksanaan penelitian.

3.2.3 Pengumpulan Dataset

Tahap pengumpulan *dataset* dilakukan dengan mengumpulkan video gerakan plank yang diperoleh dari platform YouTube. Video yang dipilih diunduh dalam format .MP4 dengan resolusi minimal 720p untuk memastikan kualitas visual yang memadai dalam proses *ekstraksi* pose tubuh. Selanjutnya, video tersebut dipotong dan disesuaikan durasinya sesuai kebutuhan penelitian, sehingga hanya bagian yang menampilkan gerakan plank yang relevan yang digunakan sebagai data penelitian.

3.2.4 Pre-processing Data

Proses *pre-processing* dilakukan setelah tahap *ekstraksi Keypoint* dan pembentukan sinyal *time-series* dari gerakan plank. Data *time-series* yang dihasilkan berupa koordinat atau sudut persendian tubuh pada setiap *frame* video berdasarkan *landmark* tubuh seperti bahu, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki.

Tahap pertama pada proses *pre-processing* adalah normalisasi data menggunakan metode *Min-Max Normalization*. Metode ini digunakan untuk menyamakan rentang nilai setiap fitur ke dalam skala 0 hingga 1 sehingga perbedaan skala antar fitur tidak mempengaruhi proses pelatihan model *deep learning*. Setelah proses normalisasi selesai dilakukan, data kemudian disegmentasi menggunakan teknik

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

sliding window dengan ukuran 30 *frame*. Teknik ini digunakan untuk membentuk *sequence data* berdimensi tetap dari sinyal *time-series* sehingga dapat digunakan sebagai input pada model CNN-LSTM. Setiap *window* merepresentasikan urutan gerakan plank dalam rentang *frame* tertentu yang akan dipelajari oleh model *deep learning* untuk melakukan klasifikasi kualitas gerakan plank benar atau salah.

3.2.5 Pembuatan Model

Model yang dibangun menggunakan arsitektur *Hybrid Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory* (CNN–LSTM). Arsitektur ini dipilih karena efektif dalam memproses data *sekuensial* (*time-series*) yang berasal dari *ekstraksi* sudut persendian gerakan plank, serta mampu menangkap pola temporal gerakan secara berurutan. Pembuatan model dilakukan menggunakan *library TensorFlow/Keras*. Proses ini mencakup perancangan *layer* konvolusi CNN, *Batch Normalization*, lapisan LSTM, dan *fully connected layer* (*Dense*) sebagai lapisan klasifikasi, serta pengaturan *hyperparameter* seperti *learning rate*, *batch size*, dan *epoch*.

3.2.6 Evaluasi Model

Kinerja model dievaluasi menggunakan beberapa metrik evaluasi, yaitu *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, dan *confusion matrix*. Hasil evaluasi digunakan untuk menilai performa model CNN–LSTM serta menentukan kelayakan model sebelum diintegrasikan ke dalam aplikasi *mobile* Android.

3.2.7 Integrasi ke Android Mobile

Setelah model *deep learning* berbasis CNN–LSTM dinyatakan memiliki performa yang baik, tahap selanjutnya adalah integrasi model ke dalam aplikasi *mobile* Android. Model yang telah dilatih dan dievaluasi diintegrasikan ke aplikasi yang dikembangkan secara *native* menggunakan bahasa pemrograman *Kotlin*.

3.2.8 Pengujian Sistem

Tahap pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi *mobile* Android yang dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* dan Aplikasi diuji secara langsung kepada para pengguna yang aktif berolahraga.

3.2.9 Kesimpulan dan Pembuatan Laporan

Tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil pengembangan aplikasi, pelatihan dan evaluasi model *deep learning*, serta pengujian aplikasi Android. Selanjutnya kesimpulan disusun untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya.

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian pada penelitian ini adalah pengembangan aplikasi evaluasi kualitas gerakan plank berbasis *deep learning* yang diimplementasikan dalam aplikasi Android. Secara khusus, objek yang diteliti meliputi model *deep learning* berbasis (CNN–LSTM) yang digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas gerakan plank berdasarkan data sinyal *time-series* hasil *ekstraksi* sudut persendian tubuh dari video gerakan plank.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil studi literatur dan identifikasi masalah terhadap kebutuhan yang diperlukan dalam pengembangan aplikasi evaluasi kualitas gerakan plank berbasis *deep learning* terdapat beberapa kebutuhan untuk pengembangan penelitian ini. Kebutuhan tersebut sesuai dengan tujuan penelitian, mulai dari proses pengolahan data video, pelatihan model *deep learning*, hingga implementasi pada aplikasi *mobile* Android. Kebutuhan sistem pada penelitian ini meliputi kebutuhan pengembangan model dan kebutuhan pengembangan aplikasi *mobile* Android.

4.1.1 Kebutuhan Pengembangan Model

Kebutuhan pengembangan model terdiri dari dua aspek utama, yaitu kebutuhan *dataset* dan kebutuhan model *deep learning*. Kebutuhan *dataset* digunakan sebagai sumber data utama dalam proses pelatihan dan pengujian model, sedangkan kebutuhan model digunakan untuk mendukung proses klasifikasi gerakan plank berdasarkan data sinyal *time-series* hasil *ekstraksi* pose tubuh.

4.1.1.1 Kebutuhan *Dataset*

Dataset yang digunakan pada penelitian ini berupa video gerakan plank yang diambil secara pribadi dari *platform* YouTube dengan format .MP4 dan resolusi minimal 720p yang kemudian dipotong sesuai dengan durasi yang telah ditentukan. *Dataset* terdiri dari kategori gerakan benar dan salah yang digunakan sebagai data pelatihan untuk pengujian model. Adapun kebutuhan *dataset* tercantum pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kebutuhan *Dataset*

No	Nama	Deskripsi
1.	Sumber <i>Dataset</i>	Video gerakan plank yang bersumber dari <i>platform</i> YouTube kemudian durasinya dipotong antara 4-12 detik
2.	Format <i>Dataset</i>	Video hanya berformat .MP4
3.	Resolusi Video	Video beresolusi Minimal 720p
4.	Jenis Gerakan	Gerakan plank benar dan salah
5.	Metode <i>Ekstraksi</i>	<i>Human Pose Estimation (MoveNet)</i>
6.	<i>Landmark</i> Tubuh	Bahu, pinggul, lutut dan pergelangan kaki
7.	Bentuk Data	Sudut Persendian dan sinyal <i>time-series</i>

Dataset yang dikumpulkan pada penelitian ini berjumlah 86 video gerakan plank yang terdiri dari 38 *dataset* gerakan benar dan 48 *dataset* gerakan salah. Setelah dilakukan proses seleksi data, *dataset* yang digunakan dalam penelitian hanya sebanyak 60 video dengan pembagian yang seimbang, yaitu 30 *dataset* gerakan benar dan 30 *dataset* gerakan salah. Seluruh *dataset* yang digunakan telah melalui proses validasi oleh Personal *Trainer* sehingga layak digunakan sebagai data pelatihan dan pengujian model.

4.1.1.2 Kebutuhan Model

Tahap selanjutnya dalam pengembangan model adalah identifikasi kebutuhan model yang digunakan untuk proses klasifikasi gerakan. Kebutuhan model ini bertujuan untuk memastikan model yang dikembangkan mampu memenuhi kebutuhan *fungsi*ional, kinerja, dan performa sistem. Tabel 4.2 menunjukkan kebutuhan model pada penelitian ini.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 2 Kebutuhan Model

No	Kategori	Nama	Deskripsi
1.	<i>Fungsional</i>	Input Data <i>Time-series</i>	Model mampu memproses data <i>sequence time-series</i> hasil ekstraksi sudut persendian tubuh.
2.	<i>Fungsional</i>	Klasifikasi Gerakan	Model mampu melakukan klasifikasi gerakan plank benar dan salah.
3.	Kinerja	Kecepatan	Model mampu mengevaluasi secara <i>realtime</i> dengan latensi 100-300 milidetik <i>per frame</i>
4.	Kinerja	Performa	Model harus sama atau lebih tinggi dari penelitian sebelumnya

4.1.2 Kebutuhan Pengembangan Aplikasi Android

Kebutuhan pengembangan aplikasi pada penelitian ini terdiri dari kebutuhan *fungsional* dan kebutuhan *non-fungsional*. Kebutuhan *fungsional* digunakan untuk mendukung fitur utama aplikasi, sedangkan kebutuhan *non-fungsional* digunakan untuk mendukung kualitas dan performa aplikasi Android.

4.1.2.1 Kebutuhan *Fungsional*

Kebutuhan *fungsional* digunakan untuk menjelaskan fitur-fitur utama yang harus dimiliki aplikasi Android agar proses evaluasi gerakan plank dapat berjalan dengan baik sesuai dengan tujuan. Adapun kebutuhan *fungsional* pada penelitian ini ditujukan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kebutuhan *Fungsional*

No	Nama	Deskripsi
1.	Akses Kamera	Aplikasi dapat mengakses kamera perangkat Android untuk melakukan evaluasi gerakan secara <i>real-time</i>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.	<i>Ekstraksi Pose</i>	Aplikasi dapat melakukan <i>ekstraksi pose</i> tubuh menggunakan <i>Human Pose Estimation (MoveNet)</i>
3.	Evaluasi Gerakan	Aplikasi dapat melakukan klasifikasi gerakan plank benar dan salah
4.	Menampilkan Hasil	Aplikasi dapat menampilkan hasil evaluasi gerakan plank secara <i>realtime</i> kepada pengguna

4.1.2.2 Kebutuhan Non-fungsional

Kebutuhan *non-fungsional* digunakan untuk mendukung kualitas aplikasi agar dapat berjalan dengan baik pada perangkat Android. Adapun kebutuhan *non-fungsional* pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Kebutuhan *Non-fungsional*

No	Nama	Deskripsi
1.	Performa	Aplikasi mampu melakukan proses evaluasi gerakan secara <i>realtime</i> dengan latensi 100-300 milidetik <i>per-frame</i>
2.	Kemudahan Pengguna	Aplikasi memiliki tampilan yang mudah dipahami dan dapat digunakan oleh pengguna umum
3.	Portabilitas	Aplikasi dapat digunakan pada berbagai jenis perangkat Android

4.1.3 Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat *Keras* digunakan untuk mendukung proses pengembangan model serta implementasi ke dalam aplikasi Android. Perangkat *Keras* yang digunakan pada penelitian ini meliputi perangkat *Keras* untuk proses pelatihan model dan perangkat untuk pengujian aplikasi Android. Adapun kebutuhan perangkat *Keras* pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Kebutuhan Perangkat Keras

No	Nama	Deskripsi
1.	Laptop	Digunakan untuk proses pengolahan data, pelatihan model, dan pengembangan aplikasi
2.	<i>Processor</i>	AMD Ryzen 5 5500U
3.	RAM	16 GB
4.	Smartphone Android	untuk implementasi dan pengujian aplikasi
5.	Kamera <i>Smartphone</i>	Digunakan untuk mengambil input gerakan plank

4.1.4 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak digunakan untuk mendukung proses pengolahan data, pengembangan model, serta pengembangan aplikasi Android. Adapun kebutuhan perangkat lunak pada penelitian ini ditujukan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Nama	Deskripsi
1.	<i>Python</i>	Digunakan untuk pengolahan data dan pengembangan model <i>deep learning</i>
2.	<i>TensorFlow/Keras</i>	Digunakan untuk membangun dan melatih model <i>deep learning</i>
3.	<i>OpenCV</i>	Digunakan untuk pengolahan video dan <i>ekstraksi frame</i>
4.	<i>NumPy</i> dan <i>Pandas</i>	Digunakan untuk pengolahan data numerik dan <i>dataset</i>
5.	<i>Google Colab</i>	Digunakan untuk proses <i>Training</i> dan pengujian model
6.	<i>Visual Studio Code</i>	Digunakan sebagai <i>code editor</i> pengembangan model
7.	<i>Android Studio</i>	Digunakan untuk pengembangan aplikasi Android

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

8.	<i>Kotlin</i>	Digunakan sebagai bahasa pemrograman aplikasi Android
9.	<i>TensorFlow Lite</i>	Digunakan untuk integrasi model ke aplikasi Android

4.2 Perancangan Aplikasi

Setelah kebutuhan berhasil diidentifikasi tahap selanjutnya adalah perancangan aplikasi. Tahap perancangan dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai alur kerja sistem sebelum proses implementasi dilakukan. Adapun perancangan aplikasi pada penelitian ini meliputi perancangan model *deep learning* dan perancangan aplikasi Android.

4.2.1 Perancangan Model *Deep Learning*

Tahap ini dilakukan untuk merancang alur pengolahan data, proses *pre-processing*, serta pelatihan model *Hybrid Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory* (CNN-LSTM) yang digunakan untuk melakukan klasifikasi gerakan plank berdasarkan data sinyal *time-series* hasil *ekstraksi* pose tubuh. Seluruh proses dilakukan secara sistematis untuk memastikan model yang akan dibangun memiliki performa yang optimal dan memiliki tingkat akurasi evaluasi gerakan yang tinggi.

4.2.1.1 Pengumpulan dan Pembuatan *Dataset*

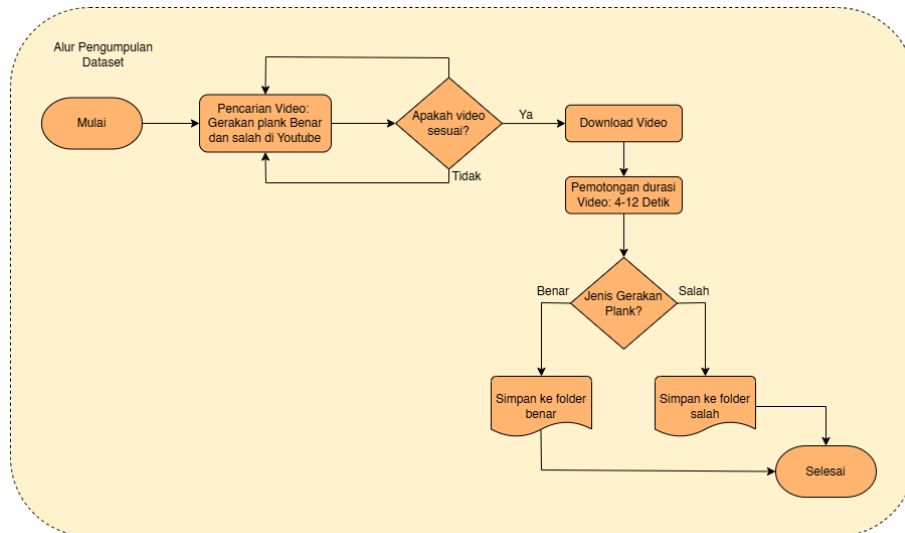
Sebelum ke tahap pemodelan, *dataset* untuk melatih model harus disiapkan terlebih dahulu. *Dataset* dirancang menggunakan video gerakan plank yang diperoleh dari *platfom* YouTube dengan format .MP4 dengan resolusi Minimal 720p. seperti yang sudah dijelaskan pada kebutuhan pengembangan model sebelumnya, video yang diperoleh kemudian dipilih dan dipotong sesuai durasi yang telah ditentukan agar hanya bagian gerakan plank yang relevan saja yang digunakan dalam penelitian. Adapun Alur Pengumpulan *dataset* terlihat pada Gambar 4.1.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 1 Alur Pengumpulan dan Pembuatan *dataset*

Dataset pada penelitian ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu gerakan benar dan gerakan salah. Yang kemudian dilakukan proses pengelompokan *dataset* untuk mempermudah proses pelabelan data sebelum digunakan pada tahap selanjutnya. Dikarenakan *dataset* ini di buat secara mandiri jadi dapat lebih mudah untuk memisahkan gerakan yang benar dan salah dari tahap awal dengan cara memberikan perbedaan nama *file* pada masing masing gerakan. Seluruh video yang digunakan juga telah melalui proses validasi oleh Personal *Trainer* untuk memastikan bahwa gerakan yang sudah dikumpulkan sesuai dengan kategori yang ditentukan. Adapun data hasil validasi Personal *Trainer* bisa dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 *Dataset* Hasil Validasi Personal *Trainer*

No.	Nama Video	Gerakan B/S	Alasan
1.	Plank_2	Benar	posisi pas untuk general, punggung terlihat lurus
2.	Plank_4	Benar	posisi pas untuk general, Otot core bekerja
3.	Plank_5	Benar	posisi pas untuk general, bokong/ core tidak lebih tinggi dari pundak
4.	Plank_8	Benar	posisi tepat, Core bekerja, panggul agak di tekuk ke dalam

5.	Plank_01	Salah	bokong terlalu naik
6.	Plank_03	Salah	bagian perut dan bokong terlalu turun
7.	Plank_07	Salah	bokong terlalu turun, Otot Core kurang bekerja
8.	Plank_011	Salah	Pinggul terlalu naik keatas

Pada penelitian ini terdapat 86 *dataset* video gerakan plank yang telah divalidasi oleh Personal Trainer terdiri dari 38 *dataset* gerakan benar dan 48 *dataset* gerakan salah. Namun, *dataset* yang digunakan pada proses penelitian hanya sebanyak 60 *dataset* dengan pembagian yang seimbang, yaitu 30 *dataset* gerakan benar dan 30 *dataset* gerakan salah terdapat pada halaman lampiran. Tabel 4.7 tersebut merupakan sebagian dari *dataset* yang digunakan pada penelitian ini. Penamaan file dibuat berbeda untuk mempermudah proses pelabelan data, dimana file yang tidak menggunakan angka “0” menunjukkan gerakan benar, sedangkan file yang menggunakan angka “0” menunjukkan gerakan salah.

4.2.1.2 Ekstraksi Fitur dan Pembentukan Sinyal Time-series

Setelah proses pengumpulan dan pembuatan *dataset* selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan *splitting dataset* sebelum proses ekstraksi fitur dilakukan. Pembagian dataset pada penelitian ini menggunakan metode *Hold-out Validation*, yaitu teknik validasi yang membagi *dataset* ke dalam data pelatihan (*training set*) dan data pengujian (*testing set*) untuk mengevaluasi kinerja model. Terlihat pada Gambar 4.2 *Dataset* yang sebelumnya telah dikelompokkan ke dalam folder gerakan benar dan salah kemudian dibagi menjadi data *Training* dan data *Testing* dengan perbandingan 80:20 menggunakan metode *random shuffle*. Proses *random shuffle* dilakukan untuk mengacak data agar distribusi *dataset* lebih bervariasi dan mengurangi kemungkinan bias pada saat proses pelatihan model.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

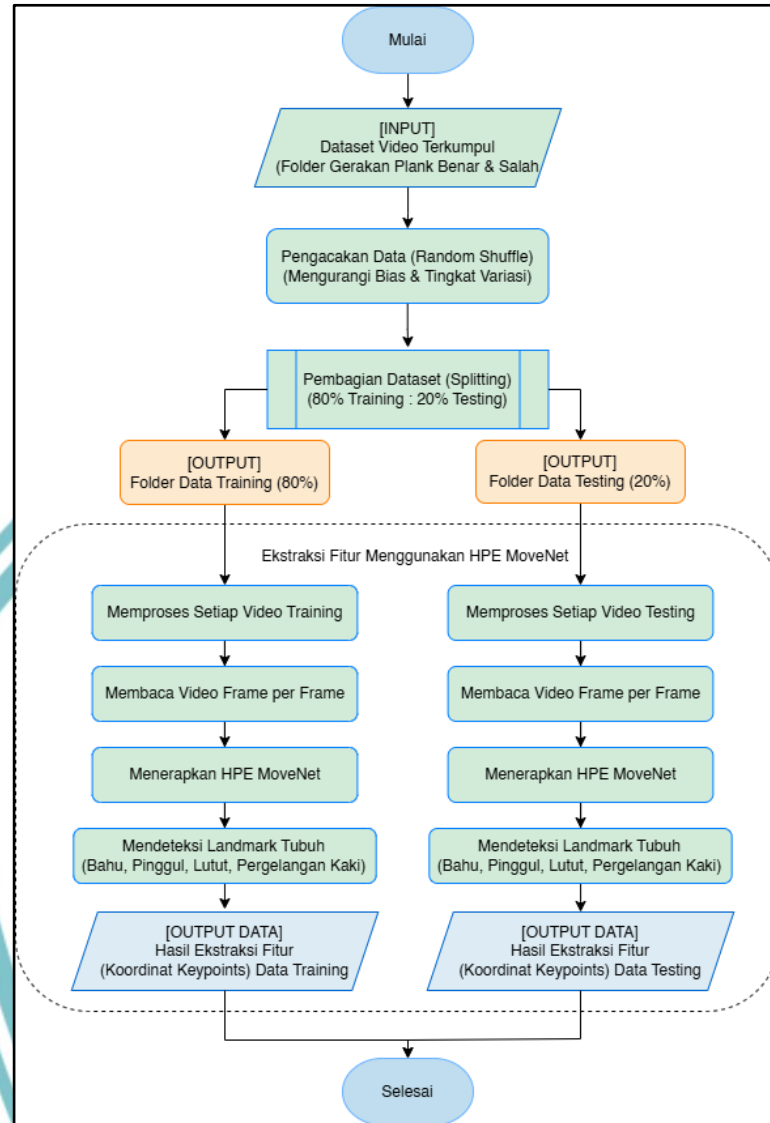
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 2 Alur *Ekstraksi* Fitur dan Pembentukan Data Sinyal-*Time-series*

Hasil *splitting dataset* menghasilkan folder baru yang terdiri dari data *Training* dan data *Testing*. *Dataset* pada folder tersebut kemudian digunakan pada proses *ekstraksi* fitur menggunakan *Human Pose Estimation (MoveNet)*. Pada tahap ini, setiap video diproses *frame per frame* untuk mendeteksi *landmark* dan menghasilkan koordinat X, Y serta nilai *confidence (Conf)* sebagai urutan tingkat kepercayaan deteksi.

Hasil akhir dari proses *ekstraksi* fitur tersebut disimpan ke dalam dua file berbentuk .csv yang kemudian akan digunakan pada tahap selanjutnya, yaitu proses *pre-processing* data sebelum dilakukan pelatihan model.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.2.1.3 Perancangan *Pre-processing* Data

Setelah proses *ekstraksi* fitur dan pembentukan sinyal *time-series* selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan *pre-processing* data. proses *pre-processing* diawali dengan normalisasi data menggunakan metode *Min-Max Normalization* untuk mengubah rentang nilai setiap fitur ke skala tertentu sehingga perbedaan nilai antar fitur tidak mempengaruhi proses pelatihan model. Proses normalisasi dilakukan menggunakan *MinMaxScaler* dari pustaka *Scikit-learn* dengan menerapkan proses *fit* pada data *Training* dan *transform* pada data *Testing*. Penerapan *fit* hanya dilakukan pada data *Training* untuk mencegah terjadinya *data leakage* selama proses pelatihan model.

Hasil dari proses normalisasi kemudian disimpan ke dalam dua file.csv baru yang selanjutnya digunakan pada proses *segmentasi* data menggunakan metode *sliding window*. Metode ini digunakan untuk membentuk *sequence data* dari sinyal *time-series* yang akan menghasilkan data dalam format *array x_Train, y_Train, x_Test, dan y_Test* sehingga data dapat digunakan sebagai *input* model *Hybrid Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory (CNN-LSTM)*.

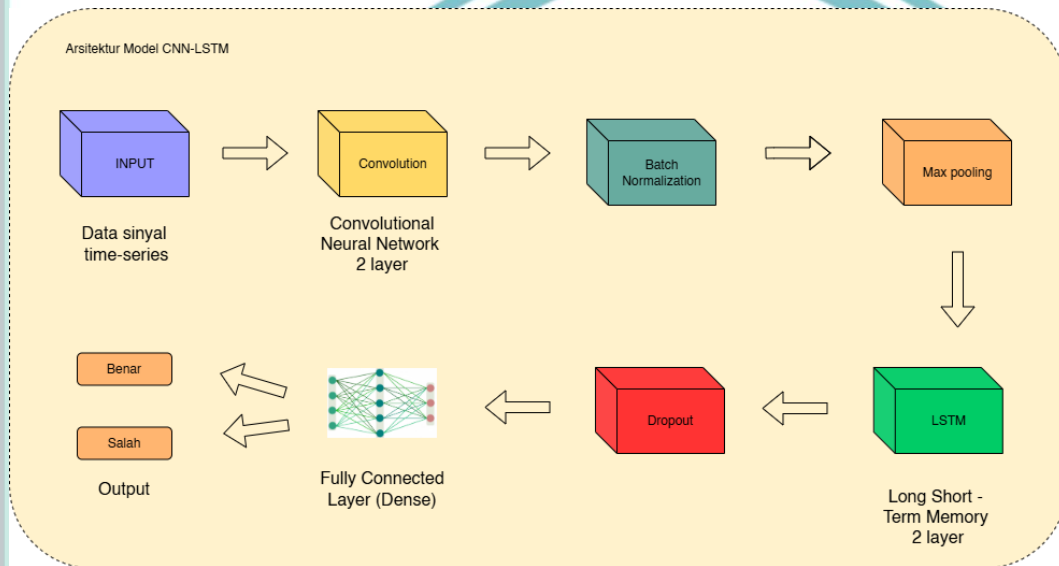
4.2.1.4 Pelatihan Model *Deep learning*

Setelah proses *pre-processing* data selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan pelatihan model *deep learning* menggunakan arsitektur *Hybrid Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory (CNN-LSTM)*. Proses pelatihan dilakukan menggunakan data *sequence* hasil *pre-processing* yang telah disusun dalam bentuk sinyal *time-series*.

Data hasil *pre-processing* menghasilkan data tiga dimensi dengan bentuk (*jumlah sequence, jumlah frame, jumlah fitur*) yang digunakan sebagai *input* model. Bentuk data tersebut memungkinkan model mempelajari pola spasial dan temporal dari perubahan sudut persendian tubuh pada setiap *frame* gerakan plank.

Model dibangun menggunakan *framework TensorFlow* dan menggunakan beberapa *Arsitektur* model yang terdiri dari dua *layer Conv1D*, dua *layer*

MaxPooling1D, dua layer LSTM, *Dropout*, dan *Dense layer*. Selain itu, digunakan *Batch Normalization* untuk menjaga stabilitas distribusi data selama proses pelatihan, dan digunakan *Dropout* untuk mengurangi terjadinya *overfitting*. Adapun arsitektur model CNN-LSTM yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Arsitektur Model CNN-LSTM

Proses pelatihan model dilakukan dengan menentukan beberapa *hyperparameter* seperti *epoch*, *batch size*, *learning rate*, *optimizer*, *activation function*, dan *loss function*. Model yang telah melalui proses pelatihan selanjutnya digunakan pada tahap implementasi sistem untuk diintegrasikan ke dalam aplikasi Android sehingga dapat digunakan pada proses evaluasi gerakan secara langsung.

4.2.2 Perancangan Aplikasi Android

Setelah proses perancangan model *deep learning* selesai dilakukan, dan kebutuhan *funksional* dan *non-fungsional* telah ditentukan, tahap selanjutnya adalah melakukan perancangan aplikasi Android sebagai media implementasi sistem. Perancangan ini dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai interaksi pengguna dengan sistem, alur proses aplikasi, serta tampilan antarmuka sebelum aplikasi diimplementasikan.

Hak Cipta :

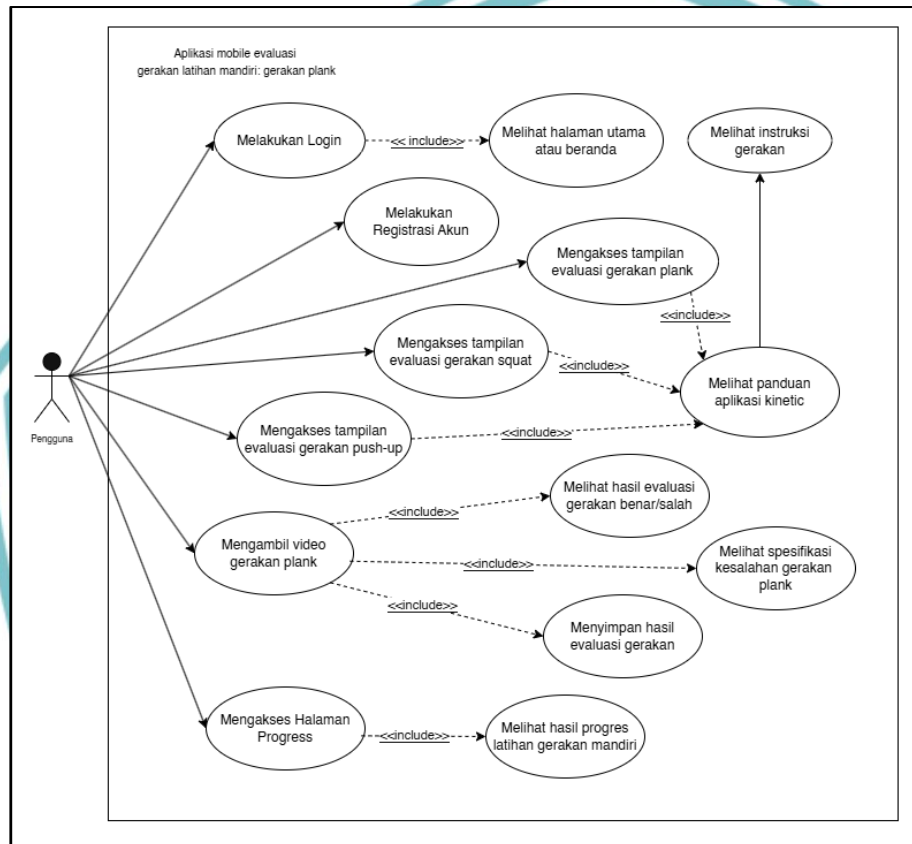
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.2.2.1 Use case diagram

Berikut merupakan *use case diagram* untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dan sistem serta menunjukkan fitur-fitur yang tersedia pada aplikasi Terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Use case diagram

Berdasarkan Gambar 4.4 ini merupakan *Use case diagram* (UCD) aplikasi Kinetic yang menggambarkan interaksi antara pengguna dengan aplikasi dalam proses evaluasi gerakan plank secara mandiri. Pengguna dapat melakukan *registrasi* dan *login* untuk mengakses aplikasi, melihat halaman beranda, instruksi gerakan, serta panduan penggunaan aplikasi pada masing masing card dari gerakan. Selain itu, pengguna dapat mengakses fitur evaluasi gerakan plank dengan merekam gerakan menggunakan kamera perangkat Android, kemudian aplikasi akan melakukan analisis dan menampilkan hasil evaluasi berupa kategori gerakan benar atau salah beserta spesifikasi kesalahan yang terdeteksi. Hasil evaluasi tersebut dapat disimpan dan ditampilkan kembali pada halaman progres.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

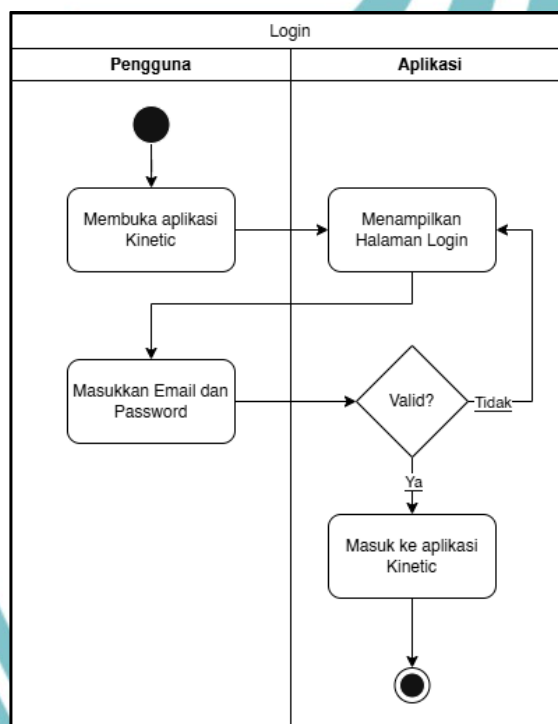
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.2.2.2 Activity diagram

Activity diagram digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas yang terjadi pada aplikasi Android mulai dari interaksi pengguna hingga aplikasi memberikan hasil keluaran. Diagram ini digunakan untuk memperjelas urutan proses yang dilakukan pengguna dan respons sistem pada setiap fitur yang tersedia pada aplikasi.

4.2.2.2.1 Activity diagram Login

Berikut merupakan *activity diagram login* untuk menggambarkan urutan aktivitas yang dilakukan pengguna dan aplikasi selama proses masuk ke dalam aplikasi terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Activity diagram Login

Berdasarkan Gambar 4.5 proses diawali ketika pengguna membuka aplikasi, kemudian menampilkan halaman *login*. Selanjutnya pengguna bisa memasukkan *email* dan *password* untuk dilakukan validasi oleh aplikasi. Jika data yang dimasukkan tidak valid, akan menampilkan kembali halaman *login*. Namun, apabila data valid, pengguna berhasil masuk kedalam aplikasi Kinetic dan dapat mengakses fitur yang tersedia.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

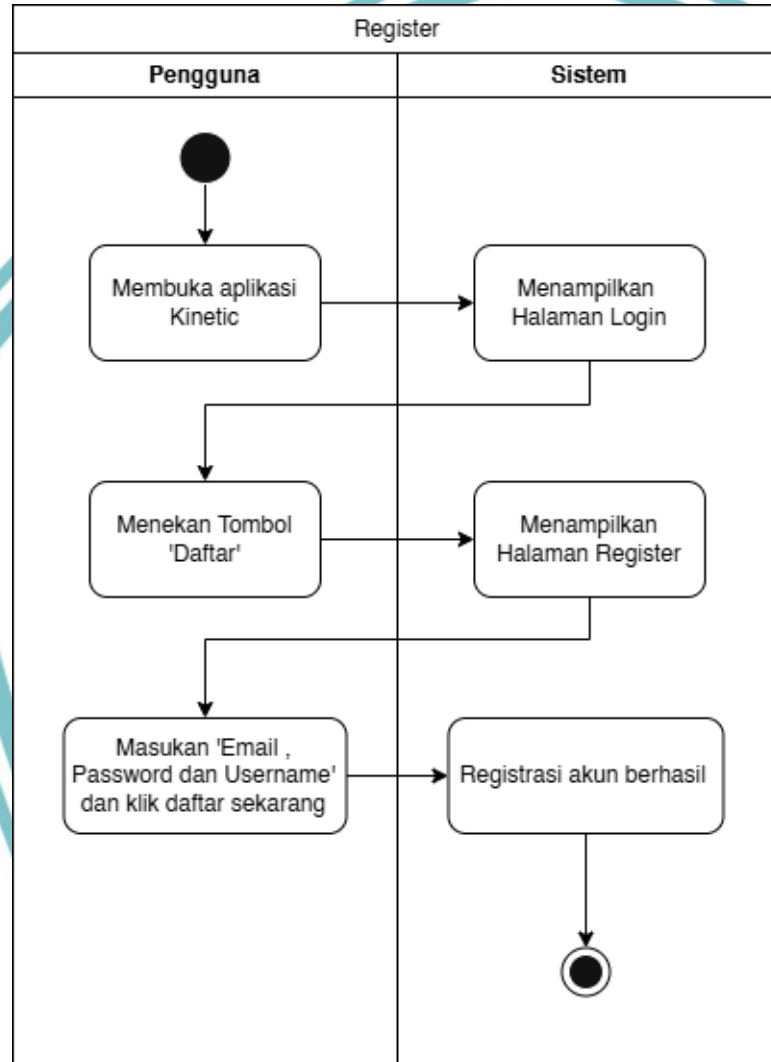
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.2.2.2.2 Activity diagram Register

Berikut merupakan *activity diagram register* untuk menggambarkan urutan aktivitas yang dilakukan pengguna dan aplikasi selama proses pembuatan akun baru pada aplikasi terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Activity diagram Register

Berdasarkan Gambar 4.6 proses diawali ketika pengguna membuka aplikasi, kemudian menampilkan halaman *login*. Selanjutnya, pengguna dapat menekan tombol Daftar sehingga aplikasi menampilkan halaman *registrasi*. Pengguna kemudian mengisi data yang diperlukan, seperti *email*, *username*, dan *password*, lalu menekan tombol daftar. Setelah data berhasil diproses, sistem akan membuat akun baru dan langsung masuk kedalam aplikasi.

Hak Cipta :

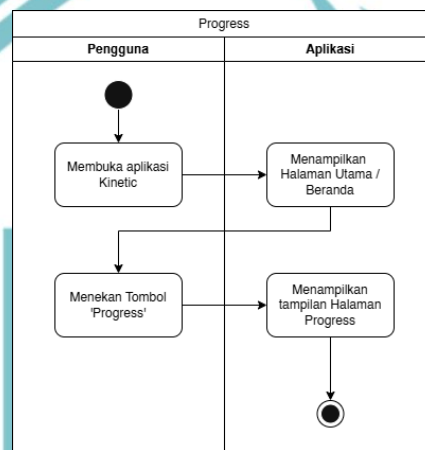
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.2.2.2.3 Activity diagram Progress

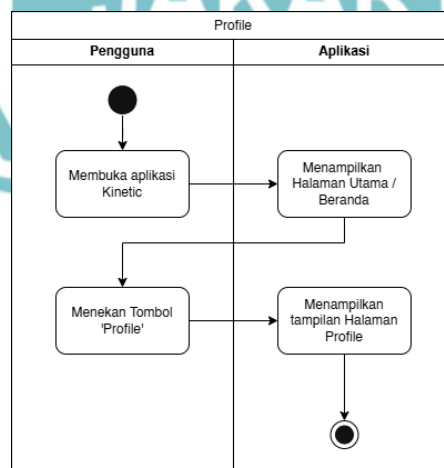
Berdasarkan Gambar 4.7 proses diawali ketika pengguna membuka aplikasi, kemudian menampilkan halaman utama atau beranda. Selanjutnya, pengguna menekan tombol Progress, sehingga aplikasi menampilkan halaman progress yang berisi informasi mengenai perkembangan hasil evaluasi latihan yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 4. 7 Activity diagram Progress

4.2.2.2.4 Activity diagram Profile

Berikut merupakan *activity diagram profile* untuk menggambarkan urutan aktivitas yang dilakukan pengguna dan aplikasi saat mengakses halaman profil pada aplikasi terlihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Activity diagram Profile

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

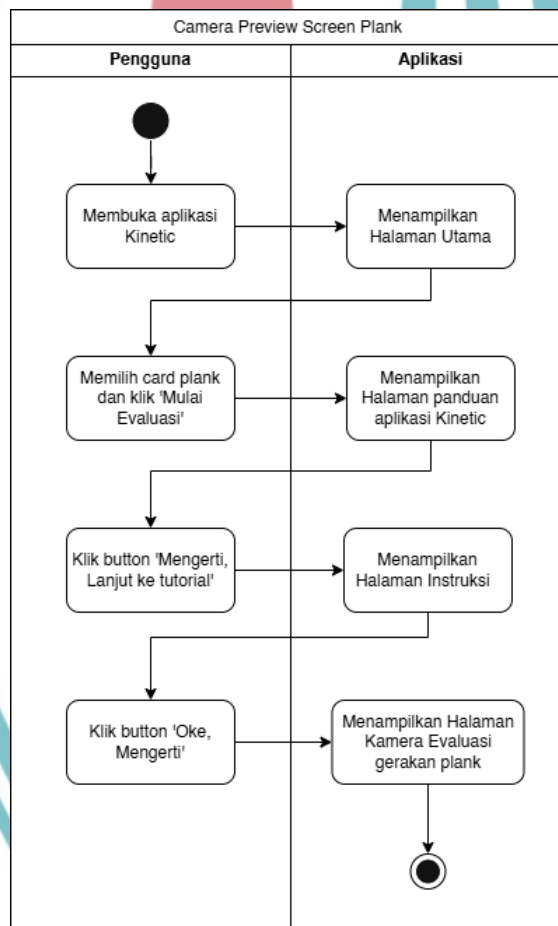
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan Gambar 4.8 proses diawali ketika pengguna membuka aplikasi, kemudian menampilkan halaman utama atau beranda. Selanjutnya, pengguna menekan tombol *Profile*, sehingga aplikasi menampilkan halaman *profile* yang berisi informasi akun pengguna.

4.2.2.2.5 Activity diagram Camera screen

Berikut merupakan *activity diagram camera screen* untuk menggambarkan urutan aktivitas yang dilakukan pengguna dan aplikasi saat mengakses fitur evaluasi gerakan plank pada aplikasi terlihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Activity diagram Camera screen

Berdasarkan Gambar 4.9 proses diawali ketika pengguna membuka aplikasi, kemudian menampilkan halaman utama. Selanjutnya, pengguna memilih menu evaluasi gerakan plank dan menekan tombol mulai evaluasi sehingga aplikasi menampilkan halaman panduan penggunaan. Setelah pengguna menekan tombol

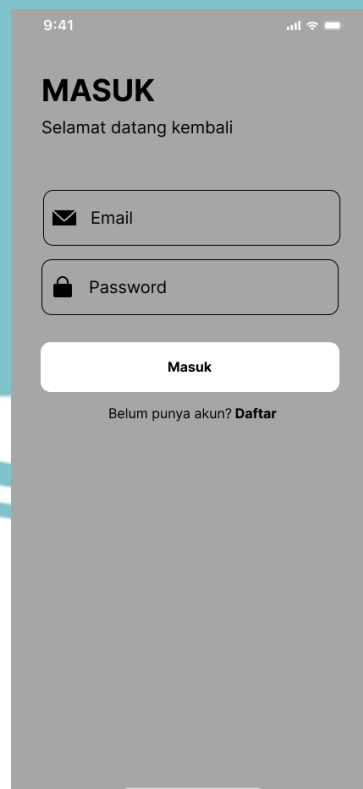
lanjut aplikasi akan menampilkan halaman instruksi yang harus dipahami sebelum evaluasi dilakukan. Pengguna kemudian menekan tombol oke mengerti untuk melanjutkan proses evaluasi, sehingga aplikasi menampilkan halaman kamera yang digunakan untuk melakukan evaluasi gerakan plank secara *real-time*.

4.2.2.3 Wireframe

Wireframe digunakan untuk memberikan gambaran awal mengenai tampilan antarmuka aplikasi sebelum proses implementasi dilakukan. Perancangan *wireframe* bertujuan untuk menentukan susunan komponen, tata letak halaman, serta alur navigasi aplikasi agar proses implementasi dapat dilakukan secara lebih terstruktur.

4.2.2.3.1 Wireframe Halaman Login

Berikut merupakan *wireframe* halaman *login* untuk menggambarkan rancangan antarmuka yang digunakan pengguna untuk masuk ke dalam aplikasi terlihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Wireframe Halaman Login

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

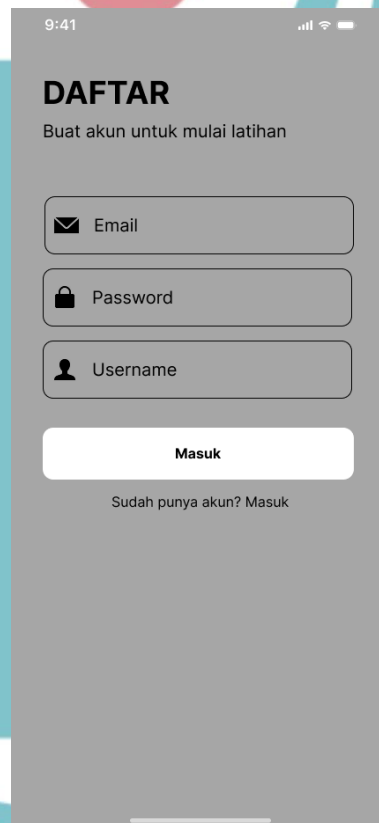
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Terlihat pada Gambar 4.10 menunjukkan *wireframe* halaman *login* dirancang sebagai tampilan awal yang digunakan pengguna untuk mengakses aplikasi Kinetik. Halaman ini menyediakan form autentikasi berupa input *email* dan *password* serta tombol masuk yang berfungsi untuk memvalidasi akun pengguna. Terdapat juga tombol daftar untuk masuk ke halaman *registrasi*

4.2.2.3.2 Wireframe Halaman Register

Berikut merupakan *wireframe* halaman *register* untuk menunjukkan rancangan tampilan yang digunakan pengguna untuk membuat akun baru pada aplikasi terlihat pada Gambar 4.11.



The image shows a mobile app wireframe for a registration page titled "DAFTAR". Below the title is the subtitle "Buat akun untuk mulai latihan". There are three input fields: "Email" with an envelope icon, "Password" with a lock icon, and "Username" with a person icon. Below these fields is a white button labeled "Masuk". At the bottom, there is a link that says "Sudah punya akun? Masuk". The background of the wireframe is a light gray, and it is overlaid on a large, faint blue and white logo of Politeknik Negeri Jakarta.

Gambar 4. 11 Wireframe Register

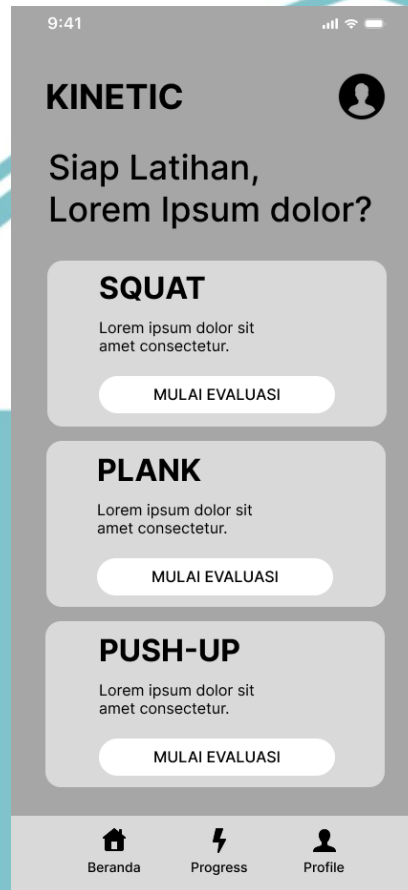
Terlihat pada Gambar 4.11 *wireframe* halaman *registrasi* dirancang sebagai tampilan yang digunakan pengguna untuk membuat akun baru pada aplikasi Kinetik. Halaman ini menyediakan form pendaftaran yang berisi data pengguna yang diperlukan untuk proses *registrasi* sehingga pengguna dapat memperoleh akun.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.2.2.3.3 Wireframe Halaman Utama

Berikut merupakan Wireframe halaman utama menunjukkan rancangan tampilan yang menjadi pusat navigasi pengguna pada aplikasi terlihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Wireframe Halaman Utama

Terlihat pada Gambar 4.12 *wireframe* halaman utama dirancang sebagai tampilan yang menjadi pusat navigasi pengguna setelah berhasil masuk ke dalam aplikasi Kinetik. Halaman ini menyediakan akses ke fitur evaluasi gerakan latihan mandiri yang tersedia, sehingga pengguna dapat memilih jenis latihan yang ingin dievaluasi sebelum melanjutkan ke proses analisis gerakan.

4.2.2.3.4 Wireframe Halaman Instruction

Terlihat pada Gambar 4.13 *wireframe* halaman *Instruction* dirancang sebagai tampilan yang memberikan informasi dan langkah-langkah pelaksanaan gerakan plank yang benar sebelum pengguna melakukan evaluasi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 13 Wireframe Halaman Instruction

4.2.2.3.5 Wireframe Halaman Tutorial

Berikut tampilan wireframe halaman tutorial terlihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Wireframe Halaman Tutorial

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

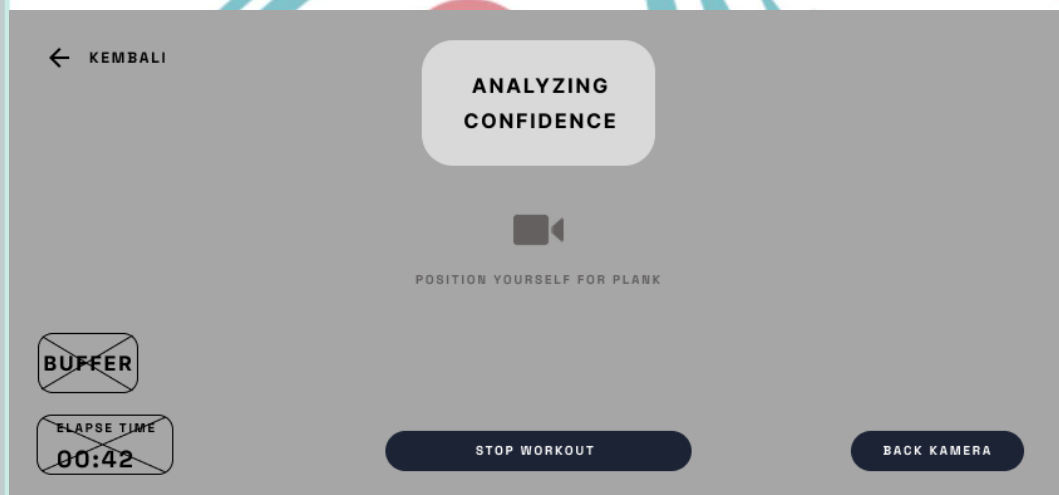
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Terlihat pada Gambar 4.14 *wireframe* halaman tutorial dirancang sebagai tampilan yang memberikan informasi tambahan mengenai gerakan plank melalui media visual dan penjelasan singkat.

4.2.2.3.6 Wireframe Halaman Camera screen

Berikut merupakan Wireframe halaman camera screen menunjukkan rancangan tampilan yang digunakan untuk proses evaluasi gerakan plank secara real-time pada aplikasi terlihat pada gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Wireframe Halaman Camera screen

Terlihat pada Gambar 4.15 *wireframe* halaman camera screen dirancang sebagai tampilan utama untuk proses evaluasi gerakan plank secara *real-time*. Halaman ini digunakan untuk menampilkan hasil analisis gerakan yang dilakukan oleh aplikasi.

4.2.2.3.7 Wireframe Halaman Progress

Terlihat pada Gambar 4.16 *wireframe* halaman progress dirancang sebagai tampilan yang digunakan untuk memantau perkembangan hasil evaluasi gerakan yang telah dilakukan oleh pengguna. Halaman ini menampilkan informasi progres latihan, hasil evaluasi terkini, serta riwayat latihan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

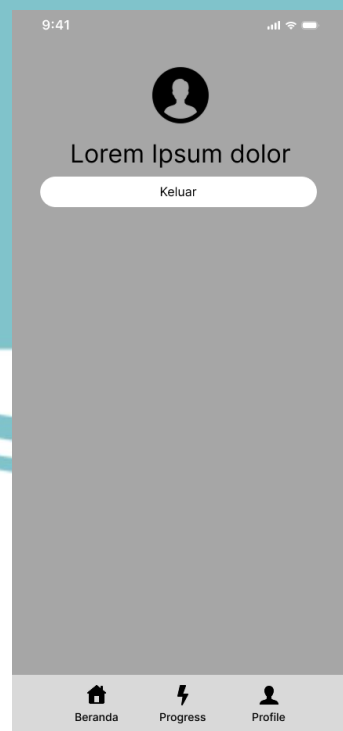
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 16 Wireframe Halaman Progres

4.2.2.3.8 Wireframe Halaman Profile

Berikut tampilan wireframe halaman tutorial terlihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Wireframe Halaman Profile

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Terlihat pada Gambar 4.17 *wireframe* halaman *profile* dirancang sebagai tampilan yang digunakan untuk menampilkan informasi akun pengguna pada aplikasi Kinetic. Halaman ini juga menyediakan fitur keluar (*logout*) yang memungkinkan pengguna mengakhiri sesi penggunaan aplikasi dan kembali ke halaman *login*.

4.3 Implementasi Sistem Aplikasi

Setelah tahap perancangan sistem selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah implementasi sistem aplikasi. Tahap implementasi dilakukan untuk merealisasikan hasil perancangan yang telah dibuat sebelumnya ke dalam bentuk aplikasi yang dapat dijalankan. Implementasi pada penelitian ini meliputi implementasi model *deep learning* serta implementasi aplikasi Android yang telah terintegrasi dengan model yang dikembangkan. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan dan fungsi yang telah dirancang sebelumnya.

4.3.1 Implementasi Model *Deep Learning*

Tahap implementasi model dilakukan untuk merealisasikan hasil perancangan yang telah dibuat sebelumnya ke dalam bentuk model yang dapat digunakan pada sistem. Implementasi ini meliputi proses penggunaan *dataset*, *ekstraksi* fitur, *pre-processing* data, pelatihan model, hingga konversi model agar dapat diintegrasikan ke aplikasi Android. Tahap ini bertujuan untuk memastikan model yang dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem dan menghasilkan performa yang baik dalam proses evaluasi gerakan.

4.3.1.1 Implementasi *Dataset*

Tahap implementasi *dataset* dilakukan menggunakan *dataset* video gerakan plank yang telah melalui proses pengumpulan, seleksi, dan validasi sebelumnya. *Dataset* yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 60 video dengan pembagian yang seimbang, yaitu 30 video gerakan benar dan 30 video gerakan salah. Pemilihan jumlah *dataset* tersebut dilakukan untuk menjaga keseimbangan jumlah data pada setiap kelas (*class balance*) serta memastikan bahwa *dataset* yang digunakan memiliki kualitas video yang baik, seperti sudut pengambilan gambar yang sesuai,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

pencapaian yang memadai, dan gerakan plank yang terlihat dengan jelas. Sehingga dapat membantu model mempelajari pola gerakan secara lebih optimal dan mengurangi potensi bias selama proses pelatihan.

Pada tahap implementasi, dataset yang sebelumnya dikelompokkan ke dalam folder gerakan benar dan salah kemudian dilakukan proses *splitting* menggunakan metode *Hold-out Validation*, yaitu metode validasi yang membagi *dataset* menjadi data *training* dan data *testing* untuk mengevaluasi kemampuan model dalam melakukan generalisasi terhadap data yang belum pernah digunakan selama proses pelatihan. Proses pembagian data dilakukan menggunakan metode *random shuffle* dengan perbandingan 80:20 sesuai dengan hasil pengujian yang sudah dilakukan mengenai *splitting* dataset terbaik. Proses *random shuffle* dilakukan untuk mengacak susunan data sehingga distribusi dataset menjadi lebih bervariasi dan mengurangi kemungkinan terjadinya bias pada proses pelatihan model.

Hasil proses *splitting* menghasilkan dua kelompok data, yaitu data *training* dan data *testing*. Dari total 60 video yang digunakan, sebanyak 48 video digunakan sebagai data *training* dan 12 video digunakan sebagai data *testing*. Adapun implementasi pembagian dataset pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Pembagian *Dataset*

No	Kategori	Jumlah Data
1.	Gerakan Benar	30
2.	Gerakan Salah	30
3.	Data <i>Training</i> (80%)	48
4.	Data <i>Testing</i> (20%)	12

Berdasarkan hasil *splitting* tersebut, data *training* dan data *testing* selanjutnya digunakan pada proses ekstraksi fitur dan tahapan pengembangan model berikutnya. Dengan jumlah data pelatihan yang lebih besar dan data pengujian yang memadai, model dapat mempelajari pola gerakan plank secara optimal serta memiliki kemampuan generalisasi yang baik ketika dihadapkan pada data baru yang belum pernah digunakan selama proses pelatihan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.3.1.2 Implementasi Ekstraksi Fitur Dan Pembentukan Data Time-Series

Tahap implementasi ekstraksi fitur dilakukan menggunakan metode *Human Pose Estimation (MoveNet SinglePose Thunder)* untuk memperoleh informasi pose tubuh dari setiap video gerakan plank. Proses ekstraksi dilakukan terhadap data *Training* dan *Testing* yang sebelumnya telah melalui proses *splitting dataset*.

Pada tahap ini, setiap video diproses secara *frame per frame* untuk mendeteksi *landmark* tubuh. *Landmark* yang digunakan terdiri dari bahu (*shoulder*), pinggul (*hip*), lutut (*knee*), dan pergelangan kaki (*ankle*) pada sisi kiri dan kanan tubuh. Jadinya setiap *landmark* menghasilkan tiga informasi berupa koordinat sumbu x, koordinat sumbu y, dan nilai *confidence score* yang menunjukkan tingkat keyakinan hasil deteksi pose.

Hasil ekstraksi fitur menghasilkan sebanyak 24 fitur, yang terdiri dari delapan titik *landmark* tubuh dengan masing-masing nilai koordinat x, y, dan *confidence score*. Data hasil ekstraksi kemudian disimpan dalam format .csv dan menghasilkan dua file yang berisi informasi detail seperti nama video, nomor *frame*, nilai fitur hasil ekstraksi, serta label klasifikasi gerakan. Adapun hasil dari ekstraksi fitur yang sudah dilakukan terlihat pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19.

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	video_name	frame	L_shoulder	L_shoulder	L_shoulder	R_shoulder	R_shoulder	L_hip	L_hip	L_hip	R_hip	R_hip	L_knee	L_knee	L_knee	R_knee	R_knee	L_ankle	L_ankle	L_ankle	R_ankle
1	Plank_10.mp4	0	0.369639	0.604269	0.531649	0.382932	0.588952	0.76166	0.549651	0.604043	0.539657	0.551262	0.595909	0.608645	0.668271	0.628471	0.587815	0.663553	0.614059	0.527774	1
2	Plank_10.mp4	1	0.369544	0.604491	0.53551	0.382842	0.588972	0.755306	0.549585	0.605162	0.538892	0.55151	0.596662	0.616351	0.668003	0.628433	0.589613	0.663657	0.613657	0.546344	1
3	Plank_10.mp4	2	0.369482	0.604563	0.534116	0.382738	0.589026	0.758549	0.549266	0.604735	0.538349	0.551147	0.59629	0.613392	0.668253	0.62825	0.574789	0.664405	0.613624	0.524471	1
4	Plank_10.mp4	3	0.369357	0.604788	0.540414	0.38215	0.589139	0.760775	0.549229	0.604927	0.535238	0.551192	0.59626	0.610936	0.668134	0.62869	0.589452	0.664388	0.613668	0.532751	1
5	Plank_10.mp4	4	0.369287	0.605	0.550186	0.382328	0.589479	0.764248	0.549181	0.605109	0.537983	0.551211	0.596576	0.619229	0.667973	0.628465	0.588272	0.664471	0.613635	0.53265	1
6	Plank_10.mp4	5	0.369021	0.605261	0.552851	0.381784	0.589741	0.765196	0.548905	0.604892	0.539077	0.55108	0.596328	0.618266	0.668501	0.62881	0.58552	0.664798	0.613501	0.533861	1
7	Plank_10.mp4	6	0.369007	0.604986	0.542063	0.381714	0.589209	0.771621	0.548754	0.604957	0.538879	0.550835	0.596171	0.618528	0.668502	0.628916	0.590844	0.664814	0.613442	0.538966	1
8	Plank_10.mp4	7	0.368857	0.605025	0.547459	0.381899	0.589433	0.769342	0.548983	0.605026	0.540428	0.550813	0.596413	0.623422	0.667747	0.628872	0.601754	0.664286	0.613557	0.536878	1
9	Plank_10.mp4	8	0.369269	0.604915	0.543555	0.382462	0.589716	0.761521	0.551204	0.605004	0.552248	0.553635	0.596765	0.620568	0.666911	0.628437	0.600216	0.663651	0.613319	0.523201	1
10	Plank_10.mp4	9	0.369372	0.604877	0.540444	0.382409	0.589754	0.763815	0.550928	0.605129	0.549531	0.553107	0.596771	0.62011	0.667215	0.628321	0.602364	0.663586	0.613168	0.526203	1
11	Plank_10.mp4	10	0.369272	0.605149	0.549083	0.382503	0.589732	0.76584	0.551599	0.604904	0.553683	0.553813	0.596235	0.616607	0.668161	0.628434	0.582981	0.664613	0.612962	0.507857	1
12	Plank_10.mp4	11	0.368992	0.605057	0.543863	0.382368	0.589379	0.770703	0.551154	0.605006	0.54964	0.553383	0.596398	0.621069	0.667976	0.62845	0.586997	0.664129	0.612622	0.52938	1
13	Plank_10.mp4	12	0.368686	0.605059	0.54418	0.382275	0.589256	0.772148	0.55089	0.605296	0.555414	0.553029	0.596375	0.62015	0.667224	0.62845	0.585261	0.663975	0.612547	0.525008	1
14	Plank_10.mp4	13	0.368793	0.604744	0.536615	0.382502	0.589188	0.768955	0.55186	0.605098	0.55747	0.554002	0.596918	0.61717	0.665983	0.628533	0.576196	0.663464	0.613265	0.515022	1
15	Plank_10.mp4	14	0.368834	0.604633	0.538074	0.382388	0.58916	0.774048	0.551706	0.60517	0.555215	0.55389	0.597097	0.617537	0.666051	0.628615	0.576549	0.663573	0.613458	0.51446	1
16	Plank_10.mp4	15	0.368021	0.604972	0.550186	0.382225	0.589678	0.77502	0.550002	0.604415	0.56189	0.552265	0.596595	0.623465	0.667628	0.62852	0.563649	0.664508	0.613361	0.50135	1
17	Plank_10.mp4	16	0.367937	0.60535	0.558052	0.381853	0.589744	0.776727	0.550494	0.604661	0.563091	0.55278	0.596642	0.621747	0.667323	0.628553	0.568617	0.664125	0.613186	0.507121	1
18	Plank_10.mp4	17	0.36805	0.604901	0.549596	0.382003	0.589387	0.775762	0.54946	0.60388	0.556667	0.551647	0.59667	0.624228	0.668095	0.628504	0.5497	0.664561	0.61324	0.484443	1
19	Plank_10.mp4	18	0.367572	0.605628	0.563272	0.382366	0.589299	0.776776	0.549155	0.604399	0.559927	0.551623	0.596323	0.628691	0.667732	0.629426	0.546393	0.664204	0.612906	0.474759	1
20	Plank_10.mp4	19	0.367119	0.605931	0.568068	0.383208	0.589158	0.765882	0.54884	0.604095	0.562325	0.551245	0.595988	0.628269	0.667387	0.630515	0.537278	0.663877	0.61315	0.453167	1
21	Plank_10.mp4	20	0.367308	0.605897	0.570442	0.383602	0.58914	0.766124	0.550129	0.604751	0.572056	0.552736	0.596579	0.629776	0.666469	0.630908	0.535358	0.663174	0.613647	0.438406	1
22	Plank_10.mp4	21	0.367407	0.606713	0.580157	0.38297	0.589463	0.768369	0.552114	0.606332	0.560462	0.558313	0.597308	0.514259	0.664292	0.631685	0.555332	0.661742	0.613898	0.441609	1
23	Plank_10.mp4	22	0.368025	0.606592	0.576217	0.382942	0.589922	0.765417	0.553764	0.607142	0.536886	0.560153	0.598159	0.537168	0.66377	0.631607	0.57547	0.66113	0.615039	0.47617	1
24	Plank_10.mp4	23	0.367886	0.606439	0.574983	0.383248	0.590061	0.761328	0.55531	0.610723	0.569304	0.559414	0.598784	0.528252	0.664686	0.631798	0.566538	0.661739	0.615172	0.482415	1
25	Plank_10.mp4	24	0.367965	0.606559	0.578369	0.383103	0.590359	0.760653	0.5599	0.610656	0.496127	0.560359	0.599006	0.540329	0.664589	0.632181	0.56475	0.661496	0.615966	0.475018	1
26	Plank_10.mp4	25	0.367801	0.606327	0.571999	0.382926	0.590047	0.771038	0.559573	0.611333	0.496666	0.560219	0.59919	0.536337	0.66468	0.632215	0.557957	0.662012	0.615238	0.479629	1
27	Plank_10.mp4	26	0.367747	0.606184	0.574978	0.382631	0.590205	0.771818	0.555195	0.611173	0.572391	0.559569	0.599538	0.524681	0.664383	0.632431	0.564373	0.661719	0.615357	0.477515	1
28	Plank_10.mp4	27	0.367732	0.606028	0.569826	0.383000	0.590732	0.773668	0.555366	0.611241	0.555765	0.573708	0.590231	0.49089	0.664863	0.632003	0.585187	0.661581	0.615826	0.480036	1

Gambar 4. 18 Train Keypoint Hasil Ekstraksi Landmark Tubuh

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	video_name	frame	l_shoulder	l_shoulder	l_shoulder	l_shoulder	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip	l_hip
2	Plank_11.mp4	0	0.327304	0.573319	0.68224	0.343305	0.561467	0.589315	0.521037	0.553866	0.565938	0.52256	0.54539	0.501544	0.680769	0.609056	0.714106	0.673768	0.606854	0.504986
3	Plank_11.mp4	1	0.327238	0.573652	0.680862	0.342682	0.561702	0.586778	0.521844	0.55329	0.584517	0.522979	0.545306	0.513499	0.681047	0.608719	0.693529	0.673354	0.607172	0.491938
4	Plank_11.mp4	2	0.3277	0.573158	0.685639	0.342754	0.5615	0.589773	0.52143	0.554683	0.577962	0.52241	0.546579	0.493625	0.68142	0.609116	0.698759	0.673659	0.606773	0.473965
5	Plank_11.mp4	3	0.327822	0.573413	0.689654	0.343244	0.561663	0.588042	0.521851	0.553867	0.584982	0.522854	0.545817	0.501286	0.680364	0.609755	0.715452	0.673208	0.60781	0.488805
6	Plank_11.mp4	4	0.327253	0.574093	0.684508	0.343474	0.561769	0.587954	0.521609	0.553885	0.580953	0.522557	0.545694	0.501968	0.680114	0.609881	0.713481	0.673012	0.607828	0.492566
7	Plank_11.mp4	5	0.327428	0.574238	0.689559	0.343473	0.562093	0.592038	0.521783	0.553648	0.580951	0.522435	0.544651	0.508225	0.680563	0.609877	0.709851	0.672893	0.608443	0.497193
8	Plank_11.mp4	6	0.327068	0.57481	0.695288	0.343102	0.562031	0.59419	0.521384	0.553916	0.57639	0.522338	0.545376	0.497583	0.682704	0.610316	0.698293	0.673868	0.608216	0.481107
9	Plank_11.mp4	7	0.327067	0.575877	0.702844	0.342109	0.562516	0.588517	0.521175	0.553101	0.584071	0.521815	0.544345	0.501853	0.68275	0.610609	0.704842	0.680737	0.606138	0.598921
10	Plank_11.mp4	8	0.326772	0.57582	0.691793	0.342186	0.56279	0.58418	0.519637	0.552404	0.552658	0.518015	0.543531	0.565932	0.68103	0.61053	0.721783	0.673182	0.608557	0.510323
11	Plank_11.mp4	9	0.327206	0.576073	0.69562	0.341462	0.562816	0.573471	0.519632	0.552592	0.552531	0.518112	0.543457	0.656126	0.681065	0.610351	0.718458	0.673271	0.608367	0.510194
12	Plank_11.mp4	10	0.327275	0.576252	0.692316	0.341119	0.563191	0.577211	0.519521	0.55224	0.544973	0.517777	0.543214	0.665881	0.681355	0.610178	0.719367	0.673375	0.608167	0.515236
13	Plank_11.mp4	11	0.326247	0.576734	0.676915	0.342813	0.563191	0.580821	0.519405	0.553291	0.543745	0.51787	0.544717	0.650585	0.681443	0.609851	0.716365	0.6735	0.607567	0.50166
14	Plank_11.mp4	12	0.330388	0.576535	0.673855	0.343459	0.563104	0.581275	0.52062	0.555292	0.549495	0.518901	0.546707	0.635762	0.682822	0.610017	0.707867	0.673992	0.607858	0.488438
15	Plank_11.mp4	13	0.330707	0.575228	0.672213	0.341232	0.562213	0.568731	0.517673	0.553914	0.746164	0.517085	0.545815	0.663553	0.679409	0.610408	0.73734	0.672851	0.60745	0.52385
16	Plank_11.mp4	14	0.326513	0.576088	0.695762	0.34083	0.562526	0.573229	0.518774	0.556542	0.715421	0.520683	0.549259	0.640553	0.679356	0.610232	0.740346	0.673152	0.607027	0.528236
17	Plank_11.mp4	15	0.330321	0.57466	0.690489	0.341002	0.562472	0.575515	0.518229	0.557249	0.706981	0.520174	0.550211	0.640146	0.679172	0.610758	0.767383	0.672878	0.607306	0.544803
18	Plank_11.mp4	16	0.32959	0.573537	0.695054	0.342207	0.561997	0.579972	0.518252	0.558689	0.691413	0.520414	0.55198	0.642549	0.678172	0.614219	0.581802	0.673016	0.607353	0.544091
19	Plank_11.mp4	17	0.329374	0.573038	0.691902	0.342357	0.561024	0.575508	0.518199	0.55845	0.698699	0.52015	0.551718	0.648355	0.678706	0.614247	0.590468	0.67354	0.607353	0.541849
20	Plank_11.mp4	18	0.330387	0.57244	0.666375	0.341195	0.560962	0.579303	0.519033	0.558461	0.698732	0.520619	0.551917	0.647925	0.677881	0.614333	0.604102	0.673164	0.607741	0.555464
21	Plank_11.mp4	19	0.327822	0.572991	0.68877	0.340431	0.564338	0.668636	0.520852	0.560299	0.524052	0.522786	0.55291	0.503249	0.677934	0.614293	0.600176	0.673146	0.607848	0.55077
22	Plank_11.mp4	20	0.330787	0.573098	0.678273	0.340709	0.564527	0.667661	0.519104	0.55898	0.688152	0.522262	0.552928	0.494975	0.677852	0.61446	0.603335	0.673007	0.607877	0.550208
23	Plank_11.mp4	21	0.33016	0.572685	0.680803	0.340829	0.561307	0.584868	0.519	0.558671	0.692208	0.522169	0.552457	0.498013	0.677042	0.614594	0.610468	0.672645	0.607827	0.560459
24	Plank_11.mp4	22	0.330711	0.57283	0.676684	0.340821	0.564398	0.664959	0.519237	0.558775	0.692266	0.522244	0.552573	0.500059	0.676781	0.614654	0.617488	0.672471	0.607808	0.557587
25	Plank_11.mp4	23	0.330746	0.572798	0.675586	0.340919	0.564516	0.671074	0.520775	0.560593	0.516476	0.522634	0.552961	0.50165	0.676669	0.614655	0.623403	0.672514	0.607621	0.562362
26	Plank_11.mp4	24	0.330657	0.572991	0.678481	0.340828	0.564307	0.666298	0.519154	0.559007	0.680584	0.522368	0.552766	0.496525	0.677875	0.614438	0.599117	0.672999	0.60739	0.548523
27	Plank_11.mp4	25	0.327673	0.573807	0.699846	0.339355	0.564908	0.693754	0.523804	0.560062	0.506416	0.523029	0.55284	0.504533	0.677885	0.614553	0.601535	0.673038	0.607287	0.5450028
28	Plank_11.mp4	26	0.330702	0.572788	0.680005	0.339242	0.564696	0.691277	0.519305	0.558353	0.697092	0.522221	0.552235	0.493997	0.678337	0.614634	0.595686	0.678841	0.604931	0.635354
29	Plank_11.mp4	27	0.327688	0.573511	0.695745	0.339069	0.564441	0.690946	0.519065	0.558043	0.703769	0.520653	0.551372	0.494006	0.678003	0.614063	0.608007	0.673000	0.604614	0.637650

Gambar 4. 19 Test Keypoint Hasil Ekstraksi Landmark Tubuh

Implementasi *ekstraksi* fitur pada data *Training* tersebut menghasilkan sebanyak 9710 baris data, sedangkan pada data *Testing* menghasilkan sebanyak 2394 baris data. Setiap baris merepresentasikan satu *frame* video yang telah diekstraksi menjadi data numerik. Adapun hasil implementasi *ekstraksi* fitur pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Hasil Implementasi Fitur

No	Informasi	Nilai
1.	Total fitur	24
2.	Landmark tubuh	8
3.	Data <i>Training</i>	9710
4.	Data <i>Testing</i>	2394
5.	Informasi per <i>landmark</i>	x, y, confidence score

4.3.1.3 Implementasi Pre-processing Data

Tahap implementasi *pre-processing data* dilakukan setelah proses *ekstraksi* fitur selesai dilakukan. Tahap ini bertujuan untuk mempersiapkan data hasil *ekstraksi* agar memiliki format yang sesuai sebelum digunakan pada proses pelatihan model *deep learning*. Pada penelitian ini, implementasi *pre-processing* dilakukan melalui dua tahapan utama, yaitu normalisasi data menggunakan metode *Min-Max*

Normalization dan pembentukan *sequence data* menggunakan metode *sliding window*.

4.3.1.3.1 Normalisasi Data

Metode *Min-Max Normalization* pada tahap normalisasi digunakan untuk menyamakan rentang nilai pada setiap fitur hasil *ekstraksi* pose tubuh. Proses normalisasi dilakukan agar perbedaan skala antar fitur tidak mempengaruhi proses pelatihan model *deep learning*. Proses dilakukan terhadap seluruh fitur hasil *ekstraksi* dengan mengecualikan kolom *video_name*, *frame*, dan label yang merupakan identitas dari data.

Pada implementasinya, proses normalisasi dilakukan dengan membangun (*fit*) *scaler* menggunakan data *Training*, kemudian parameter hasil normalisasi diterapkan (*transform*) pada data *Testing*. Pendekatan ini digunakan untuk menghindari terjadinya *data leakage* yang dapat mempengaruhi hasil evaluasi model.

Hasil implementasi normalisasi kemudian menghasilkan dua file .csv yang digunakan pada proses selanjutnya. Berikut adalah tabel mengenai informasi *Normalisasi Data* yang digunakan. Terlihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Informasi Hasil Normalisasi Data

No	Informasi	Nilai
1.	Data <i>Training</i>	9710 baris
2.	Data <i>Testing</i>	2394 baris
3.	Total Fitur	24
4.	Kolom yang dinormalisasi	Seluruh fitur koordinat dan conf
5.	Kolom yang tidak dinormalisasi	Video_name, <i>frame</i> , label
6.	Rentang Normalisasi	0-1

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah,
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan Tabel 4.10 proses normalisasi dilakukan terhadap 24 fitur hasil *ekstraksi* pada data *Training* dan *Testing* dengan rentang nilai 0–1. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan skala data yang seragam sehingga dapat mendukung proses pelatihan model secara lebih optimal. Berikut adalah hasil data sesudah di normalisasi terlihat pada Gambar 4.20 dan Gambar 4.21.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
video_name	frame_l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble	l_ensemble
2	Plan_10_msec	0.072058	0.961999	0.230491	0.250746	0.892516	0.612242	0.708177	0.840223	0.284553	0.762083	0.835458	0.405777	0.7064	0.726421	0.691731	0.781425	0.696838	0.788109	0.71895	0.781897	0.482085	0.785551	0.748972	0.435157	
3	Plan_10_msec	1.027029	0.951634	0.624429	0.248708	0.892516	0.728649	0.70774	0.840223	0.284553	0.762083	0.835458	0.405777	0.706005	0.726421	0.691731	0.781425	0.696838	0.788109	0.71895	0.781897	0.482085	0.785551	0.748972	0.435157	
4	Plan_10_msec	0.269994	0.951634	0.234118	0.250746	0.892516	0.728649	0.70774	0.840223	0.284553	0.762083	0.835458	0.405777	0.706005	0.726421	0.691731	0.781425	0.696838	0.788109	0.71895	0.781897	0.482085	0.785551	0.748972	0.435157	
5	Plan_10_msec	0.269994	0.951634	0.234118	0.250746	0.892516	0.728649	0.70774	0.840223	0.284553	0.762083	0.835458	0.405777	0.706005	0.726421	0.691731	0.781425	0.696838	0.788109	0.71895	0.781897	0.482085	0.785551	0.748972	0.435157	
6	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
7	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
8	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
9	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
10	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
11	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
12	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
13	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
14	Plan_10_msec	0.26877	0.966122	0.261152	0.24598	0.894171	0.763034	0.731035	0.858482	0.27977	0.76162	0.83951	0.42682	0.70847	0.72614	0.648979	0.78244	0.69385	0.78409	0.785303	0.66261	0.76030	0.73322	0.73408	0.446133	
15	Plan_10_msec	0.320860	0.964479	0.48481	0.249983	0.8938	0.768516	0.722683	0.846237	0.283809	0.78073	0.83809	0.45742	0.7049	0.72683	0.645782	0.781252	0.69592	0.78375	0.78391	0.6710	0.748469	0.78983	0.74369	0.437493	
16	Plan_10_msec	0.269994	0.951634	0.234118	0.250746	0.892516	0.728649	0.70774	0.840223	0.284553	0.762083	0.835458	0.405777	0.706005	0.726421	0.691731	0.781425	0.696838	0.788109	0.71895	0.781897	0.482085	0.785551	0.748972	0.435157	
17	Plan_10_msec	0.269994	0.951634	0.234118	0.250746	0.892516	0.728649	0.70774	0.840223	0.284553	0.762083	0.835458	0.405777	0.706005	0.726421	0.691731	0.781425	0.696838	0.788109	0.71895	0.781897	0.482085	0.785551	0.748972	0.435157	
18	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
19	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
20	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
21	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
22	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
23	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
24	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
25	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
26	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
27	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
28	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
29	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
30	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
31	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
32	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	
33	Plan_10_msec	0.420683	0.958517	0.12472	0.248675	0.893592	0.740060	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	0.705086	0.852121	0.250746	

Gambar 4. 20 *Train Keypoint Hasil Normalisasi*

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
video_name	fram_c	shouder_c	shouder_r	shouder_l	shouder_r	shouder_l	hip_c	hip_r	hip_c	hip_r	hip_r	hip_r	hip_c	hip_c	hip_c	hip_c	hip_c	hip_c	hip_c	hip_c	hip_c	hip_c	hip_c	hip_c	hip_c	
Plan_11.mp4	0	0.19552	0.80027	0.55929	0.18901	0.74209	0.38976	0.52021	0.68902	0.30606	0.75151	0.67365	0.25158	0.72886	0.65259	0.69172	0.80023	0.26709	0.3519	0.84883	0.84981	0.42348	0.89996	0.90425	0.59392	
Plan_11.mp4	1	0.18021	0.80221	0.55929	0.18901	0.74209	0.38976	0.52021	0.68902	0.30606	0.75151	0.67365	0.25158	0.72886	0.65259	0.69172	0.80023	0.26709	0.3519	0.84883	0.84981	0.42348	0.89996	0.90425	0.59392	
Plan_11.mp4	2	0.19027	0.80027	0.55929	0.18901	0.74209	0.38976	0.52021	0.68902	0.30606	0.75151	0.67365	0.25158	0.72886	0.65259	0.69172	0.80023	0.26709	0.3519	0.84883	0.84981	0.42348	0.89996	0.90425	0.59392	
Plan_11.mp4	3	0.19643	0.80096	0.57528	0.18031	0.74316	0.38716	0.52556	0.68902	0.31641	0.73446	0.67502	0.23469	0.72794	0.65169	0.69383	0.80015	0.26455	0.32637	0.84934	0.84984	0.4608	0.80037	0.914	0.59073	
Plan_11.mp4	4	0.19543	0.8045	0.56471	0.18118	0.74374	0.38698	0.52556	0.68902	0.32669	0.7194	0.67462	0.25059	0.725	0.65666	0.69074	0.79917	0.7472	0.32813	0.84939	0.85278	0.46538	0.80037	0.91784	0.53935	
Plan_11.mp4	5	0.19543	0.8045	0.56471	0.18118	0.74374	0.38698	0.52556	0.68902	0.32669	0.7194	0.67462	0.25059	0.725	0.65666	0.69074	0.79917	0.7472	0.32813	0.84939	0.85278	0.46538	0.80037	0.91784	0.53935	
Plan_11.mp4	6	0.1951	0.80285	0.58475	0.18005	0.74518	0.39197	0.52249	0.68918	0.31218	0.73040	0.67581	0.22758	0.73208	0.6583	0.66694	0.80433	0.26712	0.34217	0.85107	0.85107	0.95403	0.8713	0.8627	0.402	0.57988
Plan_11.mp4	7	0.1951	0.81382	0.60376	0.17828	0.74783	0.38813	0.52112	0.68669	0.336	0.65656	0.673	0.23578	0.73208	0.6584	0.6772	0.81475	0.26823	0.30011	0.85224	0.8558	0.95216	0.86134	0.9469	0.57578	
Plan_11.mp4	8	0.19457	0.81302	0.5799	0.18432	0.74933	0.37907	0.52101	0.68456	0.34243	0.64333	0.6677	0.23437	0.73192	0.6591	0.70375	0.8001	0.2752	0.30352	0.851	0.95317	0.84803	0.8621	0.9402	0.53834	
Plan_11.mp4	9	0.19457	0.81302	0.5799	0.18432	0.74933	0.37907	0.52101	0.68456	0.34243	0.64333	0.6677	0.23437	0.73192	0.6591	0.70375	0.8001	0.2752	0.30352	0.851	0.95317	0.84803	0.8621	0.9402	0.53834	
Plan_11.mp4	10	0.19547	0.81577	0.58033	0.17653	0.75152	0.35055	0.51026	0.68604	0.29309	0.67393	0.66668	0.50605	0.7297	0.75778	0.69996	0.80047	0.26762	0.30867	0.84995	0.8596	0.90084	0.8613	0.9428	0.58404	
Plan_11.mp4	11	0.19365	0.81829	0.54777	0.17653	0.75152	0.37242	0.50509	0.68727	0.26666	0.6604	0.67149	0.52129	0.72895	0.65655	0.69262	0.80017	0.26732	0.30485	0.8504	0.95311	0.50018	0.81879	0.94411	0.52895	
Plan_11.mp4	12	0.19365	0.81829	0.54777	0.17653	0.75152	0.372																			

Gambar 4. 21 *Test Keypoint Hasil Normalisasi*

4.3.1.3.2 Augmentasi Data *Sliding window*

Setelah proses normalisasi selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah implementasi *sliding window*. Metode *sliding window* digunakan untuk membentuk *sequence data* dari data sinyal *time-series* sehingga dapat digunakan sebagai input model.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

Pada penelitian ini digunakan parameter *window size* sebesar 30 *frame* untuk menentukan jumlah *frame* yang digunakan pada setiap *sequence* dan *step size* sebesar 5 *frame* yang digunakan untuk menentukan jumlah pergeseran antar *window*.

Proses pembentukan *sequence* dilakukan dengan mengelompokkan data berdasarkan *video_name*, sehingga setiap video diproses secara terpisah. Selanjutnya dilakukan pergeseran *window* secara bertahap sebesar 5 *frame* hingga seluruh data dalam video selesai diproses. Label untuk setiap *sequence* diambil berdasarkan label pada *frame* pertama dari *window* yang digunakan.

Hasil implementasi *sliding window* menghasilkan 4 data dalam bentuk *array* *X_Train*, *y_Train*, *X_Test*, dan *y_Test* yang tersimpan dalam format *.npv*. Kemudian data tersebut yang digunakan sebagai input pada proses pelatihan model. Adapun informasi *sliding window* dan hasil pembentukan *sequence* data terlihat pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12

Tabel 4. 11 Informasi *Sliding window*

No	Parameter	Nilai
1.	<i>Window Size</i>	30
2.	<i>Step Size</i>	5
3.	<i>Total Feature</i>	24
4.	<i>Output Data Training</i>	<i>X_Train , y_Train</i>
5.	<i>Output Data Testing</i>	<i>X_Testing, y_Testing</i>
6.	<i>Format output</i>	<i>.npv</i>

Tabel 4. 12 Hasil Pembentukan *Sequence* Data

No	Dataset	Jumlah Frame	Jumlah Sequence	Bentuk Data
1.	Data Training	9710	1675	(1675, 30, 24)
2.	Data Testing	2394	411	(411, 30, 24)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 penggunaan *window size* sebesar 30 frame digunakan untuk merepresentasikan satu rangkaian gerakan dalam beberapa frame secara berurutan, sedangkan *step size* sebesar 5 digunakan untuk mengatur pergeseran antar *window* sehingga satu video dapat menghasilkan beberapa *sequence* data. Proses *sliding window* menghasilkan 1.675 *sequence* data training dan 411 *sequence* data testing. Setiap *sequence* memiliki dimensi (30, 24), yang menunjukkan bahwa satu *sequence* terdiri atas 30 frame dan setiap frame memiliki 24 fitur hasil ekstraksi sudut persendian tubuh. Jumlah *sequence* yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan jumlah video karena setiap video dibagi menjadi beberapa *window* yang saling tumpang tindih (*overlap*). Seluruh *sequence* tersebut kemudian digunakan sebagai masukan pada proses pelatihan dan evaluasi model.

4.3.1.4 Implementasi Pelatihan Model

Tahap selanjutnya adalah pelatihan model. Proses pelatihan dilakukan menggunakan data *sequence* hasil *sliding window* yang telah dibentuk menjadi data sinyal *time-series*. Data tersebut terdiri dari data *Training* (X_{Train} , y_{Train}) dan data *Testing* (X_{Test} , y_{Test}) yang sebelumnya telah dipersiapkan pada tahap *pre-processing*. Pada tahap ini, model dilatih untuk mempelajari pola gerakan plank berdasarkan hubungan spasial dan temporal dari data sudut persendian tubuh.

Model dibangun menggunakan *framework TensorFlow* dengan arsitektur *Hybrid Convolutional Neural Network-Long Short-Term Memory* (CNN-LSTM). CNN digunakan untuk melakukan ekstraksi pola spasial dari data *sequence*, sedangkan LSTM digunakan untuk mempelajari hubungan temporal berdasarkan urutan *frame* dari gerakan plank. Sebelum proses pelatihan dilakukan, data label diubah menggunakan metode *One-Hot Encoding* agar label dapat direpresentasikan ke dalam format kategorikal yang sesuai dengan kebutuhan fungsi klasifikasi *softmax*

Arsitektur model yang digunakan terdiri dari dua blok CNN yang masing-masing terdiri dari layer *Conv1D*, *BatchNormalization*, dan *MaxPooling1D*. layer *Conv1D* pertama menggunakan 64 filter dengan ukuran *kernel* 3, sedangkan layer *Conv1D* kedua menggunakan 128 filter dengan ukuran *kernel* 3. *BatchNormalization* digunakan untuk menjaga stabilitas distribusi data selama proses pelatihan,

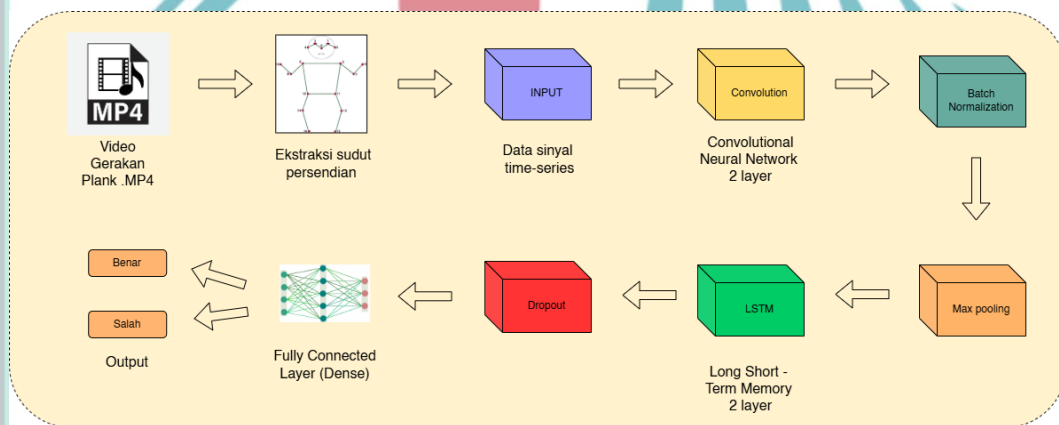
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

sementara *MaxPooling1D* digunakan untuk mengurangi dimensi fitur sehingga dapat mengurangi kompleksitas komputasi model. Selanjutnya hasil *ekstraksi* fitur diteruskan ke dua layer LSTM yang terdiri dari 64 unit dan 32 unit untuk mempelajari pola temporal dari data *sequence*. Pada bagian akhir model ditambahkan layer *Dropout* sebesar 0.2 untuk mengurangi kemungkinan *overfitting*, kemudian diikuti *Dense layer* dengan fungsi aktivasi *ReLU* dan layer *output* menggunakan fungsi aktivasi *Softmax* untuk menghasilkan dua kelas keluaran, yaitu gerakan benar dan gerakan salah. Adapun implementasi arsitektur model CNN-LSTM pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4. 22 Implementasi Arsitektur Model CNN-LSTM

Berdasarkan Gambar 4.22 model CNN-LSTM menerima data *sequence time-series* sebagai input kemudian diproses melalui beberapa layer untuk mengekstraksi pola spasial dan temporal hingga menghasilkan klasifikasi gerakan plank.

Proses pelatihan model dilakukan menggunakan beberapa *hyperparameter* yang telah ditentukan. Implementasi parameter pelatihan model ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Implementasi Parameter Pelatihan Model

No	Hyperparameter	Nilai
1.	<i>Epoch</i>	20
2.	<i>Batch size</i>	32
3.	<i>Optimizer</i>	Adam

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.	<i>Activation function Hidden Layer</i>	ReLU
5.	<i>Activation function Output Layer</i>	Softmax
6.	<i>Loss function</i>	Categorical Crossentropy
7.	<i>Dropout</i>	0.2
8.	<i>Early Stopping</i>	Patience = 10
9.	<i>Reduce Learning rate</i>	Patience = 5
10.	<i>Random Seed</i>	42

Berdasarkan Tabel 4.13 proses pelatihan model menggunakan *optimizer Adam* dengan fungsi *loss categorical crossentropy*. Selain itu, digunakan *random seed* sebesar 42 untuk menjaga konsistensi hasil pelatihan model.

Pada implementasi ini juga digunakan metode *EarlyStopping* untuk menghentikan proses pelatihan secara otomatis dan *ReduceLROnPlateau* sebagai *callback* digunakan untuk menurunkan nilai *learning rate* ketika nilai *validation loss* tidak mengalami perubahan secara signifikan. Penerapan kedua metode tersebut bertujuan untuk meningkatkan stabilitas pelatihan model dan mengurangi kemungkinan terjadinya *overfitting*.

Kemudian proses pelatihan juga menghasilkan grafik *accuracy* dan *loss* yang digunakan untuk melihat performa model selama proses *Training* berlangsung. Model terbaik hasil pelatihan kemudian disimpan dalam format *.h5* yang selanjutnya digunakan pada proses evaluasi dan konversi model *TensorFlow Lite*.

4.3.1.5 Implementasi Konversi Model

Tahap implementasi konversi model dilakukan setelah proses pelatihan model selesai dilakukan. Proses konversi dilakukan untuk mengubah model hasil pelatihan yang sebelumnya disimpan dalam format *.h5* menjadi format *TensorFlow Lite* (*.tflite*) agar dapat digunakan pada aplikasi Android.

Proses konversi dilakukan menggunakan *TensorFlow Lite Converter* terhadap model yang telah dilatih sebelumnya. Selain itu, digunakan konfigurasi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

TFLITE_BUILTINS dan *SELECT_TF_OPS* untuk mendukung penggunaan layer LSTM sehingga proses konversi dapat berjalan dengan baik.

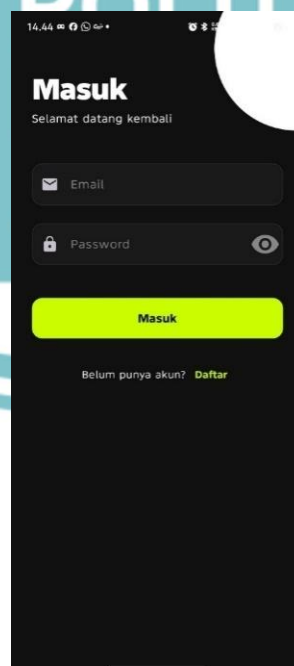
Hasil implementasi konversi menghasilkan model dengan format *.tflite* yang selanjutnya digunakan pada proses integrasi ke aplikasi Android. Model hasil konversi tersebut digunakan untuk melakukan proses prediksi gerakan plank secara realtime pada aplikasi.

4.3.2 Implementasi Aplikasi Android

Setelah proses implementasi model *deep learning* selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah implementasi aplikasi sebagai media untuk menjalankan sistem yang telah dikembangkan. Implementasi dilakukan dengan mengintegrasikan model *TensorFlow Lite* ke dalam aplikasi Android sehingga sistem dapat digunakan untuk melakukan evaluasi gerakan plank secara langsung melalui perangkat *mobile*. Tahap implementasi ini bertujuan untuk memastikan seluruh fungsi aplikasi dapat berjalan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat sebelumnya.

4.3.2.1 Implementasi Halaman Login

Berikut merupakan tampilan halaman login terlihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 23 Tampilan Halaman Login

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

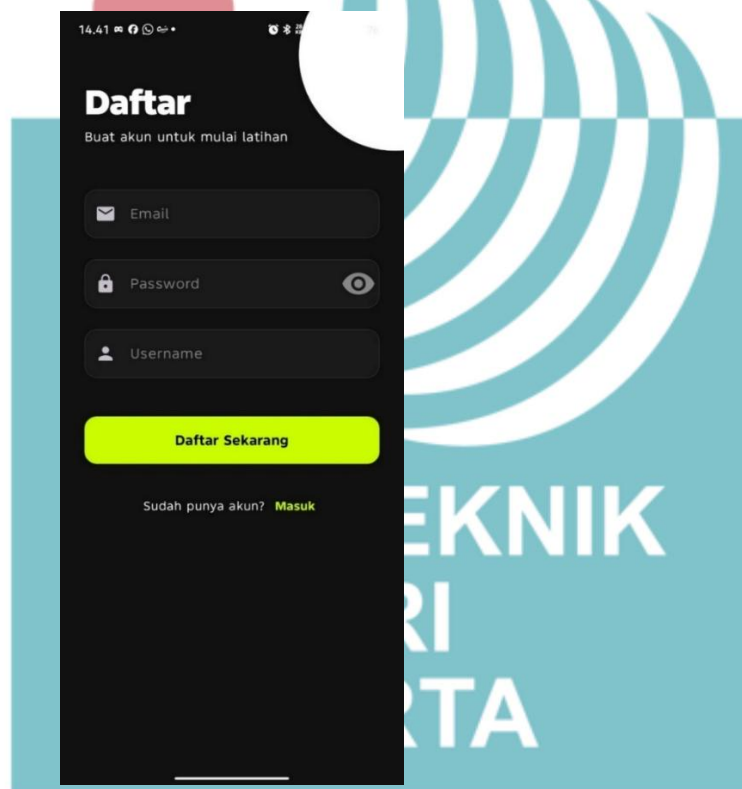
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

Terlihat pada Gambar 4.23 halaman *login* yang digunakan untuk masuk ke dalam aplikasi Kinetik dengan memasukkan *email* dan *password* yang telah terdaftar. Selain itu, tersedia fitur *registrasi* bagi pengguna yang belum memiliki akun.

4.3.2.2 Implementasi Halaman *Register*

Terlihat pada Gambar 4.24 halaman *register* yang digunakan pengguna untuk membuat akun baru pada aplikasi Kinetik dengan mengisi *email*, *password*, dan *username*. Setelah proses *registrasi* berhasil dilakukan, pengguna dapat masuk ke aplikasi menggunakan akun yang telah dibuat.



Gambar 4. 24 Tampilan Halaman *Register*

4.3.2.3 Implementasi Halaman *Utama*

Terlihat pada Gambar 4.25 halaman utama yang berisi pilihan fitur evaluasi gerakan latihan mandiri seperti squat, plank, dan push-up. Pengguna dapat memilih salah satu jenis gerakan dan menekan tombol mulai evaluasi untuk memulai proses analisis gerakan secara *real-time*. Serta terdapat *navigation bar* untuk mengakses menu beranda, progres dan *profile*.

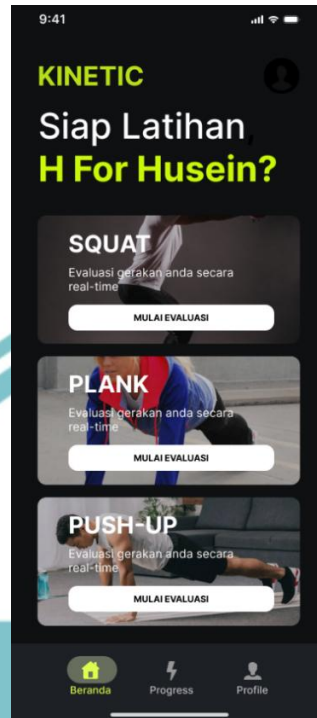
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 25 Tampilan Halaman Utama

4.3.2.4 Implementasi Halaman Panduan

Berikut merupakan tampilan halaman panduan terlihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4. 26 Tampilan Halaman Panduan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

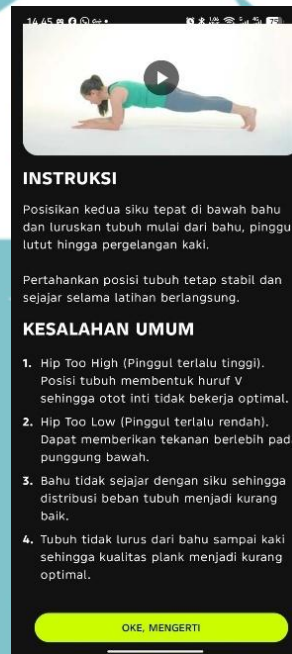
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Terlihat pada Gambar 4.26 halaman *Instruction* berisi panduan penggunaan aplikasi sebelum proses evaluasi gerakan plank dilakukan. Halaman ini menampilkan langkah-langkah yang harus diperhatikan pengguna agar proses deteksi dan evaluasi gerakan dapat berjalan dengan optimal.

4.3.2.5 Implementasi Halaman Tutorial

Berikut merupakan tampilan halaman tutorial terlihat pada gambar 4.27.



Gambar 4. 27 Tampilan Halaman Tutorial

Terlihat pada Gambar 4.27 halaman tutorial berisi contoh gerakan plank yang benar beserta instruksi pelaksanaannya. Terdapat juga informasi mengenai beberapa kesalahan umum yang sering terjadi saat melakukan gerakan plank sebagai panduan bagi pengguna sebelum memulai evaluasi.

4.3.2.6 Implementasi Halaman *Camera screen*

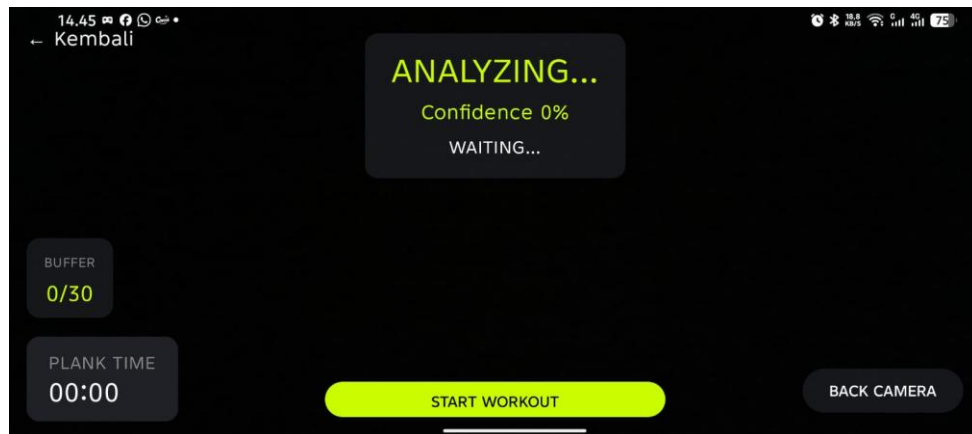
Terlihat pada Gambar 4.28 halaman *camera screen* ini yang digunakan untuk melakukan evaluasi gerakan plank secara *real-time* menggunakan kamera perangkat. Terdapat informasi mengenai hasil analisis, nilai *confidence*, jumlah buffer, durasi plank, serta kontrol untuk memulai evaluasi dan juga bisa mengatur penggunaan kamera depan atau belakang.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 28 Tampilan Halaman *Camera screen*

4.3.2.7 Implementasi Halaman Progress

Terlihat pada Gambar 4.29 halaman progress berisi informasi perkembangan hasil latihan pengguna, seperti nilai kualitas gerakan, hasil evaluasi, dan riwayat latihan yang telah dilakukan. Halaman ini digunakan untuk memantau progres latihan berdasarkan hasil evaluasi yang tersimpan pada sistem.



Gambar 4. 29 Tampilan Halaman Progress

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.3.2.8 Implementasi Halaman *Profile*

Terlihat pada Gambar 4.30 halaman *profile* berisi informasi akun pengguna yang sedang menggunakan aplikasi Kinetik. Pada halaman ini tersedia fitur logout yang digunakan untuk mengakhiri sesi penggunaan dan keluar dari aplikasi.



Gambar 4. 30 Tampilan Halaman *Profile*

4.4 Pengujian Sistem

Sistem yang telah dikembangkan kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui sejauh mana sistem dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian. Pada tahap ini, pengujian difokuskan pada performa model *deep learning* serta *fungsionalitas* aplikasi yang digunakan sebagai media implementasi.

4.4.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu pengujian model *deep learning* dan pengujian aplikasi Android. Dengan pengujian tersebut, diharapkan dapat diketahui kualitas sistem baik dari sisi model klasifikasi maupun dari sisi implementasi aplikasinya.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.4.1.1 Deskripsi Pengujian Model

Model *deep learning* yang dikembangkan pada penelitian ini digunakan untuk mengklasifikasikan gerakan plank ke dalam kategori gerakan benar dan gerakan salah berdasarkan data sinyal *time-series* hasil *ekstraksi* pose tubuh menggunakan *MoveNet*. Data yang digunakan sebagai masukan model merupakan data yang telah melalui proses *pre-processing* berupa normalisasi dan pembentukan *sequence* menggunakan metode *sliding window*.

Pada tahap implementasi model, proses pelatihan dilakukan menggunakan data *Training* yang telah dipersiapkan sebelumnya. Kemudian, dilakukanlah pengujian menggunakan data *Testing* yang tidak terlibat selama proses pelatihan untuk melihat sejauh mana model mampu melakukan klasifikasi terhadap gerakan yang belum pernah dikenali sebelumnya.

Melalui pengujian ini, hasil prediksi yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan label sebenarnya untuk mengetahui tingkat ketepatan klasifikasi yang diperoleh. Evaluasi dilakukan menggunakan *Confusion matrix*, *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-score* sehingga performa model dapat dianalisis secara menyeluruh sebelum diimplementasikan ke dalam aplikasi Android.

4.4.1.2 Deskripsi Pengujian *Black box Testing*

Black Box Testing digunakan untuk menguji *fungsionalitas* aplikasi berdasarkan masukan (*input*) dan keluaran (*output*) yang dihasilkan tanpa memperhatikan proses atau kode program yang berjalan di dalam sistem. Melalui pengujian ini, setiap fitur pada aplikasi dapat dievaluasi untuk memastikan bahwa fungsi yang tersedia telah berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan.

Black Box Testing dilakukan secara mandiri terhadap aplikasi *Kinetic* yang telah dikembangkan. Pengujian difokuskan pada fitur-fitur utama aplikasi, meliputi halaman *login*, *registrasi*, halaman utama, halaman *Instruction*, halaman tutorial, *camera screen*, halaman *progress*, dan halaman *profile*. Setiap fitur diuji menggunakan beberapa skenario penggunaan untuk memastikan bahwa aplikasi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

dapat memberikan keluaran yang sesuai dengan hasil yang diharapkan serta seluruh fungsi aplikasi dapat berjalan dengan semestinya.

4.4.1.3 Deskripsi User Acceptance Test (UAT)

User Acceptance Test (UAT) dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan terhadap 10 responden yang aktif berolahraga untuk mencoba seluruh fitur yang tersedia pada aplikasi, kemudian memberikan penilaian berdasarkan pengalaman penggunaan yang dirasakan.

Adapun responden yang terlibat yaitu terdiri dari mahasiswa dan pengguna aktif olahraga. Setelah mencoba aplikasi, responden diminta memberikan penilaian terhadap beberapa aspek, seperti kemudahan penggunaan, kesesuaian fungsi, serta tampilan antarmuka.

4.4.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dilakukan untuk menjelaskan tahapan yang dilakukan selama proses pengujian sistem. Tahapan ini disusun agar setiap pengujian dapat dilakukan secara terstruktur sehingga hasil yang diperoleh dapat dianalisis dengan baik. Berbagai metode pengujian yang telah dijelaskan sebelumnya dilakukan melalui tiga prosedur utama, yaitu pengujian model, *Black Box Testing* dan *User Acceptance Test (UAT)*.

4.4.2.1 Prosedur Pengujian Model

Pengujian model dilakukan menggunakan data *Testing* yang telah dipisahkan pada tahap pembagian *dataset*. Seluruh data yang digunakan pada pengujian merupakan data gerakan plank yang telah melalui proses *ekstraksi* fitur menggunakan *MoveNet*. Data tersebut kemudian digunakan sebagai masukan (*input*) pada model yang telah diperoleh dari proses pelatihan.

Proses pengujian dilakukan dengan memberikan seluruh data *Testing* ke dalam model untuk menghasilkan prediksi kelas gerakan plank. Hasil prediksi yang

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

diperoleh kemudian dibandingkan dengan label sebenarnya untuk mengetahui kesesuaian klasifikasi yang dihasilkan model. Pengujian dilakukan terhadap dua kelas, yaitu gerakan plank benar dan gerakan plank salah.

Penilaian performa model dilakukan menggunakan *Confusion matrix*, *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-score*. Selain itu, grafik *accuracy* dan *loss* hasil pelatihan juga digunakan untuk melihat kestabilan model selama proses pembelajaran. Selanjutnya seluruh hasil pengujian tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kemampuan model dalam mengenali pola gerakan. Adapun Data Pengujian Model pada penelitian ini terlihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Data Pengujian Model

No	Parameter	Keterangan
1.	Model	Hybrid CNN-LSTM
2.	Jumlah Kelas	2 Kelas
3.	Kelas	Benar dan Salah
4.	Data Training	48 Video
5.	Data Testing	12 Video
6.	Metode Evaluasi	<i>Confusion matrix, Accuracy, Precision, F1-score</i>
7.	Format Input	<i>Sequence Time-series</i>
8.	Window Size	30 Frame
9.	Step Size	5 Frame

Pengujian dilakukan pada data yang memiliki karakteristik yang sama dengan data pelatihan, namun berasal dari video yang berbeda sehingga tidak pernah dikenali model sebelumnya. Dengan cara tersebut, hasil pengujian dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan model dalam melakukan klasifikasi terhadap data baru yang ditemui di luar proses pelatihan.

Selain data pengujian, model yang digunakan juga dibangun menggunakan konfigurasi arsitektur dan parameter pelatihan tertentu. Adapun Rincian konfigurasi model yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Konfigurasi Model

No	Hyperparameter	Nilai
1.	<i>Input Shape</i>	(30, 24)
2.	<i>Conv1D Filters 2 Layer</i>	64 dan 128
3.	<i>Kernel Size</i>	3
4.	<i>LSTM Units 2 Layer</i>	64 dan 32
5.	<i>Dropout Rate</i>	0,2
6.	<i>Activation function</i>	ReLU
7.	<i>Output Activation</i>	Softmax
8.	<i>Optimizer</i>	Adam
9.	<i>Loss function</i>	Categorical Crossentropy
10.	<i>Batch size</i>	32
11.	<i>Epoch</i>	20

Konfigurasi tersebut digunakan selama proses pelatihan hingga diperoleh model yang mampu mengenali pola gerakan dengan baik. Model terbaik yang dihasilkan kemudian digunakan pada tahap pengujian untuk menghasilkan prediksi kelas gerakan plank yang selanjutnya dianalisis menggunakan metrik evaluasi yang telah ditentukan.

4.4.2.2 Prosedur *Black Box Testing*

Pengujian *Black Box Testing* difokuskan pada kesesuaian antara fungsi yang dijalankan dengan keluaran yang diharapkan berdasarkan kebutuhan sistem yang telah dirancang. Setiap fitur diuji menggunakan beberapa skenario pengujian untuk memastikan seluruh fungsi aplikasi dapat berjalan dengan baik. Fitur yang diuji meliputi halaman *login*, *registrasi*, halaman utama, *Instruction*, tutorial, *camera screen*, progress, dan *profile*. Adapun skenario pengujian yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 16 Prosedur *Black Box Testing*

No	Fitur	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan
1.	<i>Login</i>	Memasukkan <i>email</i> dan <i>password</i> yang valid	Pengguna berhasil masuk ke aplikasi
2.	<i>Login</i>	Memasukkan <i>email</i> atau <i>password</i> yang tidak valid	Aplikasi menampilkan pesan kesalahan <i>login</i>
3.	<i>Register</i>	Mengisi data <i>registrasi</i> dan menekan tombol daftar	Akun berhasil dibuat dan tersimpan
4.	Halaman Utama	Menekan Setiap Navigasi bar	Aplikasi menampilkan tampilan sesuai dengan <i>Navbar</i> yang dipilih
5.	Halaman Utama	Menekan tombol mulai evaluasi pada menu atau card plank	Berpindah ke halaman Panduan
6.	<i>Instruction</i>	Menekan tombol Mengerti, Lanjut ke Tutorial	Berpindah ke halaman tutorial
7.	Tutorial	Menekan Tombol Oke, Mengerti	Berpindah ke halaman <i>camera screen</i>
8.	<i>Camera screen</i>	Menekan tombol Start <i>Workout</i>	Proses evaluasi gerakan dimulai
9.	<i>Camera screen</i>	Melakukan gerakan plank di depan kamera	Aplikasi Menampilkan Evaluasi Gerakan
10.	<i>Camera screen</i>	Menekan tombol <i>Stop Workout</i>	Proses evaluasi gerakan di stop dan diminta untuk save hasil analisis atau <i>stop</i>
11.	<i>Camera screen</i>	Menekan tombol <i>Save</i>	Sistem menyimpan hasil evaluasi gerakan
12.	<i>Camera screen</i>	Menekan tombol <i>Back</i> Camera	Tampilan kamera berpindah ke kamera belakang

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

13.	Camera screen	Menekan tombol <i>Front</i> Camera	Tampilan kamera berpindah ke kamera depan
14.	Progress	Membuka Halaman Progress	Data progress latihan berhasil ditampilkan
15.	Profile	Membuka Halaman <i>Profile</i>	Informasi akun berhasil ditampilkan
16.	Logout	Menekan tombol keluar	Pengguna keluar dari aplikasi dan diminta ke halaman <i>login</i>

Setelah seluruh skenario dijalankan, hasil pengujian dicatat dan dibandingkan dengan hasil yang diharapkan. Hasil tersebut kemudian digunakan untuk mengevaluasi *fungsionalitas* aplikasi serta memastikan seluruh fitur berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

4.4.2.3 Prosedur User Acceptance Test (UAT)

Selain memastikan aplikasi dapat berjalan dengan baik dari sisi *fungsionalitas*, dilakukan juga *User Acceptance Test (UAT)* untuk mengetahui tanggapan pengguna terhadap hasil evaluasi gerakan yang diberikan oleh model serta kemudahan penggunaan aplikasi secara keseluruhan.

Pengujian *User Acceptance Test (UAT)* melibatkan 10 responden yang terdiri dari pengguna umum yang aktif berolahraga dan telah mencoba seluruh fitur pada aplikasi sebelum mengisi kuesioner. Pemilihan responden tersebut dilakukan agar penilaian yang diberikan sesuai dengan tujuan penelitian.

Kuesioner pada penelitian ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu penilaian terhadap kualitas model dan penilaian terhadap kualitas aplikasi Android. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert 1–5, dimana nilai 1 menunjukkan Sangat Tidak Setuju dan nilai 5 menunjukkan Sangat Setuju. Adapun pernyataan yang digunakan untuk menilai kualitas model terdiri dari 5 (lima) pernyataan yang ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 17 Prosedur *User Acceptance Test (UAT)* Kualitas Model

No	Pernyataan	Jawaban
1.	Hasil evaluasi yang diberikan sistem telah sesuai dengan gerakan plank yang dilakukan.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju
2.	Sistem mampu membedakan gerakan plank yang benar dan gerakan plank yang salah.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju
3.	Informasi hasil evaluasi yang ditampilkan sistem mudah dipahami.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju
4.	Hasil evaluasi yang diberikan sistem membantu dalam mengetahui kesalahan posisi saat melakukan plank.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju
5.	Secara keseluruhan, hasil evaluasi sudah cukup baik untuk digunakan sebagai bahan evaluasi gerakan plank.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju

Selain menilai kualitas model, responden juga diminta memberikan penilaian terhadap aplikasi Android yang digunakan selama proses pengujian. Adapun pernyataan yang digunakan untuk menilai kualitas aplikasi Android terdiri dari 8 (delapan) pernyataan yang ditunjukkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Prosedur *User Acceptance Test (UAT)* Kualitas Aplikasi

No	Pernyataan	Jawaban
1.	Tampilan antarmuka aplikasi tersusun dengan jelas dan mudah dipahami.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2.	Proses evaluasi gerakan plank menggunakan kamera dapat dilakukan dengan mudah.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju
3.	Fitur evaluasi gerakan plank secara <i>real-time</i> dapat digunakan dengan baik.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju
4.	Informasi dan hasil evaluasi yang ditampilkan aplikasi mudah dipahami.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju
5.	Navigasi antar halaman pada aplikasi berjalan dengan baik dan mudah digunakan.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju
6.	Waktu yang dibutuhkan aplikasi untuk menghasilkan hasil evaluasi sudah cukup.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju
7.	Aplikasi sangat membantu dalam melakukan evaluasi gerakan plank secara mandiri.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju
8.	Secara keseluruhan, aplikasi telah memenuhi kebutuhan dalam melakukan evaluasi gerakan plank.	Skala Likert 1–5 1 = Sangat Tidak Setuju 5 = Sangat Setuju

Skor tertinggi untuk setiap pernyataan adalah 5, sedangkan skor terendah adalah 1. Dengan demikian, total skor maksimum yang dapat diperoleh untuk kategori kualitas model adalah 25 poin, sedangkan kategori kualitas aplikasi Android adalah 40 poin untuk setiap responden. Hasil penilaian yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi yang telah dikembangkan.

4.4.3 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian diperoleh dari seluruh pengujian yang telah dilakukan terhadap model *deep learning* dan aplikasi Android yang telah dikembangkan. Data

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

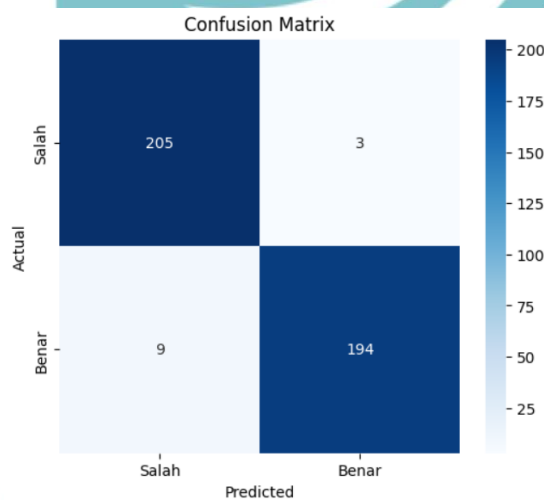
ini berfungsi untuk mengetahui sejauh mana aplikasi mampu bekerja sesuai dengan tujuan penelitian, baik dari sisi performa model dalam mengklasifikasikan gerakan maupun dari sisi *fungsi* aplikasi yang digunakan.

4.4.3.1 Hasil Pengujian Model

Hasil pengujian Model dianalisis menggunakan *Confusion matrix*, nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, *F1-score*, serta grafik *accuracy* dan *loss* yang diperoleh selama proses pelatihan.

4.4.3.1.1 *Confusion matrix*

Hasil klasifikasi model pada data *Testing* disajikan dalam bentuk *Confusion matrix* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.31.



Gambar 4. 31 *Confusion matrix*

Pengujian model dilakukan terhadap 12 video data testing yang diperoleh setelah proses pembentukan data *time-series* menggunakan metode *sliding window*. Setiap video dipecah menjadi beberapa *sequence* menggunakan *Window Size* 30 frame dan *Step Size* 5 frame. Proses tersebut menghasilkan 411 *sequence* data testing terlihat pada Gambar 4.31 bahwa model berhasil mengenali 205 data gerakan plank salah dan 194 data gerakan plank benar dengan tepat. Dari seluruh data pengujian, hanya terdapat 3 data plank salah yang terdeteksi sebagai plank benar dan 9 data plank

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

benar yang terdeteksi sebagai plank salah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu membedakan gerakan plank benar dan salah dengan tingkat ketepatan yang baik.

4.4.3.1.2 Accuracy, Precision, Recall, dan F1-score

Untuk memperoleh gambaran yang lebih rinci mengenai performa model, dilakukan evaluasi menggunakan metrik *Precision*, *Recall*, dan *F1-score*. Pengukuran dilakukan berdasarkan hasil klasifikasi pada data *Testing* sehingga dapat diketahui kemampuan model dalam mengenali masing-masing kelas gerakan. Adapun hasil evaluasi untuk setiap kelas ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Keseluruhan Hasil *Precision*, *Recall*, dan *F1-score*.

Kelas	<i>Precision</i> (%)	<i>Recall</i> (%)	<i>F1-score</i> (%)
Salah (0)	0.957943925	0.985576923	0.971563981
Benar (1)	0.984771574	0.955665025	0.970000000
Macro Average	0.971357749	0.970620974	0.970781991
Weighted Average	0.971194564	0.970802920	0.970791504

Berdasarkan Tabel 4.19 model menunjukkan performa yang baik pada kedua kelas dengan nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang tinggi. Nilai *F1-score* pada kedua kelas berada di atas 97%, yang menunjukkan bahwa model mampu melakukan klasifikasi gerakan plank dengan baik. Selain evaluasi pada setiap kelas, dilakukan juga pengukuran performa model secara keseluruhan menggunakan nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang ditunjukkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Hasil *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-score*.

Metrix	Nilai
<i>Accuracy</i>	0.970802919
<i>Precision</i>	0.971357749
<i>Recall</i>	0.970620974
<i>F1-score</i>	0.970781991

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

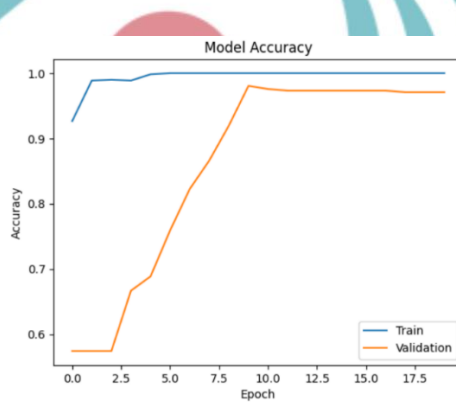
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan Tabel 4.20 model memperoleh accuracy sebesar 97,08% dengan nilai precision, recall, dan F1-score yang juga berada di atas 97%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model memiliki performa yang baik dan mampu melakukan klasifikasi gerakan secara konsisten pada data pengujian.

4.4.3.1.3 Grafik Accuracy dan Loss

Perkembangan performa model selama proses pelatihan dapat diamati melalui grafik *accuracy* dan *loss* yang ditunjukkan pada Gambar 4.32 dan Gambar 4.33.



Gambar 4. 32 Grafik Accuracy

Berdasarkan Gambar 4.32 nilai training accuracy mengalami peningkatan sejak awal pelatihan dan mencapai nilai mendekati 100% pada beberapa epoch berikutnya. Pada saat yang sama, validation accuracy juga menunjukkan peningkatan secara bertahap dari sekitar 57% hingga mencapai sekitar 75% pada akhir pelatihan. Hal tersebut menunjukkan bahwa model mampu mempelajari pola pada data training dengan sangat baik, meskipun performanya pada data validation masih lebih rendah dibandingkan data training.

Berdasarkan Gambar 4.33 dibawah nilai *Training loss* mengalami penurunan yang signifikan hingga mendekati nol seiring bertambahnya *epoch*. Nilai *validation loss* sempat mengalami peningkatan pada awal proses pelatihan, namun kemudian menurun secara konsisten hingga mencapai nilai yang relatif stabil pada akhir pelatihan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pembelajaran berlangsung dengan baik dan model mampu mencapai konvergensi tanpa mengalami penurunan performa yang signifikan pada data validasi.

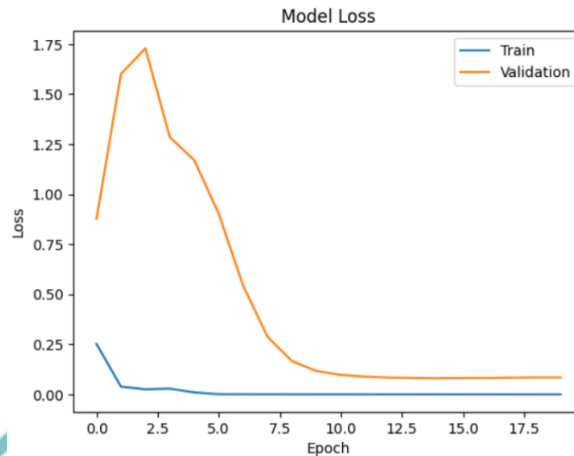
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 33 Grafik Loss

4.4.3.1.4 Perbandingan Hasil Pengujian Berdasarkan Jumlah *Landmark*

Selain melakukan pengujian terhadap model terbaik, penelitian ini juga membandingkan performa model berdasarkan jumlah *landmark* yang digunakan pada proses *ekstraksi* fitur. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah *landmark* terhadap kemampuan model dalam mengklasifikasikan gerakan plank. Pada penelitian ini digunakan tiga skenario pengujian, yaitu 3 *landmark* (*shoulder, hip, knee*), 4 *landmark* (*shoulder, hip, knee, ankle*), dan seluruh 17 *landmark* yang dihasilkan oleh MoveNet. Seluruh skenario menggunakan *window size* 30 frame, *step size* 5, dan jumlah *epoch* sebanyak 20.

Hasil pengujian dari masing-masing skenario dibandingkan menggunakan nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-score*. Adapun hasil perbandingan performa model ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4. 21 Perbandingan Hasil Performa Model

<i>Landmark</i>	<i>Accuracy (%)</i>	<i>Precision (%)</i>	<i>Recall (%)</i>	<i>F1-score (%)</i>
3 <i>Landmark</i>	0.900243309	0.915983607	0.901442308	0.899472036
4 <i>Landmark</i>	0.970802919	0.971357749	0.970620974	0.970781991
17 <i>Landmark</i>	0.858880778	0.862724014	0.859511178	0.85863893

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan Tabel 4.21 penggunaan 4 *landmark* menghasilkan performa terbaik dibandingkan skenario lainnya. Model memperoleh nilai *accuracy* sebesar 97,08%, *precision* sebesar 97,13%, *recall* sebesar 97,06%, dan *F1-score* sebesar 97,07%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa informasi yang diperoleh dari 4 *landmark shoulder, hip, knee, dan ankle* sudah cukup baik untuk merepresentasikan postur tubuh saat melakukan gerakan plank.

Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, penggunaan 4 *landmark* dipilih sebagai konfigurasi terbaik dan digunakan pada tahap implementasi aplikasi Android karena mampu memberikan performa klasifikasi yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan 3 *landmark* maupun seluruh 17 *landmark*.

4.4.3.1.5 Perbandingan Hasil Pengujian Splitting Dataset

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap beberapa rasio pembagian dataset menggunakan metode *Hold-out Validation*, yaitu 60:40, 70:30, 80:20, dan 90:10. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh rasio pembagian data *training* dan *testing* terhadap performa model CNN-LSTM dalam melakukan klasifikasi gerakan plank. Seluruh pengujian dilakukan menggunakan konfigurasi model yang sama, yaitu *window size* sebesar 30, *step size* sebesar 5, jumlah *epoch* sebanyak 20, dan *batch size* sebesar 32. Hasil pengujian pada masing-masing rasio pembagian dataset ditunjukkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Perbandingan Hasil Pengujian Splitting Dataset

No.	Rasio Splitting	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
1.	60:40	0.507444168	0.497861272	0.49812926	0.485899189
2.	70:30	0.855572998	0.87836377	0.855380414	0.853316914
3.	80:20	0.975669099	0.976525822	0.975961538	0.975665498
4.	90:10	0.829015544	0.832241153	0.827096774	0.827832293

Berdasarkan Tabel 4.22 rasio pembagian dataset sebesar 80:20 menghasilkan performa terbaik dengan nilai *accuracy* sebesar 97,57%, *precision* sebesar 97,65%,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

recall sebesar 97,60%, dan *F1-score* sebesar 97,57%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rasio 80:20 mampu memberikan keseimbangan yang baik antara jumlah data yang digunakan untuk proses pelatihan dan jumlah data yang digunakan untuk proses pengujian.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah data pelatihan tidak selalu menghasilkan performa model yang lebih baik. Pemilihan rasio pembagian dataset perlu mempertimbangkan keseimbangan antara jumlah data pelatihan dan data pengujian agar model dapat mempelajari pola data secara optimal sekaligus mempertahankan kemampuan generalisasi yang baik terhadap data yang belum pernah digunakan pada proses pelatihan. Berdasarkan hasil tersebut, rasio pembagian dataset sebesar 80:20 dipilih sebagai konfigurasi terbaik dan digunakan pada penelitian ini.

4.4.3.2 Hasil *Black Box Testing*

Hasil pengujian mandiri yang telah dilakukan menunjukkan bahwa seluruh fitur yang diuji berhasil berjalan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Adapun hasil pengujian *Black Box Testing* dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Hasil Pengujian *Black Box Testing*

No	Fitur	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1.	<i>Login</i>	Memasukkan <i>email</i> dan <i>password</i> yang valid	Pengguna berhasil masuk ke aplikasi	Sesuai
2.	<i>Login</i>	Memasukkan <i>email</i> atau <i>password</i> yang tidak valid	Sistem menampilkan pesan kesalahan <i>login</i>	Sesuai
3.	<i>Register</i>	Mengisi data <i>registrasi</i> dan menekan tombol daftar	Akun berhasil dibuat dan tersimpan	Sesuai

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.	Halaman Utama	Menekan Setiap Navigasi bar	Sistem menampilkan tampilan sesuai dengan Navbar yang dipilih	Sesuai
5.	Halaman Utama	Menekan tombol mulai evaluasi pada menu atau card plank	Berpindah ke halaman Panduan	Sesuai
6.	<i>Instruction</i>	Menekan tombol Mengerti, Lanjut ke Tutorial	Berpindah ke halaman tutorial	Sesuai
7.	Tutorial	Menekan Tombol Oke, Mengerti	Berpindah ke halaman <i>camera screen</i>	Sesuai
8.	<i>Camera screen</i>	Menekan tombol <i>Start Workout</i>	Proses evaluasi gerakan dimulai	Sesuai
9.	<i>Camera screen</i>	Melakukan gerakan plank di depan kamera	Sistem Menampilkan Evaluasi Gerakan	Sesuai
10.	<i>Camera screen</i>	Menekan tombol <i>Stop Workout</i>	Proses evaluasi gerakan di <i>stop</i> dan diminta untuk <i>save</i> hasil analisis atau <i>stop</i>	Sesuai
11.	<i>Camera screen</i>	Menekan tombol <i>Save</i>	Sistem menyimpan hasil evaluasi gerakan	Sesuai
12.	<i>Camera screen</i>	Menekan tombol <i>Back Camera</i>	Tampilan kamera berpindah ke kamera belakang	Sesuai
13.	<i>Camera screen</i>	Menekan tombol <i>Front Camera</i>	Tampilan kamera berpindah ke kamera depan	Sesuai
14.	Progress	Membuka Halaman Progress	Data progress latihan berhasil ditampilkan	Sesuai

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

15.	<i>Profile</i>	Membuka Halaman <i>Profile</i>	Informasi akun berhasil ditampilkan	Sesuai
16.	Logout	Menekan tombol keluar	Pengguna keluar dari aplikasi dan diminta ke halaman <i>login</i>	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, seluruh fitur pada aplikasi Kinetic, mulai dari proses *login*, *registrasi*, evaluasi gerakan plank, penyimpanan hasil evaluasi, hingga pengelolaan data pengguna, dapat berfungsi dengan baik. Dengan demikian, aplikasi dinyatakan telah memenuhi kebutuhan *fungsional* yang telah ditetapkan dan siap digunakan pada tahap pengujian selanjutnya.

4.4.3.3 Hasil User Acceptance Test

Pengujian dilakukan terhadap 10 responden menggunakan kuesioner yang sudah dibuat di tahap prosedur sebelumnya yang terdiri dari 5 pernyataan untuk kategori kualitas model dan 8 pernyataan untuk kategori kualitas aplikasi. Adapun hasil penilaian terhadap kualitas model ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4. 24 Hasil Pengujian *User Acceptance Test (UAT)* Kualitas Model

No	Pernyataan	Total Skor
1.	Hasil evaluasi yang diberikan sistem telah sesuai dengan gerakan plank yang dilakukan	46
2.	Sistem mampu membedakan gerakan plank yang benar dan gerakan plank yang salah	46
3.	Informasi hasil evaluasi yang ditampilkan sistem mudah dipahami	46
4.	Hasil evaluasi yang diberikan sistem membantu dalam mengetahui kesalahan posisi saat melakukan gerakan	47
5.	Secara keseluruhan, hasil evaluasi sudah cukup baik untuk digunakan sebagai bahan evaluasi gerakan plank	46
Total		231

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan hasil pengujian, total skor yang diperoleh pada kategori kualitas model adalah 231 dari skor maksimum sebesar 250. Sehingga persentase tingkat penerimaan pengguna terhadap kualitas model adalah $231/250 \times 100\% = 92,4\%$. Selanjutnya hasil penilaian responden terhadap kualitas aplikasi ditunjukkan pada Tabel 4.25.

Tabel 4. 25 Hasil Pengujian *User Acceptance Test (UAT)* Kualitas Aplikasi

No	Pernyataan	Total Skor
1.	Tampilan antarmuka aplikasi tersusun dengan jelas dan mudah dipahami.	43
2.	Proses evaluasi gerakan plank menggunakan kamera dapat dilakukan dengan mudah.	46
3.	Fitur evaluasi gerakan plank secara real time dapat digunakan dengan baik	45
4.	Informasi dan hasil evaluasi yang ditampilkan aplikasi mudah dipahami	46
5.	Navigasi antar halaman pada aplikasi berjalan dengan baik dan mudah digunakan.	45
6.	Waktu yang dibutuhkan aplikasi untuk menghasilkan hasil evaluasi sudah cukup	45
7.	Aplikasi sangat membantu dalam melakukan evaluasi gerakan plank secara mandiri.	45
8.	Secara keseluruhan, aplikasi telah memenuhi kebutuhan dalam melakukan evaluasi gerakan plank.	45
Total		363

Didapati hasil pengujian pada kategori kualitas aplikasi adalah 363 dari skor maksimal sebesar 400. Sehingga diperoleh persentase tingkat penerimaan terhadap aplikasi adalah $363/400 \times 100\% = 90,75\%$. Dengan begitu, untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna secara keseluruhan, dilakukan perhitungan terhadap total skor kualitas model dan kualitas aplikasi android. Total skor yang diperoleh

adalah 594 dari skor maksimum sebesar 650, Sehingga diperoleh persentase penerimaan pengguna secara keseluruhan adalah $594/650 \times 100\% = 91,38\%$. Yang dapat disimpulkan bahwa aplikasi Kinetic telah diterima dengan baik oleh pengguna.

4.4.4 Analisis Data / Evaluasi Pengujian

Analisis pada penelitian ini mencakup tiga aspek utama, yaitu analisis performa model *deep learning*, analisis *fungsionalitas* aplikasi melalui *Black Box Testing* dan analisis tingkat penerimaan pengguna melalui *User Acceptance Test* (UAT). Ketiga aspek tersebut ditinjau berdasarkan hasil pengujian yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya.

4.4.4.1 Analisis Penilaian Kualitas Model

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model yang sudah dikembangkan mampu mengklasifikasikan gerakan plank dengan performa yang cukup baik. Hal tersebut terlihat dari nilai *accuracy* sebesar 97,08%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar data pengujian berhasil diklasifikasikan sesuai dengan label sebenarnya. Selain itu, nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang berada di atas 97% juga menunjukkan bahwa model mampu memberikan prediksi yang konsisten pada kedua kelas yang digunakan.

Perbandingan performa model berdasarkan jumlah *landmark* juga menunjukkan adanya pengaruh terhadap hasil klasifikasi yang diperoleh. Penggunaan 4 *landmark* menghasilkan performa terbaik dibandingkan penggunaan 3 *landmark* maupun seluruh 17 *landmark* yang dihasilkan oleh *MoveNet*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa informasi yang diperoleh dari *landmark shoulder*, *hip*, *knee*, dan *ankle* sudah mampu merepresentasikan postur tubuh yang diperlukan untuk melakukan evaluasi gerakan plank.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.4.4.2 Analisis Hasil *Black Box Testing*

Berdasarkan hasil pengujian mandiri menggunakan *Black Box Testing* terhadap seluruh fitur pada aplikasi Kinetik semua nya berhasil berjalan sesuai dengan fungsinya tanpa ditemukan kesalahan pada setiap fitur fitur utama seperti proses login, navigasi halaman, evaluasi gerakan sampai terhadap penyimpanan hasil evaluasi.

4.4.4.3 Analisis *User Acceptance Test (UAT)*

Berdasarkan hasil *User Acceptance Test (UAT)* yang telah dilakukan terhadap 10 responden, mayoritas pernyataan memperoleh skor yang tinggi baik pada kategori kualitas model maupun kualitas aplikasi Android. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengguna memberikan penilaian positif terhadap kemampuan sistem dalam mengevaluasi gerakan dalam aplikasi.

Hal ini diperkuat dengan nilai penerimaan pengguna sebesar 92,4% pada kategori kualitas model dan 90,75% pada kategori kualitas aplikasi Android. Selain itu, diperoleh nilai penerimaan pengguna secara keseluruhan sebesar 91,38%. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa responden yang memberikan nilai di bawah skor maksimum pada beberapa pernyataan, yang menunjukkan bahwa masih terdapat aspek yang dapat dikembangkan dan ditingkatkan pada penelitian selanjutnya. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa aplikasi dapat diterima dengan baik oleh pengguna dan layak digunakan sebagai media evaluasi gerakan plank berbasis android.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melalui penelitian yang telah dilakukan, berhasil dikembangkan aplikasi mobile berbasis Android untuk evaluasi kualitas gerakan plank menggunakan pendekatan *Human Pose Estimation (MoveNet)* dan model *deep learning Hybrid Convolutional Neural Network–Long Short-Term Memory (CNN-LSTM)*. Proses pengolahan data dilakukan melalui ekstraksi 4 landmark tubuh berupa bahu, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki yang diubah menjadi sudut persendian dan disusun dalam bentuk sinyal *time-series*. Model yang dikembangkan mampu mengklasifikasikan gerakan plank ke dalam kategori benar dan salah dengan hasil pengujian yang menunjukkan nilai *accuracy* sebesar 97,08%, *precision* sebesar 97,14%, *recall* sebesar 97,06%, dan *F1-score* sebesar 97,08%. Hasil perbandingan jumlah landmark juga menunjukkan bahwa penggunaan 4 landmark menghasilkan performa terbaik dibandingkan penggunaan 3 landmark maupun 17 landmark untuk mendeteksi gerakan plank. Model yang telah dilatih berhasil dikonversi ke format *TensorFlow Lite* dan diintegrasikan ke dalam aplikasi Android guna untuk melakukan evaluasi gerakan plank secara *realtime*. Selain itu, hasil pengujian *Black Box Testing* juga menunjukkan bahwa seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan.

5.2 Saran

Meskipun aplikasi telah berhasil dikembangkan, namun penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang dapat menjadi bahan pengembangan pada penelitian selanjutnya. Salah satunya adalah jumlah dataset yang masih terbatas, sehingga penelitian berikutnya dapat menggunakan data yang lebih banyak dan lebih beragam untuk hasil yang lebih baik. Selain itu, aplikasi yang dikembangkan pada penelitian ini hanya melakukan klasifikasi gerakan plank ke dalam kategori benar dan salah. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan aplikasi yang mampu memberikan informasi kesalahan gerakan secara lebih spesifik guna untuk dapat mengetahui bagian gerakan yang perlu diperbaiki.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

Alam, G. and Kurniasih, P.R., 2024. PENGGUNAAN METODE SYSTEM USABILITY SCALE (SUS) PADA APLIKASI SIMAMURAT. *JSAI : Journal Scientific and Applied Informatics*.

Alharthi, R., Qadrouh, M. and Alhalabi, W., 2024. Loss of consciousness detection model for smart triage. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 8(8). <https://doi.org/10.24294/jipd.v8i8.2687>.

Bami, Z., Berhampour Ali and Doosti Hassan, 2025. *A New Flexible Train-Test Split Algorithm, an approach for choosing among the Hold-out, K-fold cross-validation, and Hold-out iteration*.

Coppola, R., Fulcini, T., Ardito, L. and Torchiano, M., 2025. Kotlin assimilating the Android ecosystem: An appraisal of diffusion and impact on maintainability. *Journal of Systems and Software*, 222. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2025.112346>.

Dhana, V., Hima, S., Krishna, D.V., Sashank, B.M. and Raju, G., 2025. *Posture Detection Using MoveNet*.

Dutta, S.J., Boongoen, T. and Zwigglelaar, R., 2025. *Human activity recognition: A review of deep learning-based methods*. *IET Computer Vision*, <https://doi.org/10.1049/cvi2.70003>.

Eimiller, K., LeFevre, L., Robarge, C., Strano, C., Tarbrake, K. and Wittmann, I., 2025. The Core of the Issue: Plank Performance and Pain in the Lower Back. *Journal of Clinical Medicine*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/jcm14113926>.

García-Jaén, M., Konarski, J.M., Hernández-Sánchez, S. and Cortell-Tormo, J.M., 2023. The Effect of Cranio-Cervical Position on Core Muscle Activation during the Prone Plank Exercise. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/app131910970>.

He, J.L., Wang, J.H., Lo, C.M. and Jiang, Z., 2025. Human Activity Recognition via Attention-Augmented TCN-BiGRU Fusion. *Sensors*, 25(18). <https://doi.org/10.3390/s25185765>.

Islam, M.J., Rana, M.S., Sarker, M.S., Islam, M.M., Miah, M.N., Hossain, M.A., Jahangir, R., Akter, R. and Ahmed, S., 2024. Prevalence and predictors of musculoskeletal injuries among gym members in Bangladesh: A nationwide cross-sectional study. *PLoS ONE*, 19(8 August). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0303461>.

Jibril, M., Zulrahmadi and Amin, M., 2024. *PENGUJIAN SISTEM INFORMASI E-MODUL PADA SMPN 1 TEMPULING MENGGUNAKAN BLACK BOX TESTING 1. Juni, .*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Jo, B.J. and Kim, S.K., 2022. Comparative Analysis of OpenPose, PoseNet, and MoveNet Models for Pose Estimation in Mobile Devices. *Traitement du Signal*, 39(1), pp.119–124. <https://doi.org/10.18280/ts.390111>.

Joseph, V.R., 2022. Optimal ratio for data splitting. *Statistical Analysis and Data Mining*, 15(4), pp.531–538. <https://doi.org/10.1002/sam.11583>.

Kong, X., Chen, Z., Liu, W., Ning, K., Zhang, L., Muhammad Marier, S., Liu, Y., Chen, Y. and Xia, F., 2025. Deep learning for time series forecasting: a survey. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 16(7–8), pp.5079–5112. <https://doi.org/10.1007/s13042-025-02560-w>.

Koşar, E. and Barshan, B., 2023. A new CNN-LSTM architecture for activity recognition employing wearable motion sensor data: Enabling diverse feature extraction. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106529>.

Levman, J., Jennings, M., Kabaria, P., Rouse, E., Nangaku, M., Berger, D., Gondra, I., Takahashi, E. and Tyrrell, P., 2021. Hold-out validation for the assessment of stability and reliability of multivariable regression demonstrated with magnetic resonance imaging of patients with schizophrenia. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 81(7), pp.655–662. <https://doi.org/10.1002/jdn.10144>.

Nafea, O., Abdul, W., Muhammad, G. and Alsulaiman, M., 2021. Sensor-based human activity recognition with spatio-temporal deep learning. *Sensors*, 21(6), pp.1–20. <https://doi.org/10.3390/s21062141>.

Nandlal Tank, S., 2024. Role of Plank Exercise in Improving Core Stability in School Children-A Narrative Review. *International Journal of Scientific Development and Research*, [online] 9. Available at: <www.ijdsr.org>.

Palinggik Allorerung, P., Erna, A., Bagussahrir, M. and Alam, S., 2024. Analisis Performa Normalisasi Data untuk Klasifikasi K-Nearest Neighbor pada Dataset Penyakit. *Jurnal Informatika Sunan Kalijaga*, .

Park, J., Chung, S.Y. and Park, J.H., 2022. Real-Time Exercise Feedback through a Convolutional Neural Network: A Machine Learning-Based Motion-Detecting Mobile Exercise Coaching Application. *Yonsei Medical Journal*, 63, pp.S34–S42. <https://doi.org/10.3349/ymj.2022.63.S34>.

Park, S., Choi, B.H. and Jee, Y.S., 2023. Effects of plank exercise on respiratory capacity, physical fitness, and immunocytes in older adults. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 19(6), pp.332–338. <https://doi.org/10.12965/jer.2346536.268>.

Sideridou, M., Kouidi, E., Hatzitaki, V. and Chouvarda, I., 2024. Towards Automating Personal Exercise Assessment and Guidance with Affordable Mobile Technology. *Sensors*, 24(7). <https://doi.org/10.3390/s24072037>.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Susetyo, Y.A., Parhusip, H.A., Trihandaru, S. and Susanto, B., 2025. LSTM-IOT (LSTM-based IoT) untuk Mengatasi Kehilangan Data Akibat Kegagalan Koneksi. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 12(1), pp.175–186. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2025129157>.

Talib, S.M., Al-Najar, A.M., Hassan, A.H. and Talib, Z.S., 2025. Kotlin Programming Language: A Comprehensive Overview of Definition, Applications, Advantages, and Limitations. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*. <https://doi.org/10.7753/ijcatr1303.1002>.

Tan, T.H., Tian, J.H., Sharma, A.K., Liu, S.H. and Huang, Y.F., 2024. Human Activity Recognition Based on Deep Learning and Micro-Doppler Radar Data. *Sensors*, 24(8). <https://doi.org/10.3390/s24082530>.

Tharatipyakul, A., Srikaewsiew, T. and Pongnumkul, S., 2024. *Deep learning-based human body pose estimation in providing feedback for physical movement: A review*. *Heliyon*, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36589>.

Vista, G., Candra, Y., Pamungkas, D.P. and Kasih, P., 2025. *Analisis Performa Metode CNN Dan LSTM Untuk Deteksi Gerakan Angkat Beban*. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, .

Widiputra, H., Mailangkay, A. and Gautama, E., 2021. Prediksi Indeks BEI dengan Ensemble Convolutional Neural Network dan Long Short-Term Memory. *Jurnal RESTI*, 5(3), pp.456–465. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i3.3111>.

Wulandari, Nofiyani and Hasugian, H., 2023. USER ACCEPTANCE TESTING (UAT) PADA ELECTRONIC DATA PREPROCESSING GUNA MENGETAHUI KUALITAS SISTEM. *JMIK (Jurnal Mahasiswa Ilmu Komputer)*, 4(1), pp.20–27.

Xu-Nan Tan, X.-N.T., 2023. Human Activity Recognition Based on CNN and LSTM. *Journal of Computers*, 34(3), pp.221–235. <https://doi.org/10.53106/199115992023063403016>.

Zain, A.R., Junio Priyaditama, F. and Hermawan, I., 2021. *Perancangan Sistem Presensi Guru Berbasis Web Menggunakan Metodologi Waterfall*. *Perancangan Sistem Presensi Guru Berbasis Web Menggunakan Metodologi Waterfall JURNAL MULTINETICS*, .

Zhao, M., Lu, N. and Guan, Y., 2024. Classification of Pilates Using MediaPipe and Machine Learning. *IEEE Access*, 12, pp.77133–77140. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3406678>.

Zhao, Y., Wang, X., Luo, Y. and Aslam, M.S., 2023. Research on Human Activity Recognition Algorithm Based on LSTM-1DCNN. *Computers, Materials and Continua*, 77(3), pp.3325–3347. <https://doi.org/10.32604/cmc.2023.040528>.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Achmad Husein Rifansyah lahir di Jakarta pada tanggal 18 Agustus 2003. Penulis menempuh pendidikan dasar di MIN 6 Jagakarsa pada tahun 2010–2016, kemudian melanjutkan pendidikan di MTs Daarussalam pada tahun 2016–2019. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan di SMK Perguruan Cikini dengan jurusan Multimedia pada tahun 2019–2022. Pada tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan di Politeknik Negeri Jakarta pada Program Studi Teknik Informatika.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

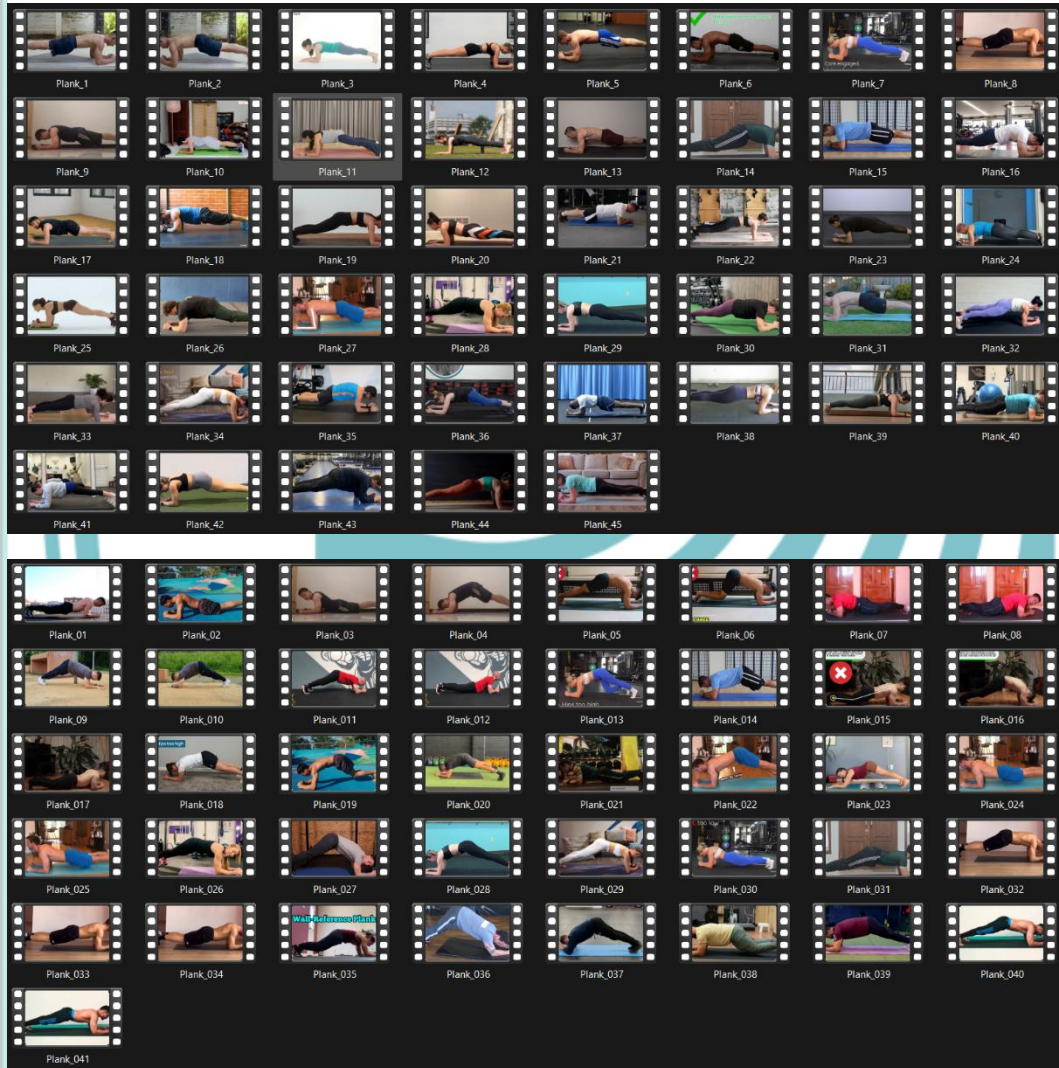
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan , penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 – Dataset Penelitian



Lampiran 3 – Personal Trainer



BERITA ACARA VALIDASI DATASET

Pada hari Minggu tanggal 31 bulan Mei tahun 2026 telah diadakan validasi dataset penelitian skripsi untuk saudara :

Nama : Achmad Husein Rifansyah
Nomor Induk Mahasiswa : 2207411016
Program Studi : TI / TMD / TMI *
Judul skripsi : Pengembangan Aplikasi Mobile Untuk Evaluasi Kualitas Gerakan Plank Berbasis Deep Learning

Bertindak sebagai tenaga ahli *personal trainer* untuk validasi dataset tersebut :

Sekhul Jihad, S.Kom.

Depok, 30 Juni 2026

Mahasiswa Ybs,



Achmad Husein Rifansyah
NIM. 2207411016

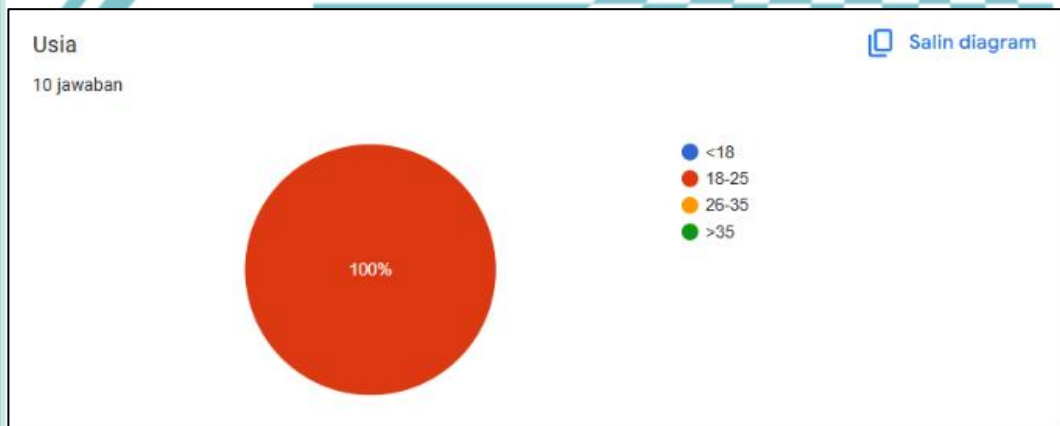
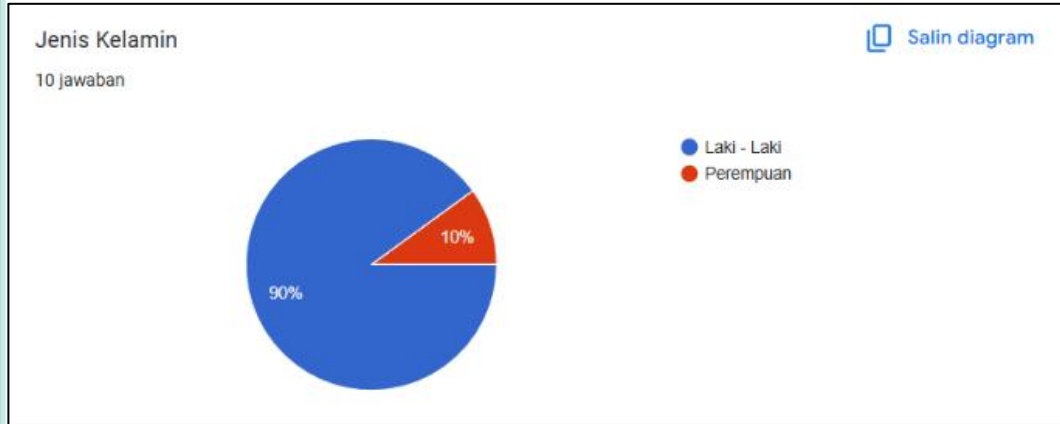


Sekhul Jihad, S.Kom.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Lampiran 4 – Data Kuesioner UAT

1. Informasi Responden



2. Q1 – Kualitas Model

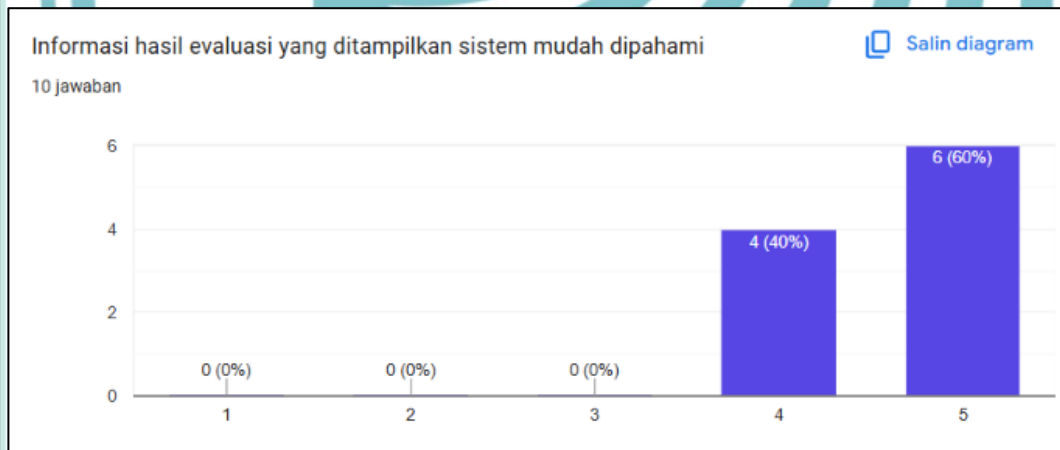


(Lanjutan)

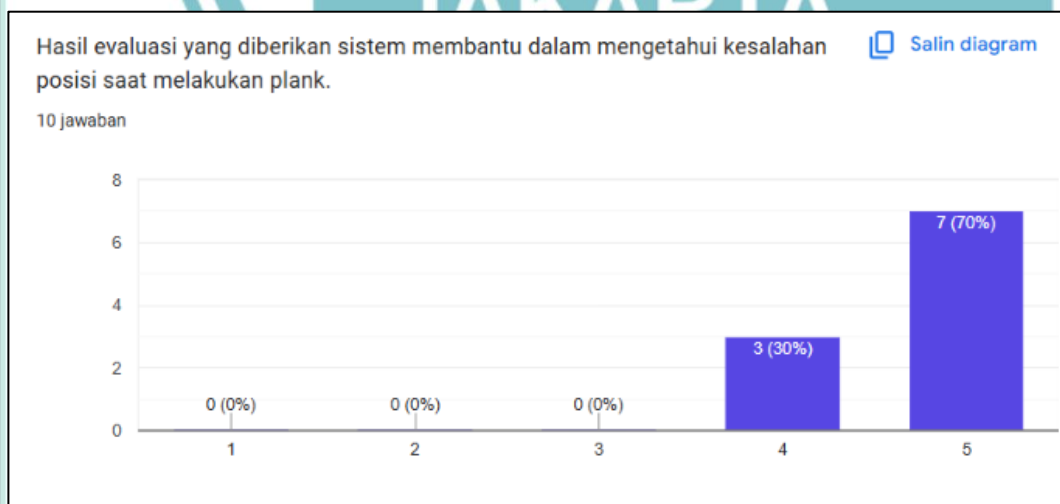
3. Q2 – Kualitas Model



4. Q3 – Kualitas Model



5. Q4 – Kualitas Model



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

(Lanjutan)

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

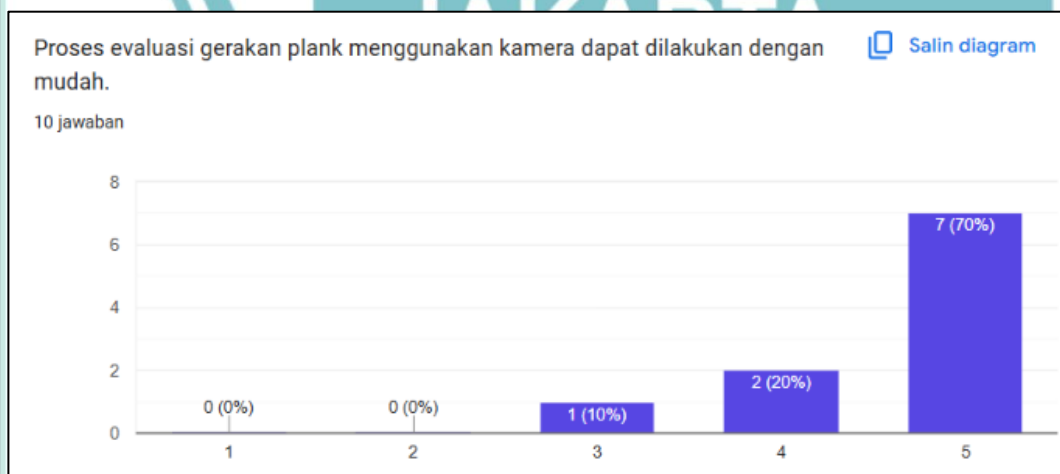
6. Q5 – Kualitas Model



7. Q1 – Kualitas Aplikasi



8. Q2 – Kualitas Aplikasi



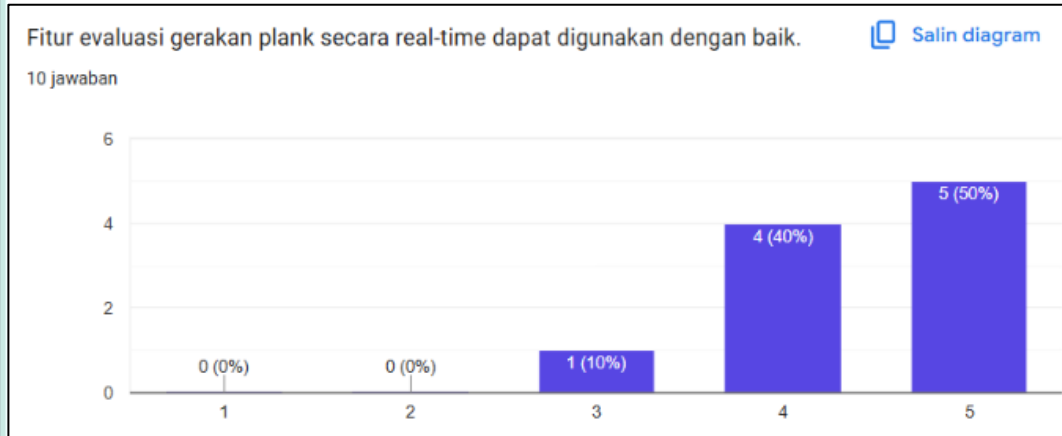
(Lanjutan)

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

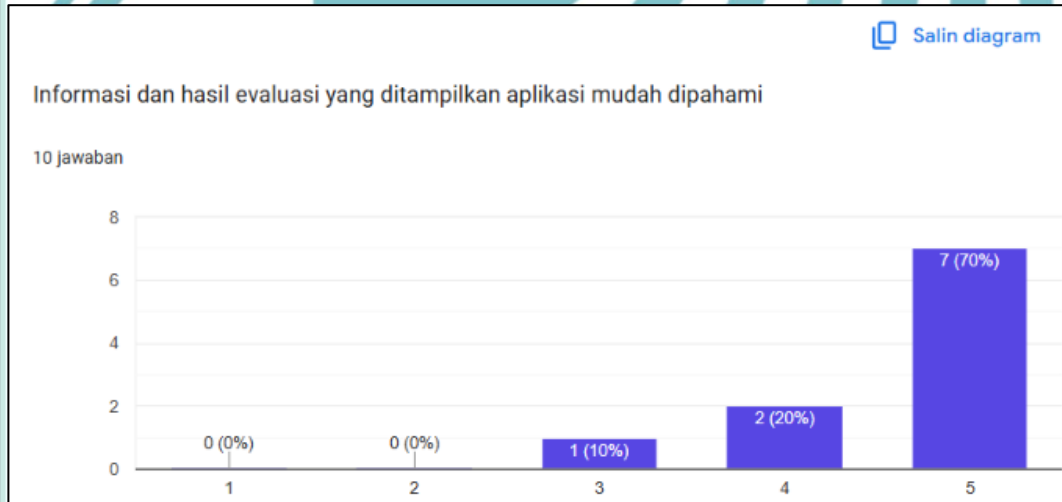
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan , penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

9. Q3 – Kualitas Aplikasi



10. Q4 – Kualitas Aplikasi



11. Q5 – Kualitas Aplikasi



(Lanjutan)

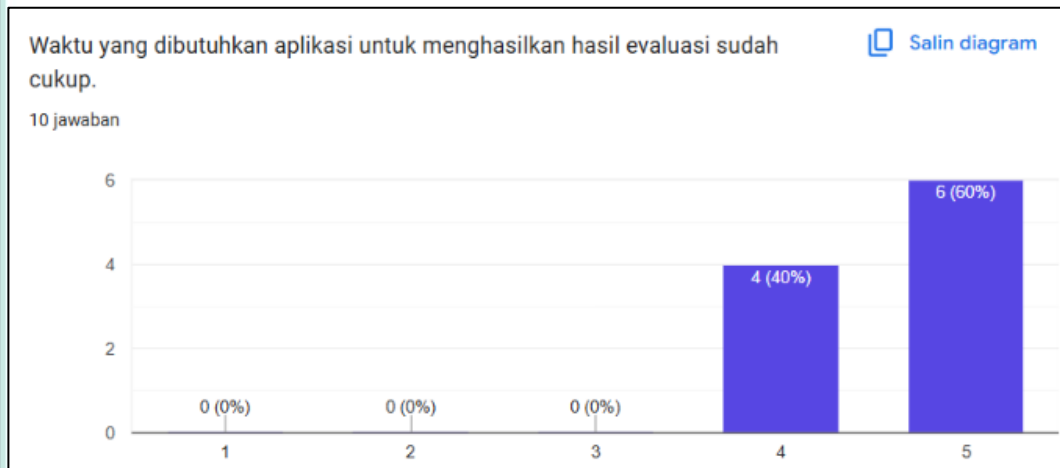
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

12. Q6 – Kualitas Aplikasi



13. Q7 – Kualitas Aplikasi



14. Q8 – Kualitas Aplikasi



(Lanjutan)

15. Hasil Perhitungan UAT

Hasil User Acceptance Test (UAT) Kualitas Model											
Pertanyaan	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Total
P1		5	5	4	4	3	5	5	5	5	46
P2		5	5	4	3	4	5	5	5	5	46
P3		5	4	4	5	4	5	5	4	5	46
P4		5	4	5	4	4	5	5	5	5	47
P5		5	4	5	4	4	5	5	4	5	46
Total											231

Hasil User Acceptance Test (UAT) Kualitas Aplikasi											
Pertanyaan	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Total
P1		5	4	4	3	3	5	5	5	4	43
P2		5	5	4	3	5	5	5	5	4	46
P3		5	5	4	4	4	5	5	4	5	45
P4		5	5	3	4	5	5	5	4	5	46
P5		5	4	4	4	4	5	5	5	4	45
P6		4	5	4	4	4	5	5	5	5	46
P7		5	4	4	4	4	5	5	5	5	46
P8		5	5	4	4	4	5	5	5	4	46
Total											363

Hak Cipta :

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta