



© 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



**APLIKASI BERBASIS WEB DETEKSI DINI
GANGGUAN TIDUR SLEEP APNEA DARI SINYAL
PERNAPASAN DENGAN ARSITEKTUR HYBRID
DEEP LEARNING**

SKRIPSI

NAURA MUFIDAH 2207411052

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

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



**APLIKASI BERBASIS WEB DETEKSI DINI
GANGGUAN TIDUR SLEEP APNEA DARI SINYAL
PERNAPASAN DENGAN ARSITEKTUR HYBRID
DEEP LEARNING**

SKRIPSI

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

NAURA MUFIDAH

2207411052

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Naura Mufidah
NIM : 2207411052
Jurusan/Program Studi : T.Informatika dan Komputer / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Aplikasi Berbasis Web Deteksi Dini Gangguan
Tidur Sleep Apnea dari Sinyal Pernapasan dengan
Arsitektur Hybrid Deep Learning

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

Apabila dikemudian 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, 15 Juli 2026

Yang membuat pernyataan,



Naura Mufidah

NIM 2207411052



© 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

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Naura Mufidah
NIM : 2207411052
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Aplikasi Berbasis Web Deteksi Dini Gangguan Tidur Sleep Apnea dari Sinyal Pernapasan dengan Arsitektur Hybrid Deep Learning

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Senin, Tanggal 29, Bulan Juni, Tahun 2026 dan dinyatakan LULUS.

Disahkan oleh

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

(*Mera Kartika Delimayanti*)

Penguji I : Rizki Elisa Nalawati, S.T., M.T.

(*Rizki Elisa Nalawati*)

Penguji II : Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom

(*Dr. Anita Hidayati*)

Penguji III : Fachroni Arbi Murad, S.Kom., M.Kom.

(*Fachroni Arbi Murad*)

Mengetahui,

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua



Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom
NIP. 197908032003122003



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Berbasis Web Deteksi Dini Gangguan Tidur Sleep Apnea dari Sinyal Pernapasan dengan Arsitektur Hybrid Deep Learning”, sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Terapan Program Studi Teknik Informatika di Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi. Pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika dan Komputer.
2. Ibu Euis Oktavianti, S.Si., M.TI., selaku Kepala Program Studi Teknik Informatika.
3. Ibu Mera Kartika Delimayanti, S.Si., M.T., Ph.D., sebagai dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan mendukung penulis selama proses penyusunan skripsi.
4. Kedua orang tua penulis, yang selalu memberikan dukungan, nasehat, dan doa yang tidak pernah putus dalam setiap langkah perjalanan penulis hingga saat ini.
5. Aisyah Putri alfais, Alifia Tasya Kamila, Azzahra Mahira Hudzaifa, dan Nasywa Niswan, selaku sahabat penulis yang selalu memberikan dukungan dan kebersamaan.
6. SEVENTEEN, yang melalui karya-karyanya memberikan hiburan, motivasi, serta semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Chairania jasmine, Kasamira Anindita Qairia, Nurul Hasanah, Salma Kamila, dan Tarissa Azzahra Danantya, teman satu kelas penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan kebersamaan selama masa perkuliahan.
8. Seluruh teman-teman kuliah yang selalu berkumpul bersama, saling menghibur, dan memberikan semangat satu sama lain selama masa perkuliahan.

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 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

9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah dengan tulus ikhlas memberikan doa dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Sebagai penutup, penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan skripsi ini di masa yang akan datang. Penulis juga berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang membutuhkan.

Depok, 15 Juli 2025

Penulis,

Naura Mufidah

NIM. 2207411052

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© 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 Politeknik Negeri Jakarta, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Naura Mufidah
NIM : 2207411052
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 :

APLIKASI BERBASIS WEB DETEKSI DINI GANGGUAN TIDUR SLEEP APNEA DARI SINYAL PERNAPASAN DENGAN ARSITEKTUR HYBRID 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 pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 15 Juli 2026

Yang menyatakan,



Naura Mufidah

NIM 2207411052



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

Aplikasi Berbasis Web Deteksi Dini Gangguan Tidur Sleep Apnea dari Sinyal Pernapasan dengan Arsitektur Hybrid Deep Learning

ABSTRAK

Sleep apnea merupakan gangguan tidur yang ditandai dengan henti napas berulang saat tidur dan berisiko menimbulkan berbagai komplikasi kesehatan apabila tidak terdeteksi sejak dini. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun aplikasi berbasis web bernama SleepWell untuk deteksi dini sleep apnea menggunakan sinyal pernapasan dengan arsitektur hybrid deep learning. Dataset yang digunakan berasal dari UCD St. Vincent's University Hospital yang terdiri dari 25 pasien dengan empat kanal sinyal, yaitu Flow, Sum, Abdo, dan SpO₂. Sinyal diproses melalui tahapan resampling ke 8 Hz, normalisasi, segmentasi window 30 detik, dan balancing dataset. Tiga arsitektur model dibandingkan, yaitu Pure CNN, LSTM, dan Hybrid CNN-LSTM. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model Hybrid CNN-LSTM menghasilkan performa terbaik dengan akurasi 90,96%, precision 89,87%, recall 92,32%, dan F-1 score 91,08%. Model tersebut diintegrasikan ke dalam aplikasi web berbasis Laravel dengan FastAPI sebagai backend deteksi. Pengujian Black Box Testing menunjukkan seluruh fitur berjalan sesuai fungsinya, dan pengujian User Acceptance Testing yang melibatkan 10 tenaga medis memperoleh nilai rata-rata 90,18%, menunjukkan bahwa aplikasi layak digunakan sebagai alat bantu deteksi dini sleep apnea.

Kata Kunci: *Sleep Apnea, Aplikasi Web, CNN-LSTM, Deep Learning, Sinyal Pernapasan*

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Sleep Apnea	6
2.3 Sinyal Pernapasan	7
2.3.1 Sinyal SpO ₂	7
2.3.2 Sinyal Aliran Udara (Flow)	7
2.3.3 Sinyal Abdomen (perut)	8
2.3.4 Sinyal Sum	8
2.4 Deep Learning	8
2.4.1 Hybrid CNN-LSTM	9
2.5 Python	9
2.6 Laravel	10
2.7 FastAPI	10
2.8 PostgreSQL	10

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

BAB III.....	11
METODE PENELITIAN	11
3.1 Rancangan Penelitian	11
3.2 Tahapan Penelitian.....	12
3.2.1 Identifikasi Masalah.....	12
3.2.2 Studi Literatur	12
3.2.3 Pengumpulan Data	12
3.2.4 Pra-pemrosesan Data	13
3.2.5 Pembuatan Model	13
3.2.6 Evaluasi Model	14
3.2.7 Implementasi Sistem.....	14
3.2.8 Pengujian	14
3.2.9 Kesimpulan dan Pembuatan Laporan	14
3.3 Metode Pengembangan Sistem.....	14
3.4 Objek Penelitian	16
BAB IV	17
HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Analisis Kebutuhan.....	17
4.1.1 Kebutuhan pengembangan model.....	17
4.1.1.1 Kebutuhan dataset.....	17
4.1.1.2 Kebutuhan Model.....	18
4.1.2 Kebutuhan pengembangan web	18
4.1.2.1 Kebutuhan fungsional	18
4.1.2.2 Kebutuhan Non-fungsional	19
4.1.3 Kebutuhan Perangkat.....	20
4.1.3.1 Kebutuhan perangkat keras	20
4.1.3.2 Kebutuhan perangkat lunak.....	21
4.2 Perancangan Sistem.....	22
4.2.1 Metode Penerapan Apnea	22
4.2.2 Perancangan Model Deep learning	23
4.2.2.1 Eksplorasi Dataset.....	23
4.2.2.2 Pra-pemrosesan Dataset	24
4.2.2.4 Pembagian Dataset	26
4.2.2.5 Pelatihan Model Deep Learning.....	26



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

4.2.2.6 Evaluasi Model.....	29
4.2.3 Perancangan Aplikasi Web	31
4.2.3.1 Use Case Diagram.....	31
4.2.3.2 Activity Diagram.....	32
4.2.3.3 Wireframe.....	38
4.2.4 Perancangan Backend Deteksi.....	42
4.2.5 Perancangan integrasi Model dengan Aplikasi Web.....	43
4.3 Implementasi Sistem	43
4.3.1 Implementasi Model	43
4.3.1.1 Implementasi Pra-pemrosesan data.....	43
4.3.1.2 implementasi pembagian dataset.....	49
4.3.1.3 Implementasi Model Deep Learning dan Evaluasi Model.....	50
4.3.1.3.1 CNN.....	50
4.3.1.3.2 LSTM	52
4.3.1.3.3 Hybrid CNN-LSTM	54
4.3.2 Implementasi Backend Deteksi	56
4.3.3 Implementasi Aplikasi Web	56
4.3.3.1 Implementasi Landing Page.....	56
4.3.3.2 Implementasi Halaman <i>Sign Up</i>	58
4.3.3.3 Implementasi Halaman <i>Sign In</i>	58
4.3.3.4 Implementasi Halaman <i>Dashboard User</i>	59
4.3.3.5 Implementasi Halaman <i>Dashboard Admin</i>	59
4.3.3.6 Implementasi Halaman Deteksi	60
4.3.3.7 Implementasi Halaman <i>Profile</i>	62
4.4 Pengujian.....	62
4.4.1 Deskripsi pengujian	63
4.4.1.1 Deskripsi Pengujian <i>BlackBox Testing</i>	63
4.4.1.2 Deskripsi Pengujian <i>User Acceptance Testing (UAT)</i>	63
4.4.2 Prosedur Pengujian	63
4.4.2.1 Prosedur Pengujian <i>BlackBox Testing</i>	63
4.4.2.2 Prosedur Pengujian <i>User Acceptance Testing (UAT)</i>	66
4.4.3 Data hasil pengujian.....	67
4.4.3.1 Data Hasil Pengujian <i>Black Box</i>	67
4.4.3.2 Data Hasil Pengujian <i>UAT</i>	69



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

4.4.4 Analisis Hasil Pengujian	72
4.4.4.1 Analisis Hasil Kinerja Model Deep Learning	72
4.4.4.2 Analisis Hasil Pengujian Black Box	73
4.4.4.3 Analisis Hasil Pengujian UAT.....	73
BAB V.....	75
PENUTUP.....	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA.....	77
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	80
LAMPIRAN.....	81





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

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kebutuhan Fungsional.....	19
Tabel 4.2 Kebutuhan Non-fungsional	20
Tabel 4.3 Kebutuhan Perangkat Keras	20
Tabel 4.4 Daftar Perangkat Lunak Pengembangan Model.....	21
Tabel 4.5 Daftar Perangkat Lunak Pengembangan Aplikasi Web.....	22
Tabel 4.6 Jumlah Data.....	50
Tabel 4.7 Hasil <i>Training</i> CNN	51
Tabel 4.8 Hasil Training LSTM	53
Tabel 4.9 Hasil Training Hybrid CNN-LSTM	54
Tabel 4.10 Skenario Pengujian <i>Black Box</i>	64
Tabel 4.11 Bobot Skala Likert.....	66
Tabel 4.12 Pernyataan Pengujian UAT	66
Tabel 4.13 Hasil Pengujian <i>Black Box</i>	68
Tabel 4.14 Data Hasil Pengujian UAT	70
Tabel 4.15 Persentase Hasil Pengujian UAT.....	70
Tabel 4.16 Rekapitulasi Hasil akhir Skor UAT.....	71
Tabel 4.17 Interpretasi Skor	71
Tabel 4.18 Hasil Kinerja Model	72



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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Rancangan Penelitian	11
Gambar 3.2 Tahapan Penelitian	12
Gambar 4.1 <i>Channel</i> pada Sinyal.....	24
Gambar 4.2 Arsitektur Model CNN	27
Gambar 4.3 Arsitektur Model LSTM.....	28
Gambar 4.4 Arsitektur Model <i>Hybrid</i> CNN-LSTM.....	29
Gambar 4.5 <i>Use Case Diagram</i>	32
Gambar 4.6 Activity Diagram <i>Sign Up</i>	33
Gambar 4.7 Activity Diagram <i>Sign In</i>	34
Gambar 4.8 Activity Diagram Deteksi.....	35
Gambar 4.9 Activity Edit Profile	36
Gambar 4.10 Activity Diagram Hapus <i>History User</i> Oleh Admin	37
Gambar 4.11 Activity Diagram Hapus Akun User Oleh Admin	38
Gambar 4.12 <i>Wireframe</i> Halaman Utama.....	39
Gambar 4.13 <i>Wireframe</i> Halaman <i>Sign Up</i>	39
Gambar 4.14 <i>Wireframe</i> Halaman <i>Sign In</i>	40
Gambar 4.15 <i>Wireframe</i> Halaman Dashboard User.....	40
Gambar 4.16 <i>Wireframe</i> Halaman Dashboard Admin	41
Gambar 4.17 <i>Wireframe</i> Halaman Deteksi	41
Gambar 4.18 <i>Wireframe</i> Halaman <i>Profile</i>	42
Gambar 4.19 Anotasi Sinyal ucddb006.....	44
Gambar 4.20 ucddb006 Full Recording 4 Sinyal.....	44
Gambar 4.21 Fungsi Normalisasi Awal.....	45
Gambar 4.22 Fungsi Sinkronisasi Anotasi	46
Gambar 4.23 Proses Segmentasi Sinyal.....	47
Gambar 4.24 Sinyal Apnea dan Normal Setelah Segmentasi	48
Gambar 4.25 Proses Normalisasi Akhir	49
Gambar 4.26 Pembagian Dataset	49
Gambar 4.27 Grafik Akurasi dan Loss Model CNN.....	51
Gambar 4.28 <i>Confusion Matrix</i> CNN	52
Gambar 4.29 Grafik Akurasi dan Loss Model LSTM	53
Gambar 4.30 <i>Confusion Matrix</i> LSTM.....	53
Gambar 4.31 <i>Confusion Matrix</i> LSTM.....	54



© 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

Gambar 4.32 <i>Confusion Matrix</i> Hybrid CNN-LSTM.....	55
Gambar 4.33 Bagian Pertama Halaman Utama	57
Gambar 4.34 Bagian kedua Halaman Utama	57
Gambar 4.35 Halaman <i>Sign Up</i>	58
Gambar 4.36 Halaman Sign In.....	58
Gambar 4.37 Halaman <i>Dashboard User</i>	59
Gambar 4.38 Halaman <i>Dashboard Admin</i>	60
Gambar 4.39 Halaman Deteksi	60
Gambar 4.40 Bagian Pertama <i>Detection Result</i>	61
Gambar 4.41 Bagian kedua <i>Detection Result</i>	61
Gambar 4.42 Halaman <i>Profile</i>	62





© 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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Kuesioner.....	81
Lampiran 2 Cek Turnitin.....	86





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 mengumukkan 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

Gangguan tidur adalah kondisi yang terjadi ketika proses tidur seseorang mengalami gangguan baik dari segi durasi, kualitas, maupun waktu tidur. *Sleep apnea* merupakan gangguan tidur yang terjadi akibat adanya gangguan pada sistem pernapasan, ditandai dengan terjadinya henti napas saat seseorang sedang tidur (Ratanasari, Widasari and Maulana, 2022). Berdasarkan tinjauan komprehensif yang dilakukan oleh Benjafield, hampir sekitar satu miliar penduduk dunia mengalami *sleep apnea*, dengan angka prevalensi melebihi 50% di beberapa negara. Kondisi *sleep apnea* yang tidak terdeteksi memiliki keterkaitan erat dengan meningkatnya risiko *comorbidities* dan *mortality* serta penurunan kualitas hidup penderitanya (Hoang and Liang, 2025).

Gangguan pernapasan saat tidur atau *sleep apnea* terbagi menjadi tiga kategori, yaitu *Obstructive Sleep Apnea* (OSA), *Central Sleep Apnea* (CSA), dan *Complex Sleep Apnea* yang merupakan gabungan dari OSA dan CSA. Setiap jenis gangguan pernapasan saat tidur tersebut memiliki karakteristik gangguan pernapasan yang berbeda-beda (Yang *et al.*, 2024). Sebagian besar penderita *sleep apnea* tidak menyadari akan gangguan tidur yang dialaminya akibat keterbatasan informasi serta minimnya akses terhadap deteksi dini. Diagnosis gangguan tidur saat ini menggunakan *polysomnography* (PSG) yaitu pemeriksaan secara menyeluruh di laboratorium tidur menggunakan berbagai sensor medis. Namun, metode ini memerlukan biaya yang tinggi (Andriani, Nurrahmania and Alfiana, 2025).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Praba Arya Elmahdi dan Wahyu Agung Utomo, telah dikembangkan sebuah aplikasi berbasis web untuk deteksi kelainan tidur *sleep apnea* menggunakan sinyal pernapasan dengan *deep learning* berbasis model *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Long Short Time Memory* (LSTM.) Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan model LSTM yang dikombinasikan dengan ekstraksi fitur *Fast Fourier Transform* (FFT) mampu menghasilkan performa deteksi yang realistis dan stabil (Elmahdi, 2025).



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

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, penelitian ini akan dikembangkan lebih lanjut dengan mengimplementasikan sistem deteksi *sleep apnea* dalam bentuk aplikasi berbasis web yang memiliki tampilan antarmuka pengguna yang lebih baik, sesuai dengan saran penembangan yang diusulkan. Selanjutnya dari sisi pemodelan, penelitian ini melakukan eksplorasi arsitektur *hybrid* CNN-LSTM, yang menggabungkan kemampuan CNN dalam mengekstraksi fitur spasial dan kemampuan LSTM dalam memodelkan ketergantungan temporal pada sinyal, sehingga diharapkan mampu meningkatkan performa deteksi gangguan tidur secara lebih optimal.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan dan pelatihan model *deep learning* berbasis arsitektur *hybrid* CNN-LSTM untuk mendeteksi *sleep apnea* berbasis sinyal pernapasan?
2. Bagaimana perancangan dan pembangunan aplikasi berbasis web deteksi dini gangguan tidur *sleep apnea* berbasis sinyal pernapasan?
3. Bagaimana implementasi model deteksi *sleep apnea* ke dalam aplikasi berbasis web yang mampu melakukan deteksi dini gangguan tidur *sleep apnea* menggunakan sinyal pernapasan?
4. Bagaimana pengujian fungsionalitas aplikasi berbasis web dalam melakukan deteksi dini gangguan tidur *sleep apnea*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan dataset sinyal pernapasan (*SpO₂*, *Flow*, *Sum*, dan *Abdomen*) yang berasal dari Physionet.
2. Penelitian tidak membahas proses pengambilan data atau cara kerja perangkat keras dalam merekam sinyal.
3. Penelitian hanya berfokus pada deteksi *Obstructive Sleep Apnea* (OSA), tidak mencakup deteksi *Central Sleep Apnea* (CSA) dan *Complex Sleep Apnea*.
4. Model dibangun menggunakan arsitektur *hybrid* CNN-LSTM dengan *library* TensorFlow.



© 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 mengumukkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

5. Model deteksi yang dikembangkan hanya dapat menghasilkan output berupa nilai akurasi, dan hasil deteksi (apnea atau normal).
6. Implementasi sistem berbasis web menggunakan *framework* Laravel (*frontend*) dan FastApi (*backend* Deteksi).
7. Aplikasi diuji dengan *Black Box Testing* dan *User Acceptance Testing* yang dilakukan oleh Dokter dan Dokter Muda.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan melatih model *deep learning* berbasis arsitektur *hybrid* CNN-LSTM untuk mendeteksi OSA menggunakan sinyal pernapasan seperti *SpO₂*, *Flow*, *Sum*, dan *Abdomen*.
2. Membangun aplikasi berbasis web yang mampu melakukan deteksi dini gangguan tidur *sleep apnea*.
3. Mengimplementasikan dan mengintegrasikan model deteksi *sleep apnea* ke dalam aplikasi web.
4. Melakukan pengujian fungsionalitas dan kinerja sistem untuk memastikan aplikasi dapat berjalan dengan baik.

1.4.2 Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menyediakan aplikasi berbasis web yang dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu deteksi dini *sleep apnea*, sehingga pengguna memperoleh informasi awal mengenai kondisi gangguan tidur yang dialami.
2. Informasi awal deteksi dini *sleep apnea* yang dihasilkan dapat mendorong pengguna untuk melakukan tindakan lanjutan, seperti berkonsultasi ke tenaga medis, sehingga risiko komplikasi dari *sleep apnea* dapat diminimalkan.
3. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan sistem deteksi dini gangguan tidur *sleep apnea* berbasis *deep learning*, melalui penerapan



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

arsitektur *hybrid* CNN-LSTM dan implementasinya dalam aplikasi berbasis web.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar penyusunan skripsi lebih terstruktur, sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan mafaat penelitian, serta gambaran umum mengenai sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan terhadap penelitian terdahulu yang relevan serta landasan teori yang mendukung penelitian, termasuk konsep dasar *sleep apnea*, sinyal pernapasan, dan metode *deep learning* yang digunakan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rancangan penelitan, tahapan penelitian, sumber dan karakteristik data, metode pra-pemrosesan sinyal, perancangan model, serta arsitektur sistem aplikasi berbasis web yang dibangun.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem deteksi *sleep apnea* yang telah dikembangkan. Pembahasan meliputi hasil pembuatan dan pelatihan model, implementasi ke dalam aplikasi web, serta hasil pengujian kinerja model dan fungsionalitas aplikasi.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran pengembangan untuk penelitian selanjutnya.



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

Studi literatur menunjukkan bahwa metode *deep learning* telah banyak dimanfaatkan dalam penelitian terkait deteksi gangguan tidur sleep apnea. Sebagai contoh, penelitian skripsi yang dilakukan oleh Praba Arya (2025) dengan judul “Model Deteksi Sleep Apnea dari Sinyal Pernapasan berbasis Deep Learning” menerapkan model 1D CNN dan LSTM yang dikombinasikan dengan metode ekstraksi fitur FFT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi model LSTM dan ekstraksi fitur FFT memberikan performa terbaik dalam menjaga keseimbangan antara tingkat akurasi dan realisme deteksi, sehingga dinilai sesuai untuk implementasi awal sistem deteksi sleep apnea dengan sinyal pernapasan. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini menerapkan arsitektur *hybrid* CNN-LSTM, di mana CNN dan LSTM digabungkan dalam satu rangkaian arsitektur untuk melakukan proses ekstraksi fitur dan pemodelan temporal secara terintegrasi.

Selain memanfaatkan sinyal pernapasan, beberapa penelitian juga menggunakan sinyal fisiologis lain seperti *electrocardiogram* (ECG) untuk mendeteksi *sleep apnea*. Sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2021) dengan judul “Automatic Detection of Obstructive Sleep Apnea Events Using a Deep CNN-LSTM Model”. Penelitian tersebut menggunakan metode *deep learning* berbasis arsitektur *hybrid* CNN-LSTM dengan memanfaatkan sinyal ECG satu channel. Hasil dari penelitian menunjukkan performa yang sangat baik dengan akurasi sebesar 96,1% (Zhang *et al.*, 2021). Meskipun menggunakan sinyal ECG, penelitian ini menunjukkan bahwa arsitektur *hybrid* CNN-LSTM efektif dalam mempelajari pola temporal pada sinyal fisiologis, sehingga relevan sebagai referensi pengembangan deteksi sleep apnea berbasis sinyal pernapasan.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Prashant Hemrajani et al. (2023) dengan judul “Efficient Deep Learning Based Hybrid Model to Detect Obstructive Sleep Apnea”. Penelitian tersebut menggunakan metode *deep learning* berbasis



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

arsitektur *hybrid* CNN-LSTM untuk mendeteksi obstructive sleep apnea. Pada penelitian ini, *MobileNet* V1 digunakan sebagai *feature extractor* untuk menangkap kaeakteristik spasial sinyal ECG, sedangkan LSTM digunakan untuk memodelkan ketergantungan temporal sinyal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model arsitektur *hybrid* CNN-LSTM mampu mencapai akurasi sebesar 90,0%, dengan sensitivitas 89,92% dan spesifisitas 90,34%, yang menunjukkan peningkatan kinerja dibandingka penggunaa CNN saja (Hemrajani *et al.*, 2023). Meskipun penelitian ini menggunakan sinyal ECG, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pendekatan *deep learning hybrid* efektif dalam mendeteksi kejadian *obstructive sleep apnea*.

2.2 Sleep Apnea

Sleep apnea adalah gangguan tidur yang disebabkan oleh masalah pada sistem pernapasan yang ditandai dengan terjadinya henti napas berulang saat seseorang sedang tidur (Ratanasari, Widasari and Maulana, 2022). Berdasarkan mekanismenya, *sleep apnea* terbagi menjadi tiga kategori, yaitu *Obstructive Sleep Apnea* (OSA), *Central Sleep Apnea* (CSA), dan *Complex Sleep Apnea*. (Yang *et al.*, 2024). OSA merupakan jenis *sleep apnea* yang paling sering ditemukan dan terjadi akibat penyempitan atau penyumbatan saluran napas bagian atas secara berulang saat tidur. Kondisi ini menimbulkan apnea dan hipoapnea yang dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen dalam darah, mengaktifkan sistem saraf otonom, serta memicu terbangunnya seseorang dalam waktu singkat saat tidur (*micro-arousal*). Penderita OSA umumnya mengalami kualitas tidur yang buruk, kantuk berlebih di siang hari, kelelahan, kesulitan berkonsentrasi, penurunan daya ingat, gangguan psikologis, serta berbagai masalah lainnya (Saputra and Utomo, 2023). Penelitian ini difokuskan pada deteksi OSA karena sinyal pernapasan yang digunakan belum dapat menilai tahapan tidur (*sleep staging*). Hal ini menyebabkan sinyal yang digunakan kurang memadai untuk mengklasifikasikan jenis apnea yang lebih complex seperti CSA, yang idealnya memerlukan sinyal gelombang otak *electroencephalogram* (EEG) agar diagnosis nya lebih akurat (Zhao *et al.*, 2021).



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

2.3 Sinyal Pernapasan

Sinyal pernapasan merupakan data fisiologis yang merepresentasikan aktivitas pernapasan dan oksigenasi tubuh selama tidur. Dalam konteks *sleep apnea*, sinyal pernapasan digunakan untuk mengidentifikasi adanya gangguan pernapasan seperti apnea dan hipoapnea. Gangguan pernapasan saat tidur tersebut ini ditandai dengan perubahan pada aliran udara dan usaha pernapasan yang dapat diamati melalui sinyal respirasi. Sinyal respirasi seperti *nasal airflow*, *thoracic effort*, *abdomen effort*, dan SpO_2 merupakan indikator yang relevan dalam identifikasi kejadian apnea dan hipopnea pada data polisomnografi (Wang, Koprinska and Jeffries, 2023).

2.3.1 Sinyal SpO_2

Sinyal saturasi oksigen (SpO_2) adalah ukuran persentase oksigen yang terikat pada hemoglobin dalam darah, yang biasanya diperoleh melalui alat *pulse oximeter*. Pada kondisi normal, nilai SpO_2 menunjukkan seberapa efektif oksigen dibawa oleh darah ke seluruh tubuh. Dalam konteks *sleep-disordered breathing*, nilai SpO_2 cenderung menurun ketika terjadi episode apnea atau hipoapnea, karena aliran oksigen ke tubuh menjadi terganggu. Penurunan SpO_2 ini membuat sinyal SpO_2 menjadi indikator penting untuk mendeteksi gangguan pernapasan saat tidur secara tidak langsung. Oleh karena itu, sinyal SpO_2 yang diperoleh dari *pulse oximeter* menjadi pilihan yang lebih praktis dan nyaman dibandingkan sensor yang digunakan pada pemeriksaan polisomnografi (PSG), sehingga memungkinkan pemantauan *sleep apnea* secara lebih efisien dan berkelanjutan (Sharma *et al.*, 2022).

2.3.2 Sinyal Aliran Udara (Flow)

Sinyal aliran udara adalah salah satu sinyal pernapasan fisiologis yang direkam selama pemeriksaan polisomnografi (PSG) dan merepresentasikan aktivitas pernapasan dengan menunjukkan jumlah udara yang masuk dan keluar selama tidur. Data *airflow* biasanya diperoleh melalui sensor tekanan atau kanula hidung yang mendeteksi perubahan tekanan atau suhu aliran udara napas, sehingga mengukur amplitudo serta bentuk gelombang pernapasan. Sinyal *airflow* mampu merepresentasikan pola pernapasan normal, serta perubahan yang terjadi ketika



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

terjadi peristiwa apnea atau hipopnea, seperti penurunan amplitudo aliran udara yang jelas selama kejadian gangguan napas (Barroso-García *et al.*, 2022).

2.3.3 Sinyal Abdomen (perut)

Sinyal *abdomen* atau *Abdominal Inductane Plethysmography* (ABD) merupakan sinyal pernapasan yang digunakan untuk merekam pergerakan perut saat seseorang sedang bernapas, baik ketika menarik maupun menghembuskan napas. Sinyal ini menunjukkan usaha pernapasan secara tidak langsung melalui perubahan volume pada bagian *abdomen*, sehingga dapat membantu dalam mendeteksi gangguan pernapasan saat tidur, salah satunya *sleep apnea*. Pada pemeriksaan polisomnografi (PSG), sinyal ABD diperoleh menggunakan sabuk respirasi berbasis *Respiratory Inductance Plethysmography* (RIP) yang dipasang di sekitar perut (Elmoaqet *et al.*, 2020).

2.3.4 Sinyal Sum

Sinyal *sum* merupakan sinyal pernapasan yang dibentuk dari penjumlahan sinyal pergerakan *thoraks* (dada) dan *abdomen* (perut) sehingga dapat merepresentasikan usaha pernapasan total. Penggabungan kedua sinyal ini bertujuan untuk memperoleh gambaran aktivitas pernapasan yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan sinyal *thoraks* atau *abdomen* secara terpisah. Dalam analisis gangguan pernapasan saat tidur, sinyal *sum* mampu menangkap perubahan pola pernapasan yang terjadi pada kondisi normal maupun kejadian apnea, baik *obstructive* maupun *central sleep apnea*. Oleh karena itu, sinyal *sum* banyak dimanfaatkan dalam sistem analisis dan deteksi *sleep apnea* berbasis sinyal respirasi karena lebih stabil dalam menggambarkan aktivitas pernapasan secara keseluruhan (Abu, Khraiche and Amatory, 2024).

2.4 Deep Learning

Deep learning merupakan cabang dari *machine learning* yang menggunakan arsitektur jaringan saraf tiruan dengan banyak *hidden layers* untuk mengekstraksi representasi data secara berlapis. Berdasarkan literatur terbaru, teknologi ini memungkinkan sistem untuk belajar secara otomatis dari data mentah yang kompleks tanpa memerlukan ekstraksi fitur manual, di mana lapisan yang lebih dalam akan mempelajari pola yang lebih abstrak dan detail. Keunggulan utama



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

deep learning terletak pada kemampuannya mengolah data berskala besar dengan akurasi tinggi, sehingga sangat efektif digunakan dalam aplikasi pengenalan suara, klasifikasi citra, hingga pemrosesan sinyal biologis yang bersifat *time-series* (Tang *et al.*, 2023).

2.4.1 Hybrid CNN-LSTM

Model *hybrid* CNN-LSTM dirancang dengan menggabungkan dua jenis arsitektur jaringan saraf untuk meningkatkan performa pengolahan data *time-series*. Jaringan ini dimulai dengan tahap *One-Dimensional* (1D) CNN yang terdiri dari beberapa lapisan, yaitu lapisan konvolusi, *batch normalization* dan *maximum pooling*, yang bertugas untuk mengekstraksi peta fitur (*feature maps*) secara otomatis dari segmen sinyal input. Setelah fitur-fitur tersebut berhasil diekstraksi, data diubah bentuknya (*re-shaped*) agar dapat diproses oleh tahap berikutnya. Selanjutnya, hasil ekstraksi fitur tersebut dimasukkan ke dalam model LSTM untuk menangkap informasi fitur dinamik temporal atau hubungan antar-urutan data berdasarkan waktu. Operasi sel LSTM ini dilakukan secara berulang melalui beberapa langkah waktu (*time steps*) untuk memahami pola perubahan sinyal. Sebagai tahap akhir, model ini menggunakan lapisan *fully-connected* untuk memproses seluruh informasi yang telah dikumpulkan dan memberikan hasil prediksi atau klasifikasi akhir (Tang *et al.*, 2023).

2.5 Python

Python didefinisikan sebagai bahasa pemrograman yang bersifat *interpreted* dan serbaguna, yang dirancang dengan kesederhanaan serta keterbacaan kode yang menyerupai bahasa manusia. Berdasarkan literatur terbaru, Python menjadi bahasa yang paling dominan dalam bidang *Machine Learning* dan *Deep Learning* karena sintaksisnya yang ringkas mendukung berbagai metode pemrograman, seperti berorientasi objek dan fungsional, sehingga memungkinkan pengembang untuk memecahkan masalah kompleks secara lebih efisien. Selain itu, fleksibilitasnya sebagai *glue language* memudahkan integrasi dengan berbagai komponen perangkat lunak dan pustaka standar yang luas untuk analisis data ilmiah (Harahap *et al.*, 2025).



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

2.6 Laravel

Laravel merupakan salah satu *framework* pengembangan aplikasi web *open source* yang saat ini banyak digunakan karena mampu mempercepat dan mempermudah proses pembuatan aplikasi web. *Framework* Laravel ini dilengkapi dengan fitur modern yang mendukung kebutuhan pengembangan, seperti *Bundles*, *Eloquent ORM (Object-Relational Mapping)*, *Query Builder*, *Resource Controller*, *Blade Template Engine*, Migrasi, *Middleware*, serta fitur Paginasi Otomatis. Selain itu laravel memiliki sejumlah keunggulan yaitu struktur penulisan kode yang lebih ringkas, mudah dipahami, serta bersifat ekspresif sehingga memudahkan proses pengembangan dan pemeliharaan aplikasi (Indah Melyani, Rosita and Aji, 2023).

2.7 FastAPI

FastAPI merupakan *framework* yang dimanfaatkan untuk membangun *Application Programming Interface (API)*. *Framework* ini dirancang untuk mendukung pengembangan layanan *backend* yang cepat, ringan, dan efisien. FastAPI menggunakan konsep *Asynchronous Server Gateway Interface (ASGI)* sehingga setiap endpoint API dapat dijalankan secara asinkron dan memungkinkan proses eksekusi berjalan lebih optimal dan responsif. Pada tahap implementasi, setiap fungsi Python dihubungkan dengan *endpoint* API agar dapat diakses dan digunakan dalam proses pertukaran data. Hal ini, menunjukkan bahwa konsep yang telah dirancang dapat diimplementasikan menjadi model Python yang aplikatif, interaktif, dan berjalan di lingkungan FastAPI (Chen, 2023)

2.8 PostgreSQL

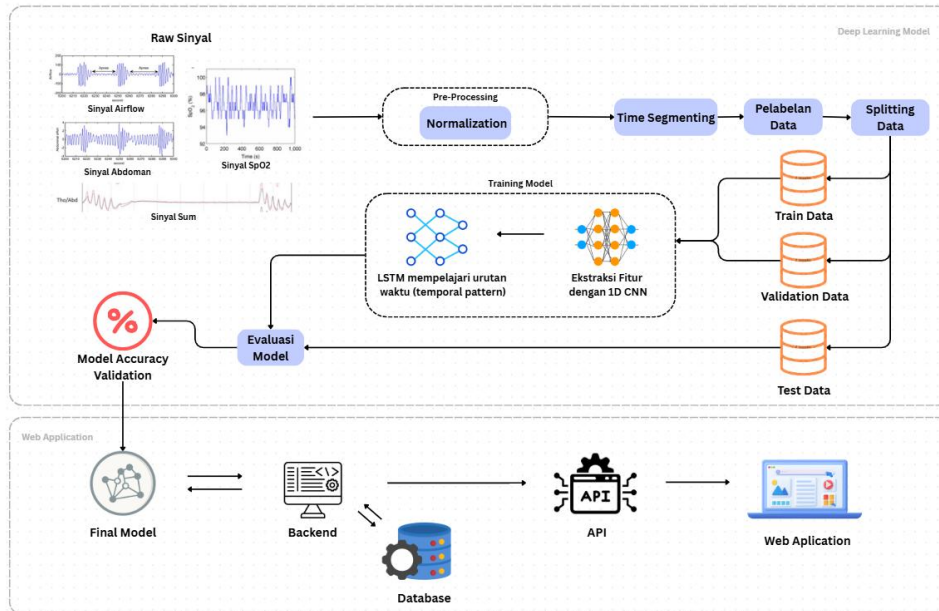
PostgreSQL adalah sistem manajemen basis data relasional yang dikenal memiliki fitur dan kemampuan yang canggih. Dengan dukungan fitur-fitur SQL yang *modern* menjadikan PostgreSQL sebagai pilihan yang tepat untuk pengelolaan basis data. Selain itu, PostgreSQL mampu menangani beban kerja yang besar dan kompleks, serta dikenal luas karena keandalannya, kelengkapan fitur, dan kemampuan ekstensibilitas yang baik (Khaerunnisa *et al.*, 2025).

- 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

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian



Gambar 3.1 Rancangan Penelitian

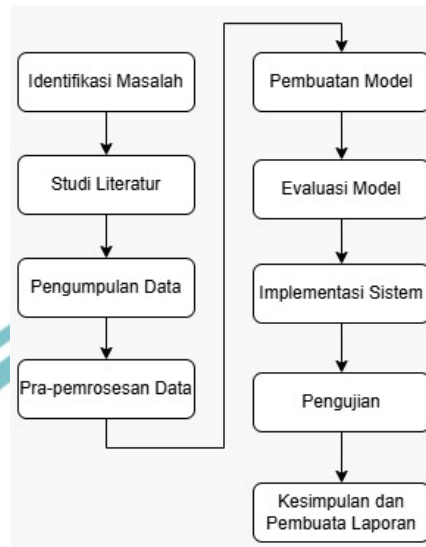
Gambar 3.1 menunjukkan keseluruhan tahapan rancangan penelitian yang dilakukan. Penelitian ini dirancang untuk mengembangkan aplikasi berbasis web yang mampu melakukan deteksi dini gangguan tidur *sleep apnea* berdasarkan data sinyal pernapasan. Aplikasi yang dikembangkan mengintegrasikan model deep learning untuk mengklasifikasikan kondisi apnea dan normal secara otomatis. Pendekatan kuantitatif digunakan dalam penelitian ini karena data yang diolah berupa sinyal fisiologis pernapasan numerik (*time-series*), serta dilakukan evaluasi kinerja model melalui metrik evaluasi untuk mengukur performa dan efektivitas model. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental, di mana dilakukan serangkaian percobaan terhadap data sinyal pernapasan melalui tahapan pra-pemrosesan, segmentasi, serta pelatihan dan pengujian model deep learning dengan arsitektur *hybrid* CNN-LSTM.



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

3.2 Tahapan Penelitian



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah tahap awal penelitian yang dilakukan untuk menentukan topik yang akan diteliti. Pada tahap ini dilakukan penyusunan latar belakang, perumusan masalah, serta tujuan dan manfaat penelitian. Selain itu, ditetapkan pula batasan masalah untuk membatasi ruang lingkup penelitian yang akan digunakan.

3.2.2 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan penelusuran terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik penelitian. Penelusuran tersebut bertujuan untuk memperoleh pemahaman mengenai pendekatan, metode, dan hasil penelitian yang telah ada. Hasil studi literatur selanjutnya digunakan sebagai landasan teoritis agar penelitian yang dilakukan memiliki dasar yang kuat.

3.2.3 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data yang bersumber dari PhysioNet, yaitu “*St. Vincent’s University Hospital / University College Dublin Sleep Apnea Database*”. Dataset ini terdiri dari beberapa sinyal fisiologis pernapasan. Namun, penelitian ini hanya menggunakan empat sinyal, yaitu, SpO₂, aliran udara (*flow*), pergerakan *abdomen*, dan sinyal gabungan pergerakan *abdomen* dan *thoraks* (*sum*). Setiap 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.
 - 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

pasien telah dilengkapi dengan anotasi sinyal yang digunakan sebagai acuan dalam proses analisis.

3.2.4 Pra-pemrosesan Data

Tahap pra-pemrosesan data bertujuan untuk mempersiapkan sinyal pernapasan, yaitu *SpO₂*, *flow*, *sum*, dan *abdomen* agar optimal saat digunakan dalam pelatihan model. Proses ini diawali dengan pemuatan data EDF dari dataset dan pemilihan empat *channel* sinyal yang digunakan dalam penelitian. Selanjutnya, dilakukan *resampling* sinyal menjadi 8 Hz untuk menyeragamkan frekuensi *sampling* pada seluruh data. Setelah itu, sinyal dinormalisasi menggunakan metode *Min-Max Scaling* untuk mencegah nilai ekstrem yang dapat mengganggu proses pelatihan model.

Setelah proses normalisasi, dilakukan segmentasi data menggunakan metode *Sliding Window* dengan durasi 30 detik dan pergeseran 29 detik (*overlap* 1 detik), sehingga informasi pada batas antarsegmen tidak hilang. Setiap segmen kemudian diberi label berdasarkan anotasi kejadian apnea yang dibaca dari file *_respevt.txt*. segmen yang mengandung kejadian apnea diberi label apnea, sedangkan segmen tanpa kejadian apnea diberi label normal.

3.2.5 Pembuatan Model

Setelah data siap, tahap berikutnya adalah pembuatan model deep learning. Model dibangun menggunakan arsitektur hybrid CNN-LSTM, di mana CNN digunakan untuk mengekstraksi fitur penting dari sinyal pernapasan, sedangkan LSTM memproses pola temporal atau urutan data. Selama proses pelatihan dilakukan penyesuaian parameter atau *hyperparameter tuning*, seperti pemilihan *optimizer*, *learning rate*, *batch size*, *epoch*, dan *loss function*.

Arsitektur hybrid CNN-LSTM yang digunakan terdiri dari tiga lapisan Convolutional 1D. Setiap lapisan konvolusi diikuti oleh Batch Normalization dan Max Pooling 1D untuk membantu proses ekstraksi fitur serta mengurangi dimensi data. Setelah proses ekstraksi fitur selesai, diterapkan dropout sebelum data diteruskan ke lapisan LSTM yang berfungsi mempelajari pola urutan pada sinyal. *Output* dari lapisan LSTM kemudian melewati dropout dan Dense layer dengan fungsi aktivasi ReLU untuk mempelajari representasi fitur yang lebih kompleks.



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

Selanjutnya, diterapkan kembali dropout sebelum data masuk ke *output layer* yang terdiri dari satu neuron dengan fungsi aktivasi sigmoid.

3.2.6 Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan untuk mengukur performa model dalam mendeteksi gangguan tidur *sleep apnea*. Metrik yang digunakan untuk melakukan evaluasi model ini yaitu *confusion matrix*, *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f-1 score*. Melalui evaluasi ini dapat diketahui seberapa baik model bekerja serta bagian yang masih perlu diperbaiki untuk meningkatkan performanya.

3.2.7 Implementasi Sistem

Tahap ini meliputi perancangan keseluruhan sistem serta implementasi model ke dalam aplikasi. Proses dimulai dengan mendesain arsitektur sistem, termasuk alur kerja dan desain antarmuka aplikasi. Selanjutnya, model yang sudah dikembangkan diintegrasikan ke dalam aplikasi menggunakan FastAPI, sehingga sistem dapat menerima input berupa data sinyal pernapasan, memproses data tersebut, dan menampilkan hasil klasifikasi gangguan tidur *sleep apnea*.

3.2.8 Pengujian

Setelah model diimplementasikan ke dalam sistem, maka dilakukan pengujian terhadap aplikasi berbasis web yang telah dikembangkan. Metode *black box testing* digunakan dalam pengujian untuk memverifikasi bahwa seluruh fitur sistem bekerja sesuai spesifikasi kebutuhan. Selain itu, dilakukan pula *User Acceptance Test (UAT)* yang akan dilaksanakan oleh tim dari IMERI UI.

3.2.9 Kesimpulan dan Pembuatan Laporan

Tahap akhir pada penelitian ini meliputi penyusunan kesimpulan dan pembuatan laporan. Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil pengujian dan evaluasi yang telah dilakukan. Selanjutnya, seluruh proses dan hasil penelitian didokumentasikan dalam bentuk laporan skripsi yang dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan selanjutnya.

3.3 Metode Pengembangan Sistem

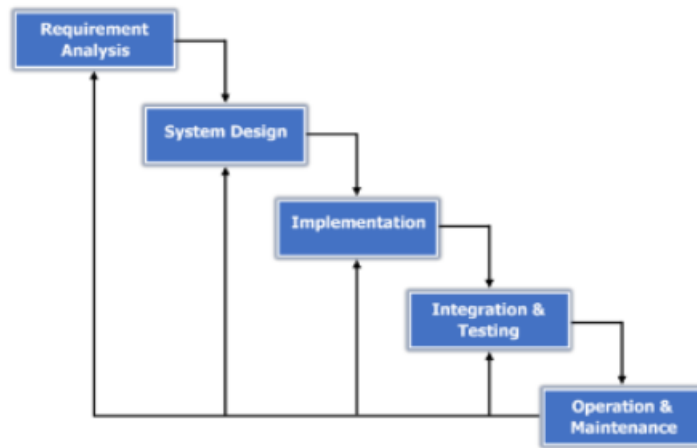
Selain tahapan penelitian yang sudah dijelaskan pada Sub-bab 3.2, penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi sehingga dibutuhkan metode pengembangan sistem



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

sebagai panduan dalam proses pengembangannya. Metode yang digunakan adalah *Waterfall*, yaitu model pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara bertahap dan berurutan.



Gambar 3.3 Metode Pengembangan Sistem

Sumber: (Anis, Mukti and Rosyid, 2023)

Berdasarkan Gambar 3.3, proses pengembangan aplikasi pada penelitian ini dilakukan melalui enam tahapan. Setiap tahapan memiliki tujuan yang berbeda untuk memastikan sistem dapat dikembangkan secara terstruktur. Adapun penjelasan mengenai masing-masing tahapan adalah sebagai berikut.

A. *Requirement Analysis*

Pada tahap ini dilakukan analisis untuk mengetahui kebutuhan sistem yang akan dikembangkan. Analisis mencakup identifikasi kebutuhan pengguna, penentuan fitur yang akan disediakan, dan permasalahan yang ingin diselesaikan melalui aplikasi SleepWell. Hasil dari tahap analisis ini menjadi acuan dalam proses pengembangan aplikasi deteksi sleep apnea pada tahap-tahap berikutnya.

B. *System Design*

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang telah dilakukan sebelumnya. Perancangan meliputi arsitektur aplikasi, alur proses, antarmuka pengguna, serta struktur data yang akan digunakan dalam sistem. Hasil dari tahap desain sistem ini menjadi pedoman pada proses implementasi agar aplikasi dapat dikembangkan sesuai dengan rencana yang telah dibuat.



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

C. Implementation

Pada tahap implementasi dilakukan proses pengkodean berdasarkan rancangan sistem yang telah dibuat. Setiap fitur dikembangkan sesuai dengan fungsinya agar aplikasi dapat berjalan dengan baik. Pada tahap ini juga dilakukan integrasi model *deep learning* ke dalam aplikasi agar dapat digunakan untuk melakukan deteksi sleep apnea.

D. Integration and Testing

Setelah tahap implementasi selesai, semua komponen sistem diintegrasikan menjadi satu kesatuan aplikasi. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk memastikan seluruh fitur dapat berjalan dengan baik sesuai fungsinya. Pengujian dilakukan untuk menemukan serta memperbaiki kesalahan yang masih terdapat pada sistem.

E. Operation and Maintenance

Tahap pemeliharaan dilakukan setelah aplikasi berhasil di-deploy pada *Virtual Private Server* (VPS). Pada tahap ini dilakukan perbaikan terhadap kesalahan yang ditemukan selama sistem digunakan. Selain itu, pemeliharaan juga mencakup pengembangan atau penyesuaian fitur apabila diperlukan dimasa mendatang.

3.4 Objek Penelitian

Objek penelitian dalam penelitian ini adalah sinyal pernapasan yang digunakan untuk mendeteksi gangguan tidur *sleep apnea*. Sinyal tersebut diolah dan dianalisis menggunakan model *deep learning* dengan arsitektur *hybrid* CNN-LSTM yang diimplementasikan ke dalam aplikasi 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 mengumuk 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

Sebelum melakukan perancangan sistem, dilakukan terlebih dahulu analisis kebutuhan untuk memastikan seluruh komponen yang diperlukan dalam pengembangan aplikasi deteksi sleep apnea tersedia dan terpenuhi. Analisis ini mencakup kebutuhan pengembangan model, kebutuhan pengembangan aplikasi web, dan kebutuhan perangkat.

4.1.1 Kebutuhan pengembangan model

Analisis kebutuhan pengembangan model dilakukan untuk mengidentifikasi komponen-komponen yang diperlukan dalam proses pembangunan model deep learning untuk deteksi sleep apnea. Kebutuhan tersebut meliputi kebutuhan dataset sebagai sumber data penelitian serta kebutuhan model yang digunakan untuk melakukan proses klasifikasi sinyal pernapasan.

4.1.1.1 Kebutuhan dataset

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah *St. Vincent's University Hospital / University College Dublin Sleep Apnea Database (UCDDDB)* yang tersedia secara publik di PhysioNet. Dataset ini terdiri dari rekaman PSG dalam format EDF (European Data Format) beserta file anotasi kejadian pernapasan dalam format *_respevt.txt*. Dataset UCDDDB berisi data dari 25 subjek dewasa yang terdiri dari 21 laki-laki dan 4 perempuan. Seluruh subjek pada dataset merupakan individu yang diduga mengalami gangguan pernapasan saat tidur (*suspected sleep-disordered breathing*). Status kondisi tiap subjek dapat diketahui berdasarkan nilai *Apnea-Hypopnea Index (AHI)* yang tercatat pada dataset.

Dari seluruh channel sinyal yang tersedia, penelitian ini hanya menggunakan empat sinyal pernapasan, yaitu sinyal saturasi oksigen (SpO_2), sinyal aliran udara (flow), sinyal pergerakan abdomen (abdomen), dan sinyal gabungan pergerakan thoraks dan abdomen (sum). Keempat sinyal tersebut dipilih karena mampu



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

merepresentasikan aktivitas pernapasan yang relevan dalam proses deteksi obstructive sleep apnea (OSA).

4.1.1.2 Kebutuhan Model

Identifikasi kebutuhan model dilakukan untuk memastikan model *deep learning* yang dikembangkan mampu menghasilkan performa deteksi yang baik dalam proses klasifikasi sinyal pernapasan. Model yang digunakan dalam penelitian ini merupakan model *deep learning* berbasis arsitektur *hybrid* CNN-LSTM. Model dirancang untuk melakukan klasifikasi kondisi *apnea* dan normal berdasarkan sinyal pernapasan yang telah melalui tahap pra-pemrosesan. Arsitektur CNN digunakan untuk mengekstraksi fitur penting dari sinyal pernapasan, sedangkan LSTM digunakan untuk mempelajari pola temporal dan ketergantungan data *time-series*. Kombinasi kedua arsitektur tersebut diharapkan mampu meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola gangguan pernapasan saat tidur secara akurat, stabil, dan optimal. Selain memiliki performa klasifikasi yang baik, model juga diharapkan mampu diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis web sehingga proses deteksi *sleep apnea* dapat dilakukan secara otomatis melalui sistem yang dikembangkan.

4.1.2 Kebutuhan pengembangan web

Kebutuhan pengembangan aplikasi web dilakukan untuk mengidentifikasi fitur dan spesifikasi sistem yang diperlukan dalam pembangunan aplikasi deteksi dini sleep apnea. Kebutuhan ini meliputi kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional agar aplikasi dapat berjalan sesuai tujuan penelitian.

4.1.2.1 Kebutuhan fungsional

Kebutuhan fungsional merupakan kebutuhan yang berkaitan dengan layanan, fitur, dan fungsi utama yang harus disediakan oleh sistem agar aplikasi dapat berjalan sesuai dengan tujuan penelitian. Kebutuhan ini menggambarkan interaksi antara pengguna maupun admin dengan sistem dalam proses deteksi sleep apnea. Rincian kebutuhan fungsional aplikasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Tabel 4.1 Kebutuhan Fungsional

No	Nama Fitur	Deskripsi
1	Register Akun	Sistem menyediakan fitur pendaftaran akun bagi pengguna agar dapat mengakses aplikasi.
2	Login	Sistem menyediakan fitur login untuk proses autentikasi pengguna dan admin sebelum masuk ke dalam sistem.
3	Deteksi Sleep Apnea	Sistem dapat menerima input data sinyal pernapasan dalam format .EDF dari pengguna untuk dilakukan proses deteksi sleep apnea.
4	Hasil Deteksi dan Visualisasi Sinyal	Sistem menampilkan hasil klasifikasi berupa kondisi apnea atau normal beserta visualisasi data sinyal pernapasan berdasarkan hasil deteksi model deep learning.
5	Pengunduhan Hasil Deteksi	Sistem menyediakan fitur untuk mengunduh hasil deteksi yang telah dilakukan pengguna.
6	Riwayat Deteksi	Sistem menampilkan histori hasil deteksi yang pernah dilakukan oleh pengguna pada dashboard aplikasi.
7	Halaman Profil	Sistem menyediakan halaman profil untuk melihat dan melengkapi informasi akun pengguna.
8	Kelola Informasi User	Admin dapat melihat informasi pengguna yang terdaftar pada sistem termasuk riwayat deteksi pengguna.
9	Hapus Akun User	Admin dapat menghapus akun pengguna dari sistem.

4.1.2.2 Kebutuhan Non-fungsional

Kebutuhan nonfungsional merupakan kebutuhan yang berkaitan dengan kualitas dan karakteristik sistem dalam mendukung proses operasional aplikasi. Kebutuhan ini bertujuan untuk memastikan aplikasi dapat digunakan dengan nyaman, stabil,

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



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

dan efisien oleh pengguna. Rincian kebutuhan non-fungsional aplikasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kebutuhan Non-fungsional

No	Nama Fitur	Deskripsi
1	Kemudahan Pengguna	Sistem dapat mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna.
2	Waktu Respons Sistem	Sistem mampu memproses data dengan waktu tidak lebih dari 60 detik, tergantung pada ukuran data dan kondisi jaringan pengguna.
3	Aksesibilitas	Sistem dapat diakses melalui berbagai web browser seperti Google Chrome serta dapat digunakan pada perangkat komputer maupun smartphone yang terhubung ke internet.

4.1.3 Kebutuhan Perangkat

Kebutuhan perangkat pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung proses pengembangan model deep learning serta implementasi aplikasi berbasis web. Perangkat yang digunakan harus mampu menjalankan proses pra-pemrosesan data, pelatihan model, pengembangan backend dan frontend, serta pengujian sistem. Berikut kebutuhan perangkat pada penelitian ini.

4.1.3.1 Kebutuhan perangkat keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat lokal untuk pengembangan model dan aplikasi, serta server VPS (*Virtual Private Server*) untuk deployment aplikasi berbasis web. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kebutuhan Perangkat Keras

No	Perangkat	Spesifikasi
1	Asus TUF Gaming F15 FX506HCB	Intel i7-11600H, RAM 16 GB, GPU NVIDIA GeForce RTX 3050.



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

No	Perangkat	Spesifikasi
2	VPS Hostinger KVM 4	4 vCPU Core, 16 GB RAM, 200 GB NVMe Disk Space, 16 TB Bandwidth.

4.1.3.2 Kebutuhan perangkat lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu perangkat lunak untuk pengembangan model dan perangkat lunak untuk pengembangan aplikasi web. Perangkat lunak pengembangan model digunakan untuk proses pengolahan data, pelatihan model, visualisasi data, serta pengujian model. Adapun kebutuhan perangkat lunak untuk pengembangan model yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Daftar Perangkat Lunak Pengembangan Model

No	Perangkat	Fungsi
1	<i>Library</i> TensorFlow	Digunakan untuk membangun, melatih, dan mengevaluasi model deep learning.
	<i>Library</i> MNE	Digunakan untuk membaca, memproses, dan mengekspor file sinyal PSG berformat EDF.
2	<i>Library</i> Scikit-learn	Digunakan untuk pembagian dataset, normalisasi data, dan perhitungan metrik evaluasi.
3	<i>Library</i> NumPy dan Pandas	Digunakan untuk manipulasi dan operasi numerik pada data sinyal PSG dalam bentuk array multidimensi.
4	<i>Library</i> Matplotlib	Digunakan untuk visualisasi hasil pelatihan model.
5	Google Colab	Digunakan untuk membaca, memproses, dan mengekspor file sinyal PSG berformat EDF.
6	Edf browser	Digunakan untuk melihat rekaman sinyal PSG dalam format EDF secara visual.

Selanjutnya, perangkat lunak untuk pengembangan aplikasi web digunakan dalam proses pengembangan backend dan frontend agar sistem dapat berfungsi dengan



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 kritis 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

baik. Adapun kebutuhan perangkat lunak untuk pengembangan aplikasi web dapat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Daftar Perangkat Lunak Pengembangan Aplikasi Web

No	Perangkat	Fungsi
1	Visual Studio Code	Digunakan sebagai <i>code editor</i> untuk menulis kode program aplikasi web.
2	<i>Framework</i> Laravel	<i>Framework</i> yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi web.
3	FastAPI	Digunakan untuk membangun REST API berbasis Python yang menghubungkan aplikasi web dengan model deep learning untuk proses deteksi <i>sleep apnea</i> .

4.2 Perancangan Sistem

Setelah semua analisis kebutuhan selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem. Perancangan sistem mencakup metode penerapan deteksi apnea, perancangan model deep learning, perancangan aplikasi web, perancangan backend bagian deteksi, serta perancangan integrasi model kedalam sistem. Metode penerapan apnea mangacu pada pedoman *American Academy of Sleep Medicine* (AASM) sebagai standar klinis dalam penentuan kondisi apnea dan normal berdasarkan sinyal pernapasan.

4.2.1 Metode Penerapan Apnea

Deteksi sleep apnea dalam penelitian ini dilakukan dengan menganalisis pola dari empat sinyal pernapasan yaitu *SpO₂*, *Flow*, *Abdomen*, dan *Sum*. Keempat sinyal yang digunakan memberikan informasi yang saling berhubungan untuk membedakan kondisi pernapasan normal dan kondisi apnea. Pada kondisi pernapasan normal sinyal flow dan sum membentuk pola sinyal yang teratur karena udara dapat masuk dan keluar dari saluran pernapasan dengan lancar. Sinyal abdomen juga memperlihatkan pergerakan perut yang stabil mengikuti ritme pernapasan. Sinyal *SpO₂* berada pada nilai stabil di atas 95% yang menunjukkan kadar oksigen dalam darah masih dalam kondisi normal



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

Pada kondisi apnea, pola sinyal mengalami perubahan yang cukup jelas. Sinyal flow menunjukkan penurunan amplitudo yang signifikan atau bahkan mendekati nol selama minimal 10 detik, yang menandakan terjadinya penghentian aliran udara. Pada Obstructive Sleep Apnea (OSA) yang menjadi fokus penelitian ini usaha pernapasan masih tetap berlangsung sehingga sinyal Abdomen masih menunjukkan adanya pergerakan. Selain itu, sinyal Sum dapat memperlihatkan pola yang tidak normal akibat terjadinya hambatan pada saluran napas atas. Kondisi tersebut menyebabkan kadar oksigen dalam darah menurun sehingga sinyal SpO_2 mengalami desaturasi yang ditandai dengan penurunan nilai oksigen secara tiba-tiba. Perbedaan karakteristik antara kondisi normal dan apnea pada keempat sinyal tersebut menjadi dasar dalam proses klasifikasi yang dilakukan oleh model untuk mendeteksi kejadian sleep apnea.

4.2.2 Perancangan Model Deep learning

Perancangan model deep learning meliputi serangkaian tahapan mulai dari pengumpulan dataset hingga integrasi model ke dalam sistem aplikasi web.

4.2.2.1 Eksplorasi Dataset

Sebelum melakukan pemrosesan pada data, dilakukan terlebih dahulu eksplorasi terhadap dataset UCDDDB untuk memahami struktur dan karakteristik data yang akan digunakan. Dataset ini terdiri dari 25 rekaman polisomnografi semalam penuh yang berasal dari 25 pasien dewasa, terdiri atas 21 laki-laki dan 4 perempuan. Setiap rekaman memiliki durasi sekitar 6-7 jam, sesuai dengan durasi tidur semalam penuh. Seluruh data pada dataset diperoleh dari pasien yang dirujuk ke *Sleep Disorders Clinic* di St. Vincent's University Hospital, Dublin, dengan dugaan gangguan pernapasan saat tidur.

Setiap rekaman pada dataset UCDDDB terdiri dari dua jenis file utama. File dengan ekstensi .rec dalam format EDF berisi data sinyal polisomnografi yang direkam selama pasien tidur. Sinyal yang tersedia pada file tersebut terdiri dari beberapa channel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Selain itu, terdapat file _respevt.txt yang berisi anotasi kejadian pernapasan, meliputi waktu terjadinya kejadian dan jenis kejadian seperti hypopnea, central apnea, obstructive apnea, serta mixed apnea. File ini juga menyimpan informasi tambahan, seperti periodic



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

breathing. Dari seluruh channel yang tersedia, penelitian ini hanya menggunakan empat channel sinyal, yaitu Flow, Sum, Abdomen (Abdo), dan SpO₂.

Signals in file: (0 selected)

1	Lefteye	64 Hz
2	RightEye	64 Hz
3	EMG	64 Hz
4	C3A2	128 Hz
5	C4A1	128 Hz
6	ECG	128 Hz
7	SpO2	8 Hz
8	Soud	8 Hz
9	Flow	8 Hz
10	Sum	8 Hz
11	ribcage	8 Hz
12	abdo	8 Hz
13	BodyPos	8 Hz
14	Pulse	8 Hz

Gambar 4.1 Channel pada Sinyal

4.2.2.2 Pra-pemrosesan Dataset

Setelah melakukan eksplorasi pada dataset, tahap selanjutnya adalah pra-pemrosesan data. Tahap pra-pemrosesan dirancang untuk memastikan data sinyal siap digunakan sebagai input model. Pertama, sinyal dibaca dari file EDF menggunakan library MNE Python. Setelah data berhasil dibaca, dilakukan seleksi *channel* dimana hanya empat *channel* yang digunakan sebagai input model, yaitu Flow, Sum, Abdo, dan SpO₂. Pada saat pembacaan file EDF, seluruh sinyal secara otomatis dibaca pada frekuensi sampling tertinggi yang terdapat dalam rekaman, yaitu 128 Hz. Oleh karena itu, dilakukan proses *resampling* pada keempat sinyal menjadi 8 Hz. Frekuensi 8 Hz dipilih karena cukup untuk merepresentasikan pola pernapasan yang berubah secara lambat sekaligus mengurangi beban komputasi dalam proses pelatihan model.

Selanjutnya, dilakukan normalisasi awal khusus untuk *channel* Flow dan SpO₂, karena kedua *channel* tersebut memiliki rentang nilai yang beragam dan memerlukan penyesuaian sebelum dilakukan proses pengolahan lebih lanjut. Normalisasi dilakukan dengan mengubah nilai pada kedua *channel* tersebut menjadi rentang 0-100. Proses ini bertujuan untuk menyeragamkan skala data agar nilai header file EDF tidak melebihi batas 8 karakter saat data diekspor kembali ke format EDF.

Setelah normalisasi awal, dilakukan parsing anotasi dari file `_respevt.txt` untuk setiap pasien. File anotasi ini berisi informasi waktu kejadian dan jenis event



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

pernapasan. Kemudian dilakukan segmentasi sinyal menggunakan metode *sliding window* dengan panjang *window* 30 detik dan pergeseran 29 detik sehingga terdapat *overlap* 1 detik antar *window*. Setiap *window* diberi label apnea apabila terdapat kejadian apnea selama minimal 10 detik dan *window* yang tidak ada indikasi apnea diberi label normal.

Setelah segmentasi selesai, dilakukan normalisasi akhir menggunakan MinMax Normalization. Normalisasi ini dilakukan untuk menyeragamkan skala antar *channel* karena keempat *channel* mempunyai rentang nilai yang berbeda. Setelah normalisasi selesai, setiap *window* disimpan dalam format NumPy array (.npy) untuk memudahkan proses pelatihan model karena data sudah dalam bentuk array numerik sehingga dapat digunakan langsung sebagai input model.

4.2.2.3 Transformasi Data Sinyal Menjadi Input Model

Sebelum masuk ke arsitektur model, dijelaskan proses perubahan dari sinyal mentah hingga menjadi bentuk numerik yang dapat diproses oleh model CNN dan LSTM. Data yang digunakan terdiri dari empat sinyal, yaitu Flow, Sum, Abdo, dan SpO₂, yang diperoleh dari file EDF. Masing-masing *channel* masih berupa deret nilai amplitudo terhadap waktu dengan frekuensi *sampling* yang berbeda, sehingga perlu dilakukan tahap pra-pemrosesan agar seluruh data memiliki format yang seragam.

Tahap pra-pemrosesan diawali dengan proses *resampling* pada seluruh *channel* sehingga memiliki frekuensi *sampling* yang sama, yaitu 8 Hz. Setelah itu dilakukan normalisasi awal pada *channel* Flow dan SpO₂, kemudian dilanjutkan dengan *MinMax Normalization* pada seluruh *channel*. Proses tersebut tidak mengubah informasi sinyal, melainkan hanya menyeragamkan frekuensi dan rentang nilainya agar lebih sesuai untuk digunakan pada proses pelatihan model.

Sinyal tersebut kemudian dibagi menjadi beberapa segmen menggunakan teknik *sliding window* dengan panjang *window* selama 30 detik dengan *overlap* 1 detik. Karena frekuensi *sampling* telah diseragamkan menjadi 8 Hz, setiap *window* terdiri atas 240 *timestep* yang diperoleh dari hasil perkalian 30 detik $\times$ 8 Hz. Pada setiap *timestep* terdapat empat nilai yang berasal dari keempat *channel* secara bersamaan



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

sehingga membentuk satu vektor berdimensi 4. Dengan demikian, satu window terdiri atas rangkaian 240 vektor yang tersusun sesuai urutan waktu dan membentuk matriks berukuran (240, 4). Matriks tersebut kemudian disimpan dalam format NumPy Array (.npy) dan digunakan sebagai input pada *Input Layer* model CNN maupun LSTM.

Secara matematis, vektor merupakan kumpulan nilai yang disusun secara berurutan untuk merepresentasikan satu entitas atau satu titik pengamatan. Pada setiap *timestep*, keempat channel sinyal, yaitu Flow, Sum, Abdo, dan SpO₂, direkam secara bersamaan sehingga pada titik waktu tersebut terdapat empat nilai yang muncul secara serentak. Keempat nilai tersebut kemudian disusun menjadi satu vektor berdimensi 4, misalnya $v = [0,42; 0,31; 0,55; 0,98]$, dengan setiap elemen vektor mewakili nilai dari satu *channel*. Karena dalam satu window terdapat 240 *timestep* dan setiap *timestep* membentuk satu vektor berdimensi 4, maka satu window secara keseluruhan terdiri atas 240 vektor yang tersusun mengikuti urutan waktu. Rangkaian vektor tersebut membentuk matriks berukuran (240, 4), yaitu 240 baris yang mewakili *timestep* dan 4 kolom yang mewakili *channel*. Dengan demikian, angka 240 merupakan jumlah titik waktu yang terekam dalam satu window, sedangkan angka 4 menunjukkan jumlah nilai yang menyusun setiap vektor pada tiap titik waktu.

4.2.2.4 Pembagian Dataset

Dataset dibagi menjadi tiga subset yaitu data latih, data validasi, dan data uji dengan rasio perbandingan 70:20:10. Data latih digunakan untuk melatih model *deep learning*. Data validasi digunakan selama proses pelatihan untuk memantau kinerja model dan membantu mengurangi risiko *overfitting*. Sementara itu, data uji digunakan pada tahap akhir untuk mengevaluasi performa model terhadap data yang belum pernah digunakan.

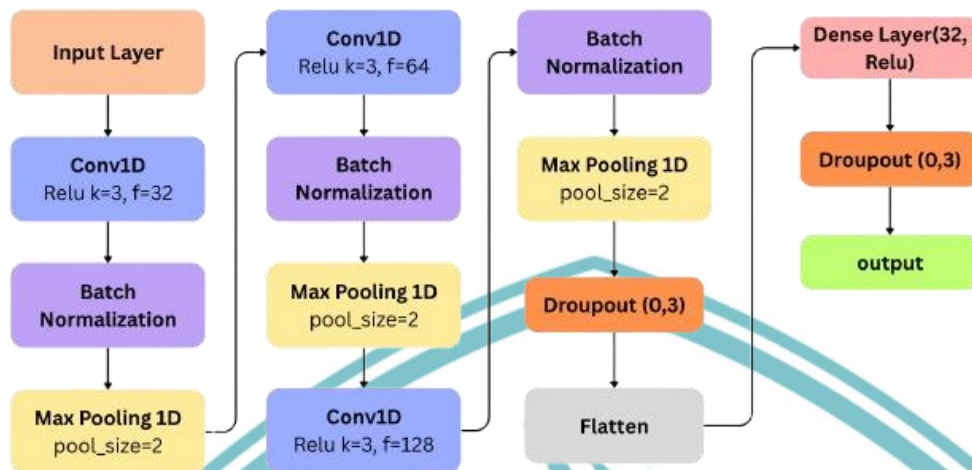
4.2.2.5 Pelatihan Model Deep Learning

Pelatihan model *deep learning* pada penelitian ini menggunakan tiga arsitektur yang berbeda, yaitu CNN, LSTM, dan Hybrid CNN-LSTM



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



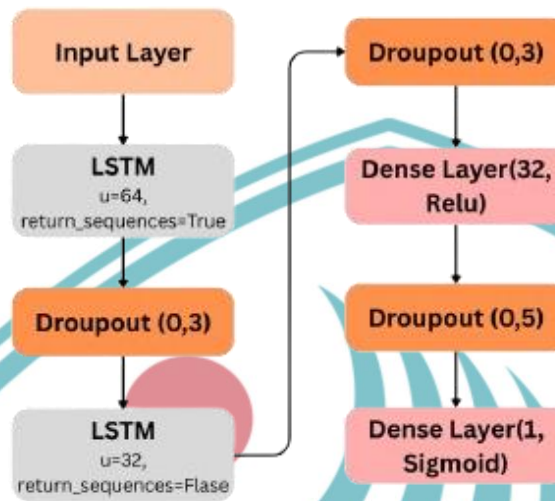
Gambar 4.2 Arsitektur Model CNN

Gambar 4.2 menampilkan arsitektur model CNN yang digunakan. Input layer menerima data dua dimensi dengan shape (240, 4), di mana 240 merupakan jumlah *timestep* hasil resampling sinyal selama 30 detik pada frekuensi 8 Hz, dan 4 merupakan jumlah sinyal yang digunakan yaitu Flow, Sum, Abdo, dan SpO₂. Arsitektur yang digunakan terdiri dari 3 lapisan *Convolutional 1D* dengan jumlah filter masing-masing 32, 64, dan 128 dengan kernel size 3. Lapisan ini berfungsi untuk mengekstraksi pola dan karakteristik lokal dari sinyal fisiologis. Setiap blok *Convolutional 1D* diikuti dengan *Batch Normalization* dan *Max Pooling 1D*. *Batch Normalization* digunakan untuk menstabilkan distribusi aktivasi dan mempercepat proses pelatihan, sedangkan *MaxPooling 1D* digunakan untuk mereduksi dimensi fitur dan mempertahankan fitur-fitur yang paling penting. Setelah proses tersebut, diterapkan *Dropout* dengan nilai 0,3 ntuk mengurangi risiko *overfitting* dengan menonaktifkan sebagian neuron secara acak selama proses pelatihan.

Selanjutnya, lapisan *Flatten* digunakan untuk mengubah representasi data multidimensi menjadi vektor satu dimensi agar dapat diproses oleh lapisan *fully connected* atau *Dense layer*. Hasil dari lapisan *Flatten* kemudian diteruskan ke *Dense layer* yang terdiri dari 32 neuron dengan fungsi aktivasi ReLU untuk mempelajari kombinasi fitur yang telah diekstraksi sebelumnya. Sebelum memasuki lapisan output, diterapkan kembali *Dropout* dengan nilai 0,3 sebagai bentuk regularisasi tambahan. Pada bagian akhir, *output layer* yang terdiri dari satu neuron dengan fungsi aktivasi sigmoid menghasilkan nilai probabilitas antara 0 dan



1, di mana nilai yang mendekati 1 menunjukkan kondisi apnea, sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan kondisi normal.



Gambar 4.3 Arsitektur Model LSTM

Gambar 4.3 menampilkan arsitektur model LSTM yang digunakan. Model terdiri dari dua lapisan LSTM, yaitu lapisan pertama dengan 64 unit dan lapisan kedua dengan 32 unit. Pada lapisan LSTM pertama digunakan parameter *return_sequences=True* agar keluaran pada setiap *timestep* dapat diteruskan ke lapisan LSTM berikutnya. Untuk mengurangi risiko overfitting, pada setiap lapisan LSTM diterapkan dropout sebesar 0,3.

Output dari lapisan kedua LSTM kemudian diteruskan ke *Dense layer* yang terdiri dari 32 neuron dengan fungsi aktivasi ReLU untuk mempelajari pola yang telah diekstraksi dari data. Selanjutnya, diterapkan kembali *dropout* dengan nilai 0,5 sebagai regularisasi tambahan sebelum data masuk ke lapisan *output*. Lapisan *output* terdiri dari satu neuron dengan fungsi aktivasi sigmoid yang menghasilkan nilai probabilitas untuk menentukan apakah data termasuk ke dalam kelas apnea atau normal.

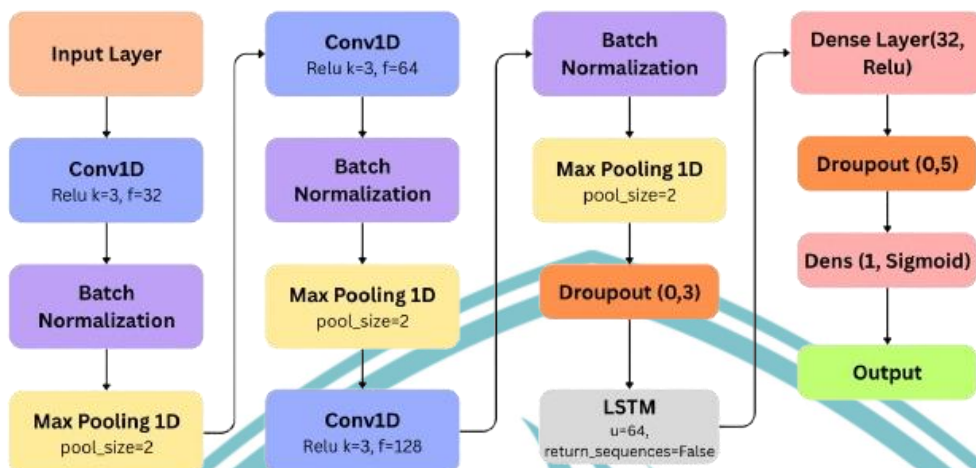
Hak Cipta :

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 mengumunkan 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



Gambar 4.4 Arsitektur Model *Hybrid* CNN-LSTM

Gambar 4.4 menampilkan arsitektur model *hybrid* CNN-LSTM yang digunakan. Model diawali dengan tiga lapisan Convolutional 1D yang masing-masing menggunakan 32, 64, dan 128 filter dengan kernel size 3 serta fungsi aktivasi ReLU. Lapisan *convolutional 1D* ini berfungsi untuk mengekstraksi pola dan karakteristik lokal dari sinyal fisiologis yang digunakan sebagai input. Setiap lapisan *Convolutional 1D* diikuti oleh *Batch Normalization* dan *Max Pooling 1D* dengan *pool size* 2. *Batch Normalization* digunakan untuk menjaga kestabilan proses pelatihan, sedangkan *Max Pooling 1D* berfungsi untuk mengurangi dimensi data dan mempertahankan fitur-fitur yang paling penting. Setelah proses ekstraksi fitur selesai, diterapkan dropout sebesar 0,3 untuk mengurangi risiko overfitting.

Fitur yang dihasilkan kemudian diproses oleh lapisan LSTM dengan 64 unit untuk mempelajari hubungan temporal antar data dalam urutan sinyal. *Output* dari lapisan LSTM selanjutnya diteruskan ke Dense layer yang terdiri dari 32 neuron dengan fungsi aktivasi ReLU. Sebelum masuk ke lapisan keluaran, diterapkan kembali dropout sebesar 0,5 sebagai regularisasi tambahan. Pada bagian akhir, model menggunakan lapisan *output* yang terdiri dari satu neuron dengan fungsi aktivasi sigmoid untuk menghasilkan prediksi kelas apnea atau normal.

4.2.2.6 Evaluasi Model

Metrik yang digunakan untuk melakukan evaluasi model pada penelitian ini yaitu *confusion matrix*, *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *f-1 score*.

1. *Confussion Matrix*



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

Confusion matrix merupakan tabel yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model dengan membandingkan hasil prediksi terhadap label aktual. Pada klasifikasi biner untuk deteksi sleep apnea, *confusion matrix* terdiri dari empat komponen, yaitu:

- a. True Positive (TP): jumlah data apnea yang diklasifikasikan dengan benar sebagai apnea.
 - b. True Negative (TN): jumlah data normal yang klasifikasikan dengan benar sebagai normal.
 - c. False Positive (FP): jumlah data normal yang diklasifikasikan sebagai apnea.
 - d. False Negative (FN): jumlah data apnea yang diklasifikasikan sebagai normal.
2. *Accuracy*

Accuracy merupakan metrik yang digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan model dalam mengklasifikasikan data. Nilai *accuracy* dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

3. *Precision*

Precision digunakan untuk mengukur seberapa banyak data yang diklasifikasikan sebagai apnea benar-benar termasuk ke dalam kelas apnea. Nilai *precision* dapat dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

4. *Recall*

Recall digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mengklasifikasikan data apnea dengan benar dari seluruh data apnea yang ada. Nilai *recall* dapat dihitung menggunakan Persamaan (3).



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

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

5. *F1-Score*

F1-Score merupakan rata-rata harmonis antara *precision* dan *recall* yang digunakan untuk memberikan evaluasi yang lebih seimbang terhadap kinerja model klasifikasi. Nilai *f-1 score* dapat dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$F1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

4.2.3 Perancangan Aplikasi Web

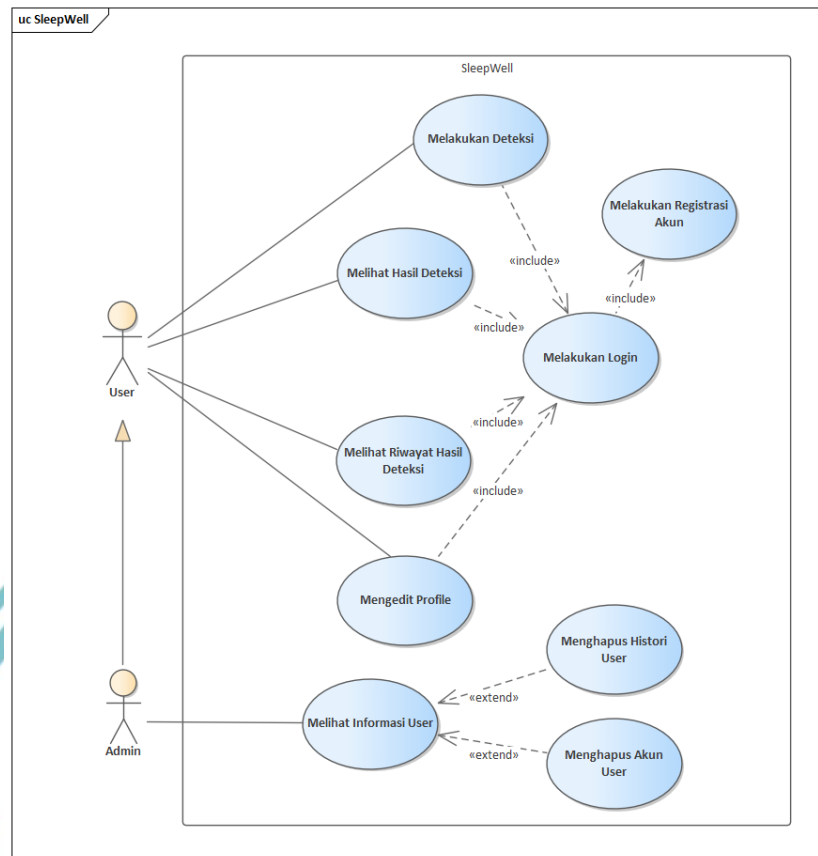
Perancangan aplikasi web merupakan tahap penting dalam proses pengembangan sistem yang bertujuan untuk mendefinisikan struktur, alur, dan tampilan antarmuka aplikasi sebelum masuk ke tahap implementasi. Pada tahap ini perancangan dilakukan secara terstruktur menggunakan beberapa pendekatan pemodelan yaitu use case diagram, activity diagram dan *wireframe*. Aplikasi web yang dirancang pada penelitian ini diberi nama SleepWell.

4.2.3.1 Use Case Diagram

Use case diagram pada aplikasi SleepWell menggambarkan interaksi antara aktor dengan sistem secara keseluruhan. Terdapat dua aktor yang terlibat dalam sistem ini, yaitu User dan Admin. Use case dapat dilihat pada gambar 4.5.

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 4.5 Use Case Diagram

4.2.3.2 Activity Diagram

Activity Diagram menggambarkan alur proses yang terjadi pada aplikasi SleepWell, mulai dari interaksi yang dilakukan pengguna hingga respons yang diberikan oleh sistem. Berikut adalah penjelasan masing-masing activity diagram yang dirancang.

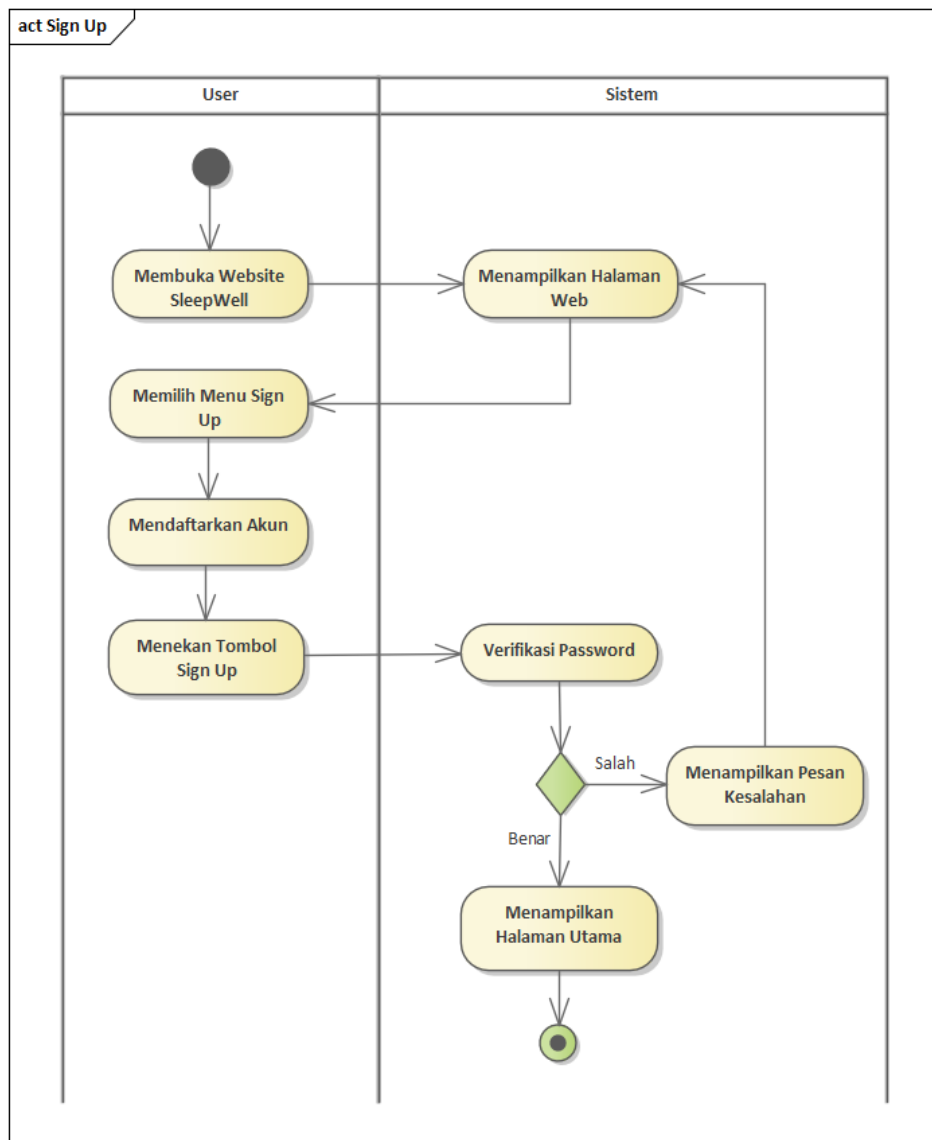
a. Activity Diagram *Sign Up*

Gambar 4.6 menggambarkan alur proses pendaftaran akun bagi pengguna yang belum memiliki akun pada sistem SleepWell. Proses dimulai dengan pengguna membuka aplikasi SleepWell dan sistem menampilkan halaman web. Pengguna kemudian memilih menu sign up dan mengisi data diri yang diperlukan untuk membuat akun baru. Setelah seluruh data terisi, pengguna menekan tombol sign up dan sistem melakukan proses verifikasi akun. Apabila data yang dimasukkan tidak valid atau tidak memenuhi ketentuan sistem, maka sistem akan menampilkan pesan kesalahan dan pengguna dapat memperbaiki isian yang salah. Apabila verifikasi berhasil, sistem akan mengarahkan pengguna ke halaman login untuk dapat masuk menggunakan akun yang baru saja didaftarkan.



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



Gambar 4.6 Activity Diagram *Sign Up*

b. Activity Diagram *Sign In*

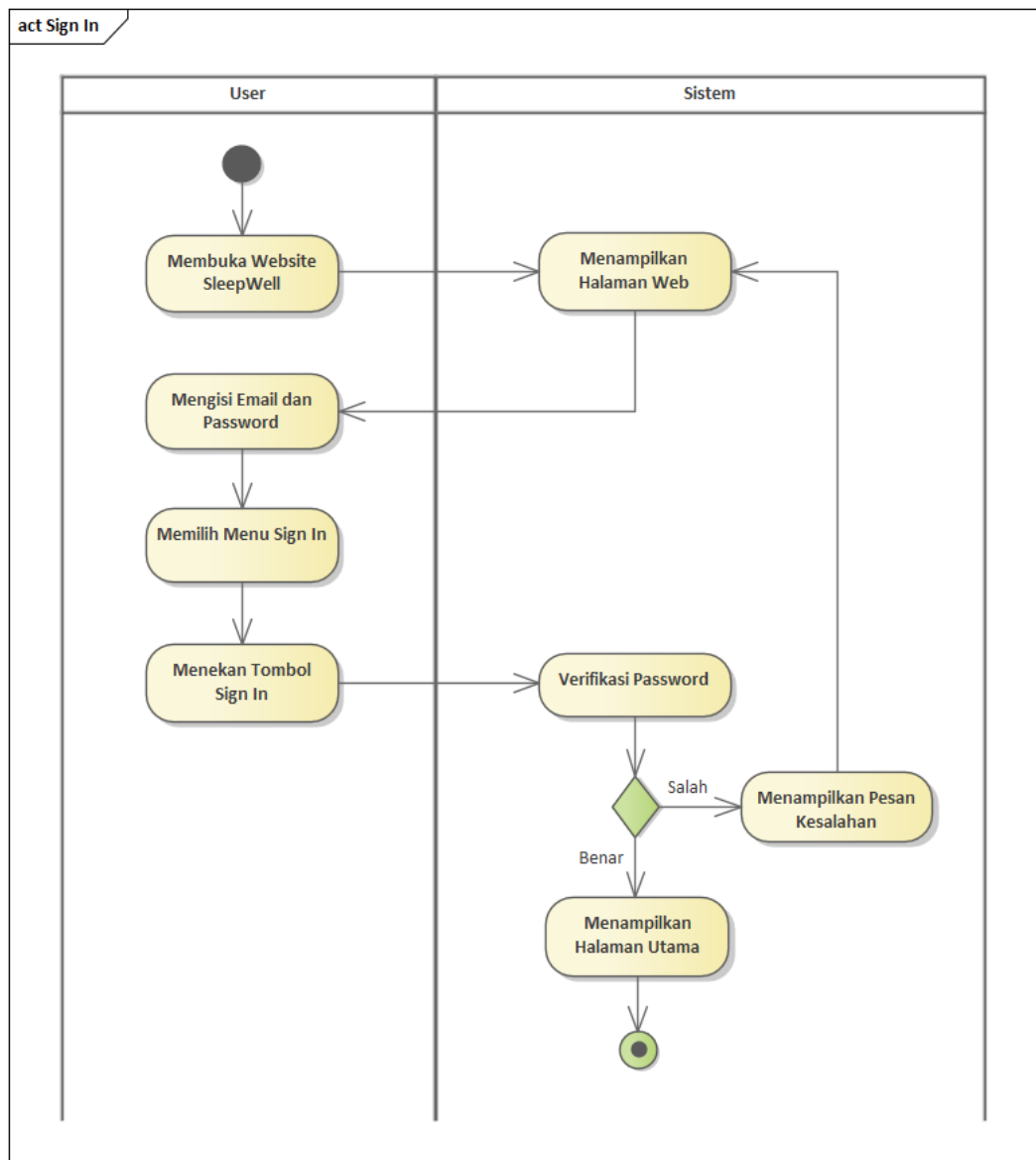
Gambar 4.7 menggambarkan alur proses autentikasi pengguna untuk masuk ke dalam sistem. Proses dimulai dengan pengguna membuka website SleepWell kemudian sistem menampilkan halaman web. Selanjutnya pengguna memilih menu sign in dan mengisi email serta password pada form yang tersedia. Setelah pengguna menekan tombol sign in, sistem melakukan proses verifikasi password. Apabila kredensial yang dimasukkan tidak sesuai, sistem akan menampilkan pesan kesalahan dan pengguna dapat kembali mengisi ulang email dan password. Sebaliknya, apabila verifikasi berhasil dan sesuai, sistem akan menampilkan halaman utama web SleepWell.



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



Gambar 4.7 Activity Diagram Sign In

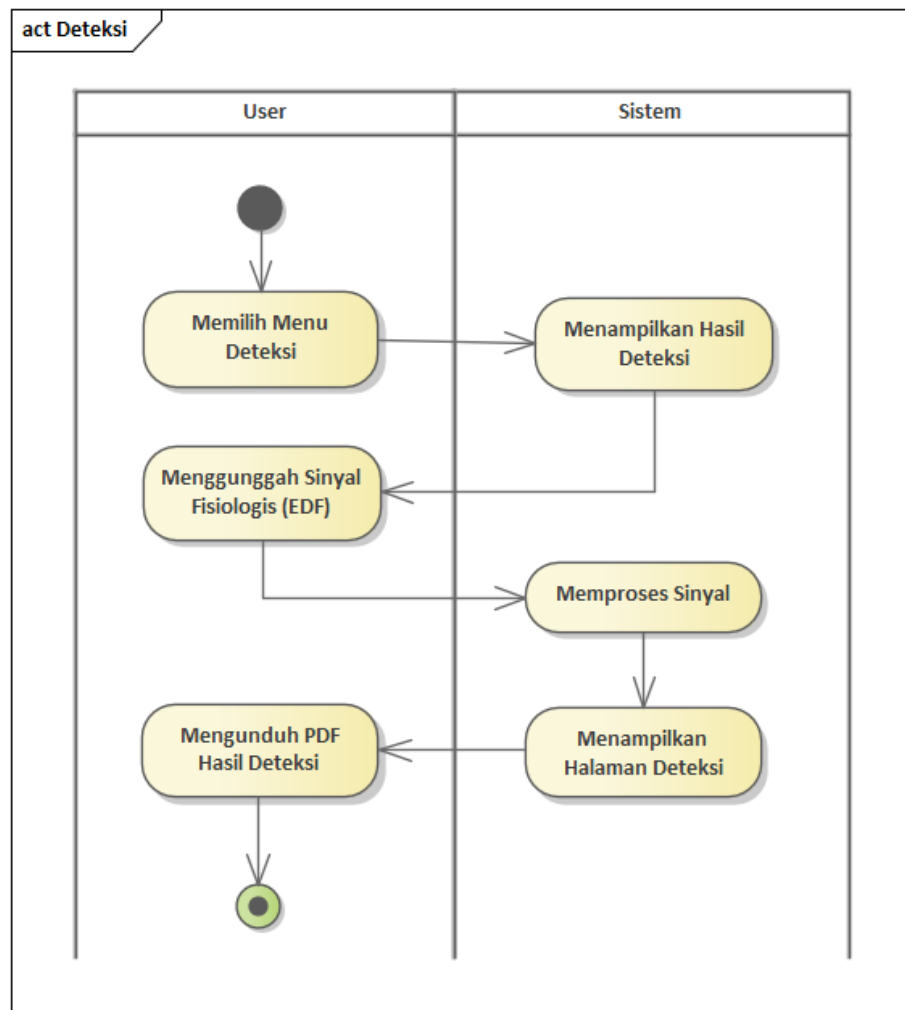
c. Activity Diagram Deteksi

Gambar 4.8 menggambarkan alur proses deteksi sleep apnea pada aplikasi SleepWell. Pada proses ini diasumsikan pengguna telah berhasil sign in dan berada pada halaman utama aplikasi. Proses dimulai dengan pengguna memilih menu deteksi, kemudian sistem menampilkan halaman deteksi dari aplikasi. Selanjutnya, pengguna mengunggah file sinyal fisiologis berformat EDF dan sistem memproses data tersebut untuk menghasilkan hasil deteksi. Hasil deteksi kemudian ditampilkan kepada pengguna, dan pengguna dapat mengunduh laporan hasil deteksi dalam format PDF.



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 4.8 Activity Diagram Deteksi

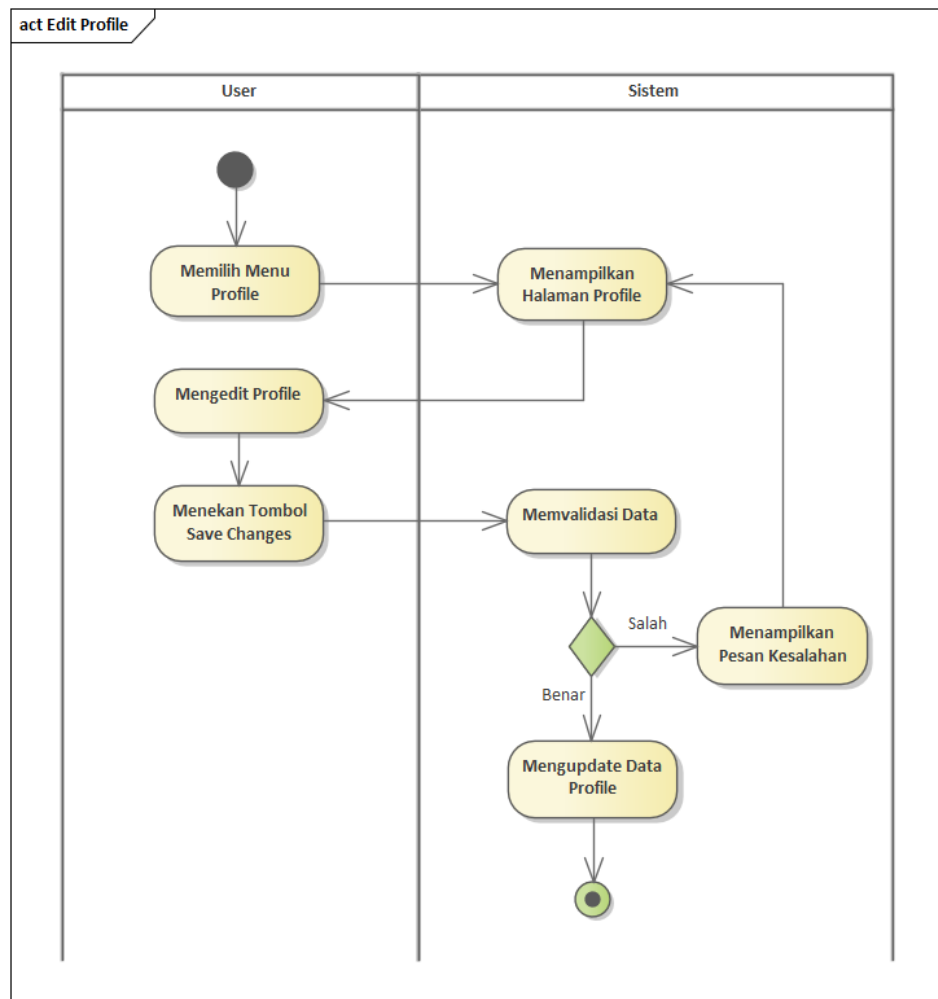
d. Activity Diagram *Edit Profile*

Gambar 4.9 menggambarkan alur proses edit profil pada aplikasi SleepWell. Pada proses ini diasumsikan pengguna telah berhasil sign in dan berada pada halaman utama aplikasi. Proses dimulai dengan pengguna memilih menu profile, kemudian sistem menampilkan halaman profile yang berisi informasi akun pengguna. Selanjutnya, pengguna dapat mengubah informasi akun maupun foto profil sesuai kebutuhan. Setelah perubahan selesai dilakukan, pengguna menekan tombol Save Changes dan sistem akan melakukan validasi terhadap data yang dimasukkan. Jika data atau foto profil yang diunggah tidak sesuai dengan ketentuan aplikasi, sistem akan menampilkan pesan kesalahan dan perubahan tidak disimpan. Sebaliknya, jika data yang dimasukkan telah sesuai dengan ketentuan aplikasi, sistem akan menyimpan perubahan dan memperbarui informasi profil pengguna.



Hak Cipta :

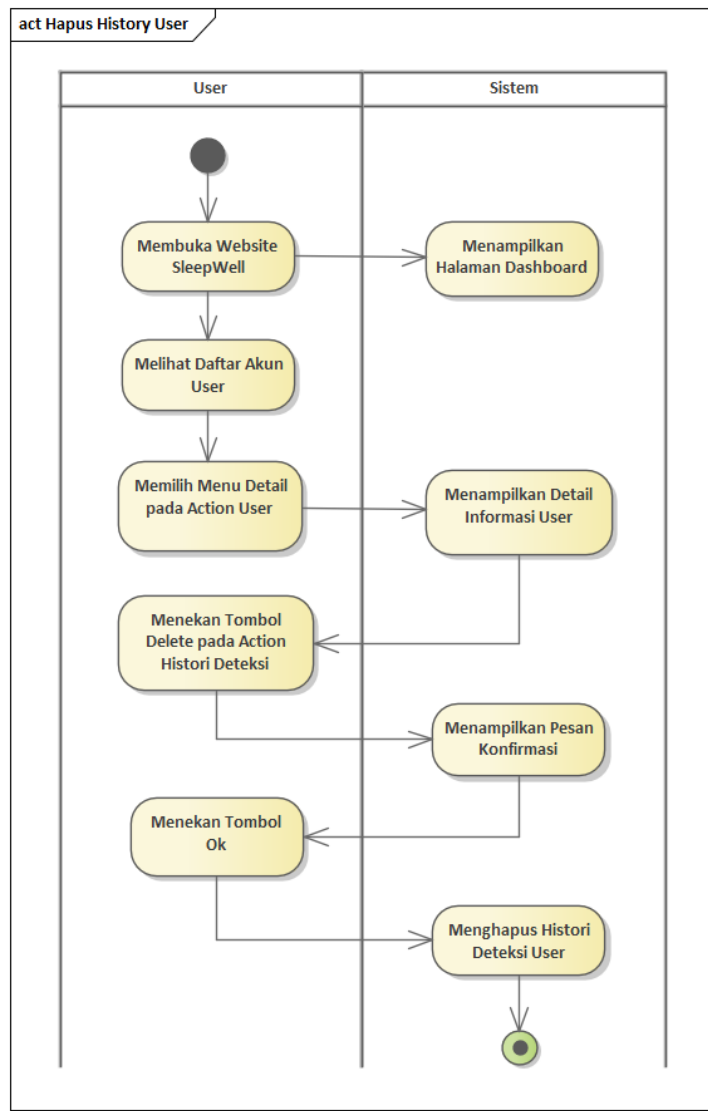
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



Gambar 4.9 Activity Edit Profile

e. Activity Diagram Hapus *History User* (Admin)

Gambar 4.10 menggambarkan alur proses penghapusan history user oleh admin. Pada proses ini diasumsikan admin telah berhasil sign in dan berada pada halaman utama aplikasi, yaitu halaman dashboard admin. Proses dimulai ketika admin melihat daftar akun pengguna yang terdaftar pada sistem dan memilih menu detail pada salah satu pengguna. Setelah itu, sistem menampilkan informasi pengguna beserta history deteksi yang dimiliki user tersebut. Admin kemudian menekan tombol Delete pada history deteksi yang ingin dihapus. Sebelum proses penghapusan dilakukan, sistem akan menampilkan pesan konfirmasi untuk memastikan tindakan admin. Selanjutnya, admin menekan tombol OK. Sistem akan menghapus riwayat deteksi pengguna yang dipilih. Setelah proses penghapusan selesai, data riwayat deteksi tidak lagi ditampilkan pada sistem.



Gambar 4.10 Activity Diagram Hapus *History User* Oleh Admin

f. Activity Diagram Hapus Akun *User* (Admin)

Gambar 4.11 menggambarkan alur proses penghapusan akun oleh admin. Pada proses ini diasumsikan admin telah berhasil sign in dan berada pada halaman utama aplikasi, yaitu halaman dashboard admin. Proses dimulai ketika admin melihat daftar akun pengguna yang terdaftar pada sistem dan memilih menu delete pada salah satu pengguna. Sebelum proses penghapusan dilakukan, sistem akan menampilkan pesan konfirmasi untuk memastikan tindakan admin. Selanjutnya, admin menekan tombol OK. Sistem akan menghapus akun pengguna yang dipilih. Setelah proses penghapusan selesai, data akun pengguna tidak lagi ditampilkan pada sistem.

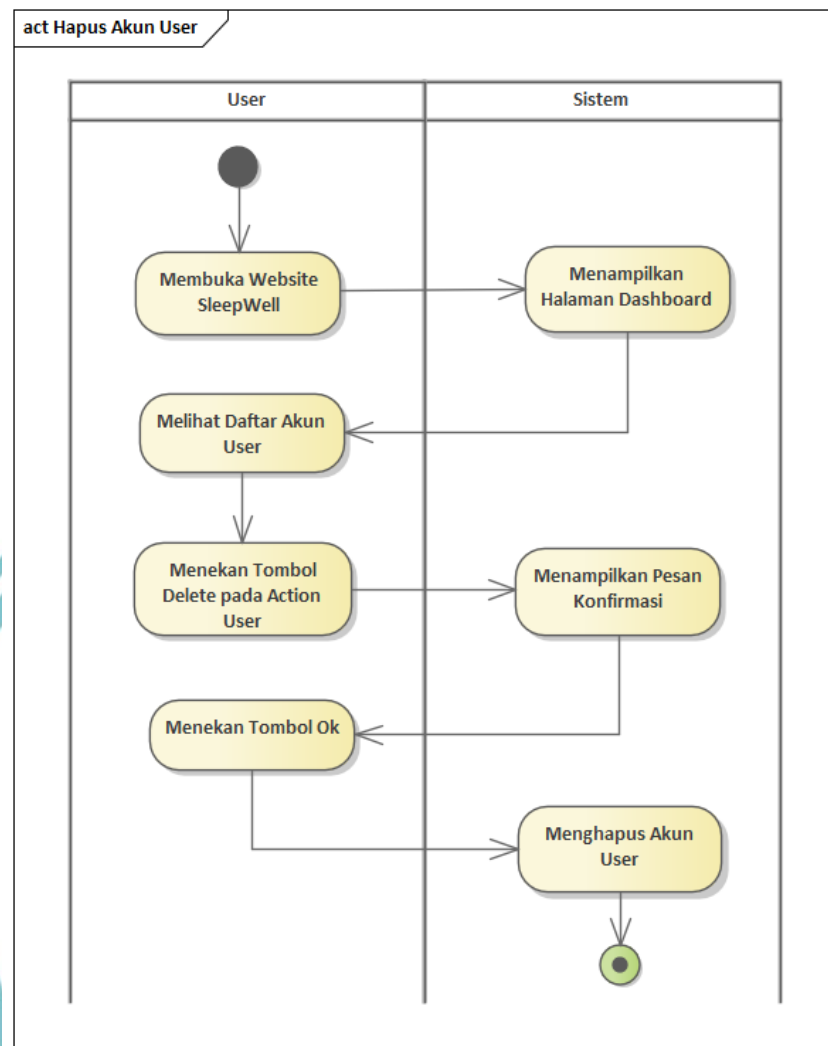
Hak Cipta :

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



Gambar 4.11 Activity Diagram Hapus Akun User Oleh Admin

4.2.3.3 Wireframe

Wireframe merupakan rancangan tampilan antarmuka aplikasi SleepWell yang menggambarkan tata letak dan komponen pada setiap halaman sebelum masuk ke tahap implementasi. Berikut adalah penjelasan masing-masing halaman.

1. Halaman Utama

Gambar 4.12 menampilkan wireframe halaman utama (landing page) aplikasi SleepWell yang menjadi tampilan awal saat pengguna mengakses sistem. Halaman ini menyediakan menu navigasi dan tombol akses untuk memudahkan pengguna dalam menggunakan aplikasi. Selain itu, landing page juga menampilkan informasi singkat mengenai pengenalan platform SleepWell, serta gambaran alur kerja sistem yang digunakan.



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

SLEEP
WELL

HOME

ABOUT

HOW IT WORKS

Sign Up

Detect Sleep Apnea With Ease, Using Your Sleep Data

Get Started

Sign In

Why Use Sleep Well?

SleepWell Designed to streamline the analysis of physiological signals for sleep apnea research and preliminary screening.

About SleepWell

How SleepWell Works ?



Upload Signal
Upload physiological signal files in supported formats.



Automatic Analysis
Our algorithm automatically processes the signal and detects patterns indicating apnea.



Instant Results
You'll instantly know — normal or indications found — complete with visualizations.



History Saved
All detection results are securely saved in your dashboard to be monitored anytime.

Gambar 4.12 Wireframe Halaman Utama

2. Halaman Sign Up

SLEEP WELL

Create an Account
Sign up to start detecting sleep apnea.

Full Name

Email

Password

Sign Up Now

Already have an account? [Sign In](#)

Gambar 4.13 Wireframe Halaman Sign Up

Gambar 4.13 menampilkan *wireframe* halaman *sign up* pada aplikasi SleepWell. Halaman ini digunakan untuk memungkinkan pengguna membuat akun baru dengan mengisi informasi yang diperlukan seperti nama lengkap, email, dan



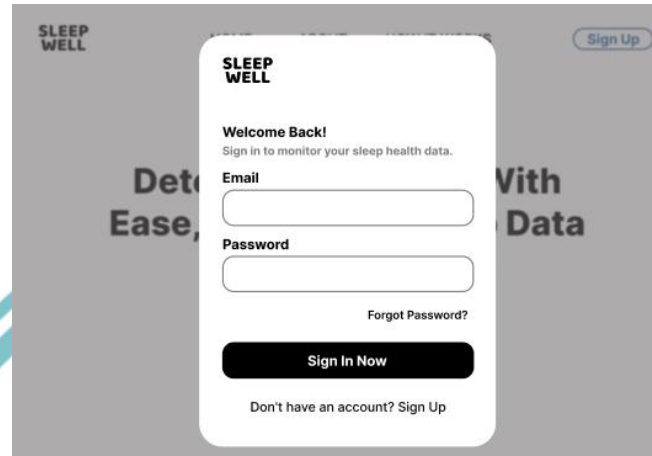
© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

password. Selain itu, tersedia tombol pendaftaran dan tautan menuju halaman *sign in* bagi pengguna yang sudah memiliki akun.

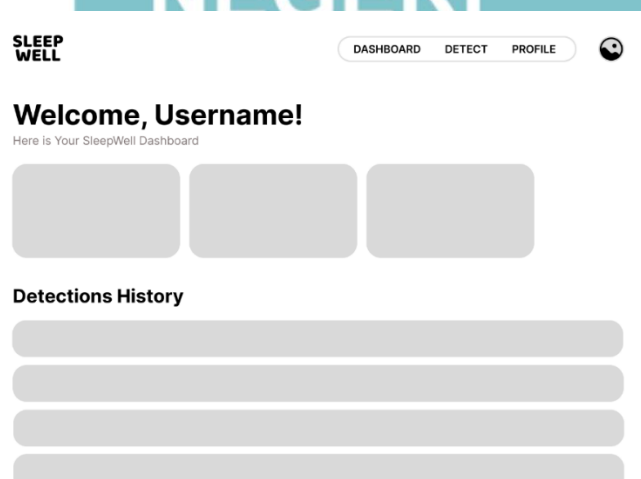
3. Halaman *Sign In*



Gambar 4.14 Wireframe Halaman Sign In

Gambar 4.14 menampilkan *wireframe* halaman *Sign in* pada aplikasi SleepWell. Halaman ini digunakan untuk memungkinkan pengguna untuk dapat masuk ke dalam sistem menggunakan email dan *password* yang telah terdaftar. Selain itu, halaman ini juga menyediakan fitur *Forgot Password* untuk pemulihan akun serta tautan *Sign Up* bagi pengguna yang belum memiliki akun.

4. Halaman *Dashboard User*



Gambar 4.15 Wireframe Halaman Dashboard User



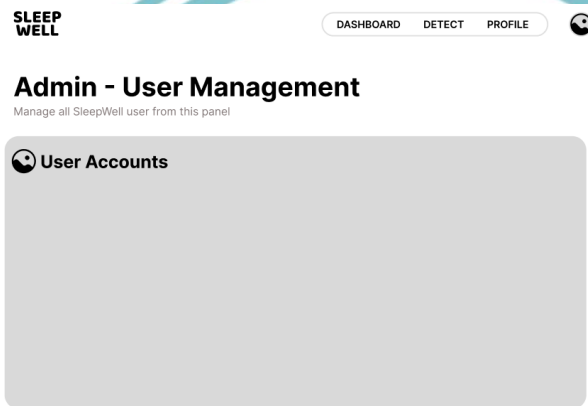
© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

Gambar 4.15 menampilkan *wireframe* halaman *dashboard user* pada aplikasi SleepWell. Halaman ini berfungsi sebagai halaman utama *user* setelah berhasil masuk ke dalam sistem dan menampilkan informasi terkait aktivitas yang dimiliki pengguna. Selain itu, tersedia *Detections History* yang digunakan untuk menampilkan riwayat hasil deteksi yang telah dilakukan.

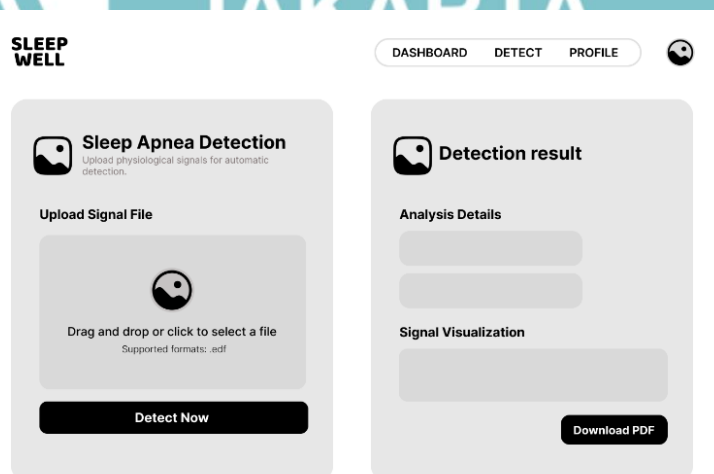
5. Halaman Dashboard Admin



Gambar 4.16 *Wireframe* Halaman Dashboard Admin

Gambar 4.16 menampilkan *wireframe* halaman *dashboard* admin pada aplikasi SleepWell. Halaman ini berfungsi sebagai halaman utama admin setelah berhasil masuk ke dalam sistem. Pada halaman ini ditampilkan seluruh akun yang terdaftar pada aplikasi SleepWell.

6. Halaman Deteksi



Gambar 4.17 *Wireframe* Halaman Deteksi

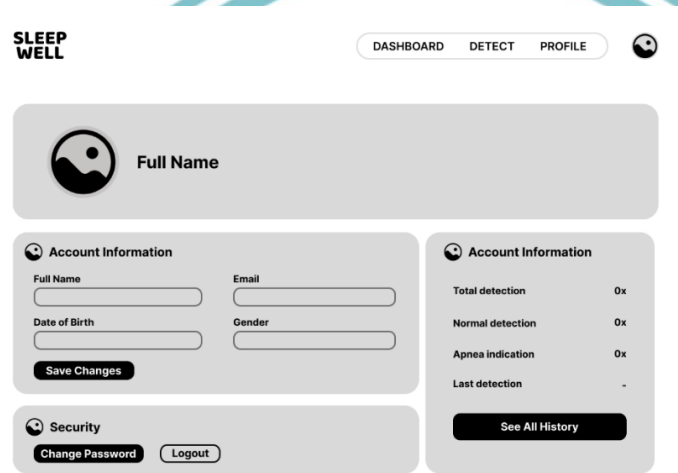


Hak Cipta :

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

Gambar 4.17 menampilkan *wireframe* halaman detection pada aplikasi SleepWell. Halaman ini digunakan untuk melakukan deteksi *sleep apnea* berdasarkan file sinyal fisiologis yang diunggah oleh pengguna dalam format EDF. Setelah proses analisis selesai, sistem akan menampilkan hasil deteksi serta menyediakan fitur untuk mengunduh hasil dalam bentuk dokumen PDF.

7. Halaman Profile



Gambar 4.18 Wireframe Halaman Profile

Gambar 4.18 menampilkan *wireframe* halaman profile pada aplikasi SleepWell. Halaman ini digunakan untuk menampilkan dan mengelola informasi akun pengguna, seperti nama lengkap, email, tanggal lahir, dan jenis kelamin. Selain itu, halaman ini juga menyediakan informasi statistik deteksi yang telah dilakukan pengguna serta fitur keamanan untuk mengubah kata sandi dan keluar dari akun.

4.2.4 Perancangan Backend Deteksi

Backend deteksi dirancang menggunakan FastAPI sebagai *framework* Python yang menangani proses deteksi sleep apnea. Pada *backend* ini, dibuat *endpoint* `/predict` yang berfungsi untuk menerima file EDF dari aplikasi web dan menjalankan proses deteksi secara otomatis. Setelah file diterima, sistem melakukan serangkaian tahapan didalamnya. Model yang digunakan pada *backend* deteksi adalah model *hybrid* CNN-LSTM. Hasil yang ditampilkan oleh *endpoint* tersebut meliputi jumlah *window apnea*, jumlah *window normal*, estimasi nilai AHI (*Apnea-Hypopnea Index*), serta data visualisasi keempat sinyal dengan nilai SpO₂ terendah.



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

4.2.5 Perancangan integrasi Model dengan Aplikasi Web

Integrasi antara model *deep learning* dengan aplikasi web dilakukan melalui komunikasi antara *backend* Laravel dan *backend* FastAPI menggunakan *HTTP request*. Ketika pengguna mengunggah file EDF melalui antarmuka aplikasi web, Laravel akan meneruskan file tersebut ke *endpoint /predict* pada FastAPI menggunakan *HTTP POST request*. FastAPI kemudian memproses file tersebut dan mengembalikan hasil prediksi dalam format JSON yang selanjutnya diterima oleh Laravel untuk ditampilkan kepada pengguna.

4.3 Implementasi Sistem

Setelah seluruh tahap perancangan selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah implementasi sistem. Tahap ini dilakukan untuk menerapkan rancangan yang telah dibuat menjadi sebuah aplikasi yang dapat digunakan. Implementasi sistem pada penelitian ini meliputi, implementasi model, implementasi *backend* deteksi, dan implementasi aplikasi web.

4.3.1 Implementasi Model

Implementasi model dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari pra-pemrosesan data, pembagian dataset, hingga pelatihan dan evaluasi model *deep learning*. Tahapan-tahapan tersebut dilakukan untuk menyiapkan data agar dapat digunakan dalam proses pelatihan model serta untuk mengetahui performa model yang dihasilkan. Pada penelitian ini, model yang dikembangkan meliputi model 1D CNN, LSTM, dan Hybrid CNN-LSTM.

4.3.1.1 Implementasi Pra-pemrosesan data

Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah *University College Dublin Sleep Apnea Database (UCDDb)* yang diperoleh dari PhysioNet. Dataset ini berisi rekaman sinyal polisomnografi selama tidur malam yang dilengkapi dengan anotasi kejadian gangguan pernapasan. Contoh file anotasi pada dataset ditunjukkan pada Gambar 4.19.



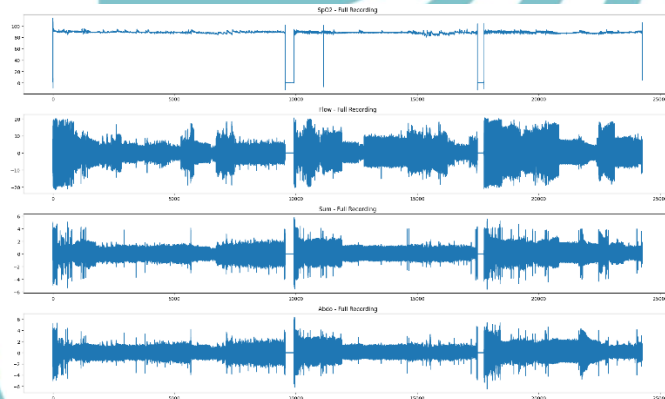
Hak Cipta :

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

Respiratory Event List								
Time	Respiratory Event Type	PB/CS	Duration	Desaturation Low	%Drop	Snore	Arousal	B/T Rate Change
00:12:51	HYP-O		14	88.7	2.1	-	-	
00:13:30	HYP-O		15	88	2.8	-	-	
00:17:24	HYP-C		11	88.7	6	-	+	
00:18:03	APNEA-C		18	85.9	4.1	-	+	
00:18:43	APNEA-C		16	88.9	6	-	-	
00:19:24	HYP-C		11	86.7	7.4	-	-	
00:19:55	HYP-C		12	86.7	6.1	-	+	
00:20:35	APNEA-C		10	86.7	6.1	-	+	
00:21:10	HYP-C		16	86.7	5.3	-	-	
00:21:50	HYP-O		13	88	4	-	-	
00:29:01	HYP-C		12	86.7	3.3	-	-	65.1 -10.5
00:30:50	HYP-C		14			-	-	
00:31:32	HYP-C		14			-	-	
00:40:42	HYP-O		20			-	+	

Gambar 4.19 Anotasi Sinyal ucddb006

Dari beberapa *channel* yang tersedia, penelitian ini menggunakan empat *channel*, yaitu Flow, Sum, Abdo, dan SpO₂. Pemilihan keempat *channel* tersebut berdasarkan pada penelitian sebelumnya yang menggunakan dataset yang sama serta berdasarkan rekomendasi tenaga medis dari IMERI UI. Gambar 4.20 menunjukkan contoh *full recording* dari keempat sinyal tersebut pada subjek ucddb0006.



Gambar 4.20 ucddb006 Full Recording 4 Sinyal

Sinyal tersebut kemudian di *resampling* menjadi 8 Hz, karena pada saat file dibaca oleh *library* MNE pada Google Colab, frekuensi *sampling* seluruh *channel* mengikuti frekuensi tertinggi pada file, yaitu 128 Hz. Setelah *resampling*, dilakukan normalisasi awal khusus pada kanal SpO₂ dan Flow. Normalisasi ini dilakukan karena nilai mentah kedua sinyal tersebut memiliki rentang yang sangat besar sehingga melebihi batas digit yang diizinkan oleh format EDF, yang dapat menyebabkan *error* saat file disimpan kembali ke format EDF pada proses *windowing*.



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

```
data = raw.get_data()
for i, ch_name in enumerate(raw.ch_names):
    if ch_name in ["SpO2", "Flow"]:
        sig = data[i]
        sig = np.clip(sig, 0, 200)
        #normalisasi
        sig = (sig - np.min(sig)) / (np.max(sig) - np.min(sig) + 1e-8) * 100
        data[i] = np.round(sig).astype(np.int16)
```

Gambar 4.21 Fungsi Normalisasi Awal

Gambar 4.21 menampilkan fungsi normalisasi awal yang digunakan. Proses normalisasi dilakukan dalam tiga tahap. Pertama, nilai sinyal dibatasi pada rentang 0-200 menggunakan fungsi `np.clip` untuk menghilangkan nilai yang berada di luar rentang yang diharapkan. Selanjutnya, sinyal dinormalisasi ke rentang 0-100 menggunakan metode *min-max normalization*. Pada tahap ini ditambahkan nilai kecil sebesar $1e-8$ pada penyebut untuk menghindari kemungkinan pembagian dengan nol. Setelah proses normalisasi selesai, nilai sinyal dibulatkan dan diubah ke tipe data `int16` agar dapat digunakan pada tahapan selanjutnya.

Setelah proses normalisasi awal selesai, dilakukan sinkronisasi dengan file anotasi berformat teks `_respevt.txt` yang berisi informasi waktu dan durasi kejadian gangguan pernapasan. File anotasi tersebut dibaca menggunakan fungsi `parse_respevt_manual` yang ditunjukkan pada Gambar 4.22. Fungsi `parse_respevt_manual` ini mengekstrak waktu *onset* dalam format HH:MM:SS dan durasi event dalam satuan detik.

Setelah diekstrak, waktu *onset* pada file anotasi yang masih dalam format HH:MM:SS diubah ke dalam satuan detik. Konversi ini dilakukan dengan menggunakan tanggal rekaman dari file EDF dan waktu kejadian dari file anotasi. Selanjutnya, dihitung selisih waktu terhadap awal rekaman untuk memperoleh posisi kejadian pada sinyal. Pada dataset ini, rekaman PSG umumnya dimulai pada malam hari dan berakhir pada dini hari keesokan harinya. Kondisi tersebut menyebabkan waktu pada file anotasi melewati pukul 00.00. Jika waktu anotasi langsung dibandingkan dengan waktu awal rekaman tanpa penyesuaian, selisih waktu yang dihasilkan dapat menjadi negatif karena dianggap masih berada pada hari yang sama. Untuk mengatasinya, ditambahkan pengecekan terhadap nilai `onset_sec`. Apabila nilainya kurang dari -43200 detik (12 jam), maka ditambahkan



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

86400 detik (24 jam) agar waktu kejadian berpindah ke hari berikutnya dan sesuai dengan waktu sebenarnya pada rekaman.

```
def parse_respevt_manual(file_path):
    events = []
    with open(file_path, 'r') as f:
        lines = f.readlines()

    for line in lines[3:]:
        parts = line.split()
        if len(parts) < 4: continue

        try:
            time_str = parts[0]
            duration = None
            for p in parts[2:]:
                if p.replace('.', '', 1).isdigit():
                    duration = float(p)
                    break

            if duration is not None:
                events.append({'time': time_str, 'duration': duration})
        except:
            continue
    return events
```

Gambar 4.22 Fungsi Sinkronisasi Anotasi

Langkah selanjutnya adalah melakukan segmentasi sinyal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.23. Segmentasi sinyal ini dilakukan menggunakan teknik *sliding window* dengan memotong sinyal menjadi 30 detik dan step 29 detik, sehingga terdapat *overlap* 1 detik antar *window*. Setiap *window* diberi label apnea apabila terdapat *overlap* antara *window* tersebut dengan event apnea pada file anotasi yang berdurasi minimal 10 detik. Jika tidak memenuhi syarat tersebut, *window* diberi label normal.



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

```

window_size = 30
step = 29
start = 0

print(f" -> Memotong sinyal setiap {window_size} detik...")
while start + window_size <= duration:
    end = start + window_size
    label_target = "normal"

    for ev_start, ev_end in processed_events:
        overlap_start = max(start, ev_start)
        overlap_end = min(end, ev_end)
        if overlap_end > overlap_start:
            if (overlap_end - overlap_start) >= 10:
                label_target = "apnea"
                break

    cropped_raw = raw.copy().crop(tmin=start, tmax=end, include_tmax=False)

    file_output_name = f"{file_id}_{label_target}_{int(start)}-{int(end)}.edf"
    label_folder_local = os.path.join(local_file_folder, label_target)
    os.makedirs(label_folder_local, exist_ok=True)

    local_save_path = os.path.join(label_folder_local, file_output_name)
    mne.export.export_raw(local_save_path, cropped_raw, fmt="edf", overwrite=True, verbose=False)

    start += step

print(f" -> Memindahkan file hasil {file_id} ke Google Drive...")
for label in ["normal", "apnea"]:
    src_label_dir = os.path.join(local_file_folder, label)
    dst_label_dir = os.path.join(drive_final_path, label)

    if os.path.exists(src_label_dir):
        os.makedirs(dst_label_dir, exist_ok=True)
        for file_name in os.listdir(src_label_dir):
            shutil.move(os.path.join(src_label_dir, file_name), os.path.join(dst_label_dir, file_name))

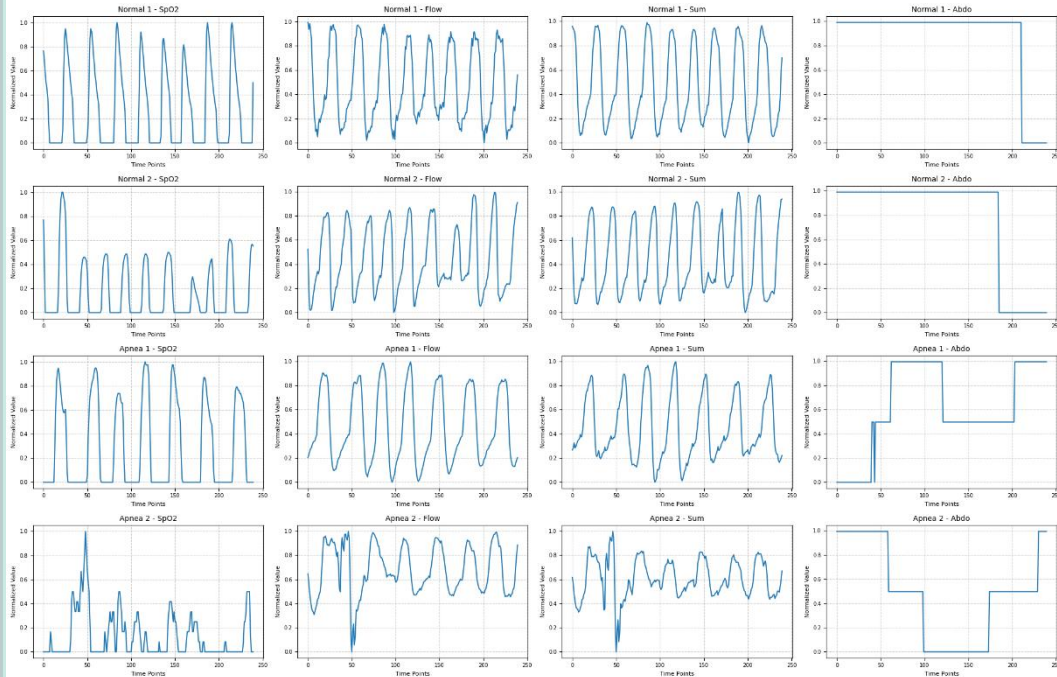
shutil.rmtree(local_file_folder)
print(f"Selesai memproses {file_id}!\n")

```

Gambar 4.23 Proses Segmentasi Sinyal

Setelah setiap *window* diberi label, hasil potongan sinyal tersebut disimpan sementara ke penyimpanan lokal Google Colab dalam format EDF menggunakan `mne.export.export_raw`. Setelah seluruh *window* dari satu file EDF selesai diproses, file-file tersebut dipindahkan ke Google Drive ke dalam folder yang terpisah berdasarkan labelnya, yaitu folder normal dan folder apnea. Pemindahan ke Google Drive dilakukan setelah setiap pasien selesai diproses untuk menghindari kehabisan memori penyimpanan lokal Colab yang terbatas. Gambar 4.24 menampilkan visualisasi sinyal hasil *sliding window* yang dilakukan.

Visualisasi Sinyal Normal dan Apnea dari Data Sliding Window



Gambar 4.24 Sinyal Apnea dan Normal Setelah Segmentasi

Seluruh data hasil segmentasi telah disimpan di Google Drive kemudian dihitung jumlahnya berdasarkan kelas, yaitu kelas normal dan kelas apnea. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah data pada kelas normal jauh lebih banyak dibandingkan kelas apnea. Oleh karena itu, dilakukan proses *balancing data* dengan mengambil sebagian data normal secara acak (*random undersampling*) hingga jumlah data pada kedua kelas menjadi seimbang. Proses ini dilakukan untuk mengurangi kemungkinan model lebih sering mengenali kelas yang jumlahnya lebih banyak. Dengan jumlah data yang seimbang, model diharapkan dapat mempelajari karakteristik kedua kelas dengan lebih baik.

Selanjutnya, dilakukan normalisasi akhir pada setiap *window* menggunakan metode *min-max normalization* ke rentang 0–1, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.25. Proses ini dilakukan agar seluruh *window* memiliki skala yang sama, sehingga perbedaan nilai sinyal antar pasien tidak terlalu memengaruhi proses pelatihan model. Sebelum normalisasi dilakukan, data terlebih dahulu diperiksa untuk memastikan tidak terdapat nilai yang tidak valid, seperti *NaN* atau *Inf*. Nilai *NaN* diganti dengan 0, nilai *Inf* positif diganti dengan 1, sedangkan nilai *Inf* negatif diganti dengan 0 menggunakan fungsi `np.nan_to_num`. Pemeriksaan ini dilakukan

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer – Politeknik Negeri Jakarta



© 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



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

agar seluruh data yang digunakan pada proses pelatihan berada dalam kondisi yang valid. Setelah proses normalisasi selesai, data diubah ke bentuk (*timesteps*, *channels*) agar sesuai dengan format *input* yang dibutuhkan oleh model deep learning. Selanjutnya, setiap window disimpan dalam format NumPy (.npz) untuk mempermudah proses pemuatan data pada tahap pembagian dataset dan pelatihan model.

```
for cat in categories:
    src_folder = os.path.join(src_base, cat)
    dst_folder = os.path.join(npy_base, cat)
    os.makedirs(dst_folder, exist_ok=True)

    files = [f for f in os.listdir(src_folder) if f.endswith('.edf')]
    print(f"Mengonversi {len(files)} file {cat} ke .npz...")

    for f in files:
        file_path = os.path.join(src_folder, f)
        raw = mne.io.read_raw_edf(file_path, preload=True, verbose=False)
        data = raw.get_data()

        # Normalisasi (NaN -> 0, Inf -> 1)
        data = np.nan_to_num(data, nan=0.0, posinf=1.0, neginf=0.0)
        # Scaling 0-1
        d_min = data.min(axis=1, keepdims=True)
        d_max = data.max(axis=1, keepdims=True)
        data = (data - d_min) / (d_max - d_min + 1e-8)

        data_t = data.T

        npy_filename = f.replace(".edf", ".npz")
        np.save(os.path.join(dst_folder, npy_filename), data_t)

    print("Konversi ke .npz selesai!")
```

Gambar 4.25 Proses Normalisasi Akhir

4.3.1.2 implementasi pembagian dataset

```
from sklearn.model_selection import train_test_split

X_train, X_temp, y_train, y_temp = train_test_split(
    X, y, test_size=0.30, random_state=42, stratify=y
)

X_val, X_test, y_val, y_test = train_test_split(
    X_temp, y_temp, test_size=0.3333, random_state=42, stratify=y_temp
)

print(f"Train shape: {X_train.shape}")
print(f"Val shape : {X_val.shape}")
print(f"Test shape : {X_test.shape}")
```

Gambar 4.26 Pembagian Dataset



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 4.26 menunjukkan proses pembagian dataset menjadi data latih, data validasi, dan data uji. Pembagian dilakukan menggunakan fungsi `train_test_split`. Dataset terlebih dahulu dibagi menjadi 70% data latih dan 30% data sementara. Selanjutnya, 30% data sementara tersebut dibagi kembali menjadi data validasi dan data uji. Hasil pembagian menghasilkan 20% data validasi dan 10% data uji dari total dataset. Tabel 4.27 menampilkan jumlah sampel yang digunakan.

Tabel 4.6 Jumlah Data

Data Latih	4768 Sampel (70%)
Data Validasi	1362 Sampel (20%)
Data Uji	682 Sampel (10%)

Data latih digunakan untuk melatih model agar dapat mengenali pola sinyal yang menunjukkan kondisi apnea maupun normal. Data validasi digunakan selama proses pelatihan untuk memantau performa model dan membantu mendeteksi apabila model mulai mengalami overfitting. Sementara itu, data uji digunakan pada tahap akhir untuk mengetahui kemampuan model dalam melakukan deteksi pada data yang belum pernah digunakan selama proses pelatihan.

Setiap subset data memiliki bentuk (*batch_size*, 240, 4) yang sesuai dengan format masukan model deep learning. Nilai 240 menunjukkan jumlah titik data dalam satu *window*, yang diperoleh dari durasi *window* selama 30 detik dengan frekuensi *sampling* 8 Hz. Sementara itu, angka 4 menunjukkan jumlah *channel* sinyal yang digunakan, yaitu Flow, Sum, Abdo, dan SpO₂. Dengan bentuk tersebut, setiap sampel yang masuk ke model terdiri dari 240 titik waktu dan 4 *channel* sinyal. Data inilah yang kemudian digunakan sebagai input pada proses pelatihan dan pengujian model *deep learning*.

4.3.1.3 Implementasi Model Deep Learning dan Evaluasi Model

4.3.1.3.1 CNN

Model CNN diimplementasikan menggunakan tiga blok Conv1D yang telah dirancang pada sub bab sebelumnya. Model CNN ini di *compile* menggunakan *optimizer* Adam dengan *learning rate* 0.001 dan fungsi *loss binary crossentropy*. Proses pelatihan menggunakan dua *callback* yaitu *EarlyStopping* dan



Hak Cipta :

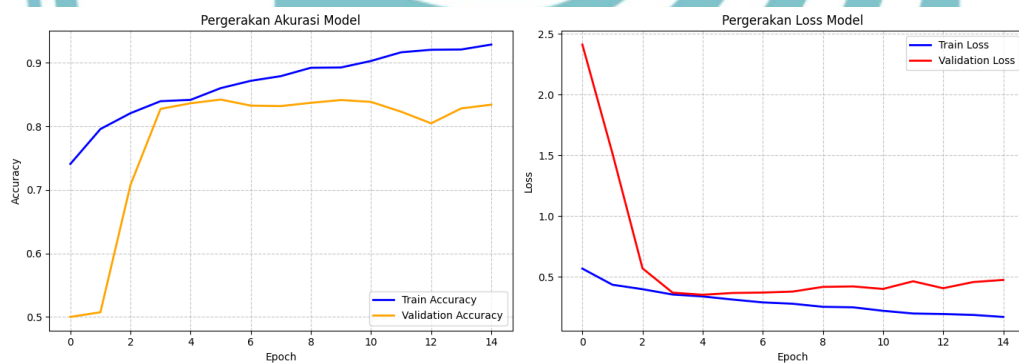
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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

ModelCheckpoint. *EarlyStopping* berfungsi menghentikan pelatihan secara otomatis apabila nilai *val_loss* tidak mengalami penurunan selama 10 *epoch* berturut-turut (*patience=10*). *ModelCheckpoint* berfungsi menyimpan model terbaik ke file *best_model_apnea_cnn.keras* berdasarkan nilai *val_accuracy* tertinggi yang dicapai selama pelatihan. Pelatihan dilakukan selama maksimal 50 *epoch* dengan ukuran *batch* 32.

Pada proses pelatihan CNN, pelatihan berhenti pada *epoch* ke-15 karena *EarlyStopping* mendeteksi tidak adanya peningkatan pada *val_loss*. Hasil akhir yang didapat pada proses training dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil *Training* CNN

<i>Accuracy</i>	<i>Loss</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F-1 Score</i>
0,9287	0,1711	0,9360	0,9203	0,9281



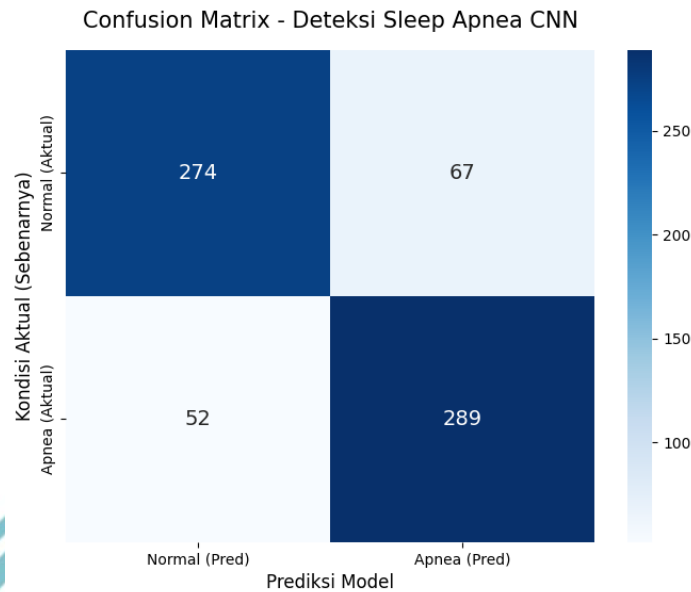
Gambar 4.27 Grafik Akurasi dan Loss Model CNN

Berdasarkan grafik pelatihan pada Gambar 4.27, akurasi model CNN terus meningkat selama proses pelatihan. Akurasi data latih mencapai sekitar 92%, sedangkan akurasi data validasi berada pada kisaran 80-84%. Sementara itu, nilai *loss* pada data latih terus menurun dan *validation loss* mengalami penurunan yang cukup besar pada awal pelatihan, kemudian relatif stabil walaupun terdapat kenaikan pada beberapa *epoch*. Pada *epoch-epoch* akhir terlihat bahwa akurasi data latih masih mengalami peningkatan, sedangkan akurasi data validasi tidak banyak berubah.



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



Gambar 4.28 *Confusion Matrix* CNN

Berdasarkan *confusion matrix* pada Gambar 4.28, dari 341 data normal, model berhasil memprediksi dengan benar sebanyak 274 data (*True Negative*) dan salah memprediksi sebanyak 67 data sebagai apnea (*False Positive*). Dari 341 data apnea, model berhasil memprediksi dengan benar sebanyak 289 data (*True Positive*) dan salah memprediksi sebanyak 52 data sebagai normal (*False Negative*). Nilai *False Negative* sebesar 52 menunjukkan bahwa terdapat sejumlah kasus apnea yang tidak terdeteksi oleh model.

4.3.1.3.2 LSTM

Model LSTM diimplementasikan menggunakan dua blok LSTM yang telah dirancang pada sub bab sebelumnya. Sama seperti CNN, pada LSTM model di *compile* menggunakan *optimizer* Adam dengan *learning rate* 0.001 dan fungsi *loss binary_crossentropy*. Proses pelatihan menggunakan dua *callback* yaitu *EarlyStopping* dan *ModelCheckpoint*. Pelatihan dilakukan selama maksimal 50 *epoch* dengan ukuran *batch* 32.

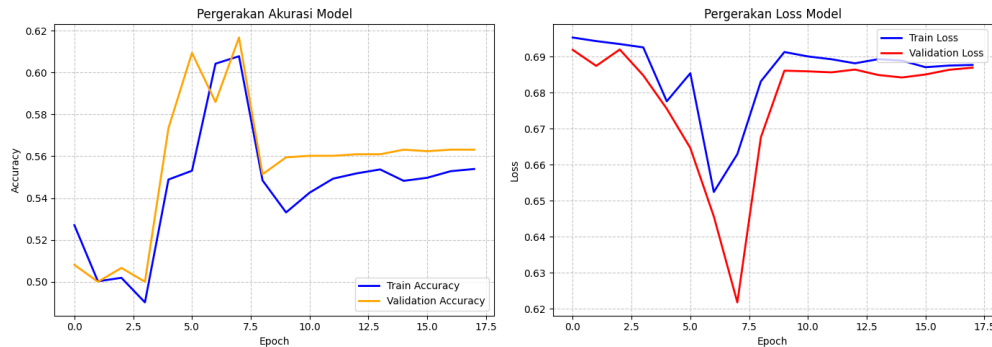
Pada proses pelatihan LSTM, pelatihan berhenti pada *epoch* ke-18 karena *EarlyStopping* mendeteksi tidak adanya peningkatan pada *val_loss*. Hasil akhir yang didapat pada proses training dapat dilihat pada Tabel 4.8.



- 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

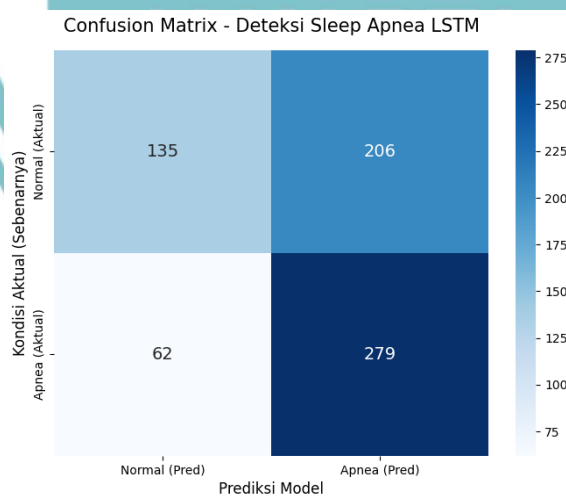
Tabel 4.8 Hasil Training LSTM

<i>Accuracy</i>	<i>Loss</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F-1 Score</i>
0,5539	0,6877	0,5428	0,6829	0,6051



Gambar 4.29 Grafik Akurasi dan Loss Model LSTM

Berdasarkan Grafik pelatihan pada Gambar 4.29 akurasi model LSTM berubah-ubah selama proses pelatihan. Nilai akurasi data latih dan validasi beberapa kali mengalami kenaikan dan penurunan sehingga tidak menunjukkan peningkatan yang konsisten. Selain itu, kedua kurva berada pada nilai yang berdekatan sepanjang pelatihan. Sementara itu, Pada grafik *loss*, tidak terlihat penurunan yang cukup besar dari *epoch* pertama hingga *epoch* terakhir. Nilai *training loss* dan *validation loss* juga cenderung berdekatan selama proses pelatihan. Kondisi ini menunjukkan bahwa model LSTM masih belum dapat menangkap pola data secara optimal.



Gambar 4.30 Confusion Matrix LSTM



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

Berdasarkan confusion matrix pada Gambar 4.30, dari 341 data normal, model hanya berhasil memprediksi dengan benar sebanyak 135 data (*True Negative*) dan salah memprediksi sebanyak 206 data sebagai apnea (*False Positive*). Dari 341 data apnea, model berhasil memprediksi dengan benar sebanyak 279 data (*True Positive*) dan salah memprediksi sebanyak 62 data sebagai normal (*False Negative*). Nilai False Positive yang sangat tinggi yaitu 206 menunjukkan bahwa model cenderung memprediksi hampir semua data sebagai apnea.

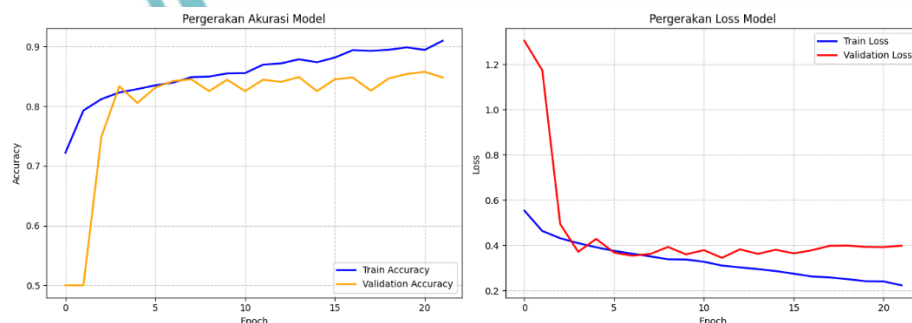
4.3.1.3.3 Hybrid CNN-LSTM

Model Hybrid CNN-LSTM diimplementasikan menggunakan arsitektur yang menggabungkan tiga blok Conv1D dengan satu blok LSTM yang telah dirancang pada sub bab sebelumnya. model di *compile* menggunakan *optimizer* Adam dengan *learning rate* 0.001 dan fungsi *loss binary crossentropy*. Proses pelatihan menggunakan dua *callback* yaitu *EarlyStopping* dan *ModelCheckpoint* dengan konfigurasi yang sama seperti model sebelumnya. Pelatihan dilakukan selama maksimal 50 *epoch* dengan ukuran *batch* 32.

Pada proses pelatihan Hybrid CNN-LSTM, pelatihan berhenti pada epoch ke-22 karena *EarlyStopping* mendeteksi tidak adanya peningkatan pada *val_loss*. Hasil akhir yang didapat pada proses training dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Training Hybrid CNN-LSTM

<i>Accuracy</i>	<i>Loss</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F-1 Score</i>
0,9096	0,2234	0,8987	0,9232	0,9108



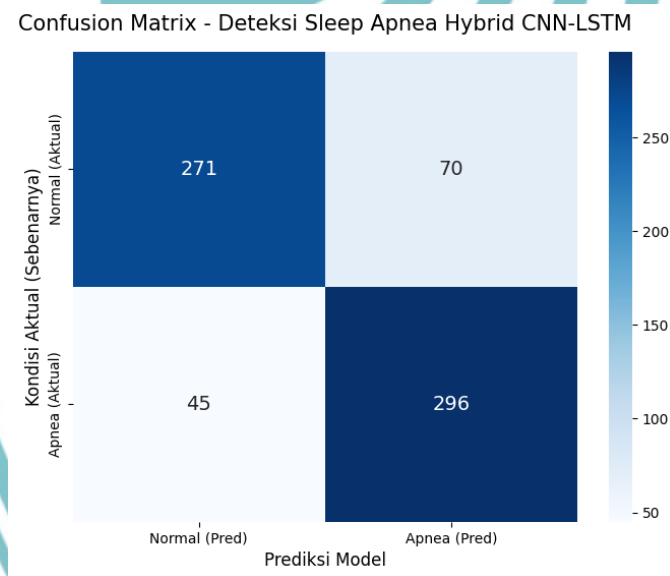
Gambar 4.31 Confusion Matrix LSTM



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

Berdasarkan grafik pelatihan pada Gambar 4.31 grafik akurasi menunjukkan bahwa akurasi data latih meningkat secara konsisten dari *epoch* pertama hingga *epoch* terakhir. Akurasi data validasi mengalami kenaikan cukup besar di awal pelatihan hingga *epoch* ke-3, kemudian bergerak stabil dengan sedikit naik turun hingga akhir pelatihan. Meskipun terdapat jarak antara kedua kurva, jarak tersebut tidak terlalu melebar dibandingkan model CNN sebelumnya. Pada grafik *loss*, *validation loss* dimulai dengan nilai yang tinggi pada *epoch* pertama kemudian turun drastis hingga *epoch* ke-3, setelah itu menurun secara perlahan hingga akhir pelatihan. Sementara itu, *training loss* turun secara konsisten sepanjang pelatihan. Kedua kurva terlihat semakin berdekatan pada *epoch-epoch* akhir, yang menunjukkan bahwa model mampu mempelajari pola data dengan cukup baik tanpa perbedaan performa yang terlalu jauh antara data latih dan data validasi.



Gambar 4.32 Confusion Matrix Hybrid CNN-LSTM

Berdasarkan confusion matrix pada Gambar 4.32, dari 341 data normal, model berhasil memprediksi dengan benar sebanyak 271 data (*True Negative*) dan salah memprediksi sebanyak 70 data sebagai apnea (*False Positive*). Dari 341 data apnea, model berhasil memprediksi dengan benar sebanyak 296 data (*True Positive*) dan salah memprediksi sebanyak 45 data sebagai normal (*False Negative*). Nilai *False Negative* sebesar 45 lebih rendah dibandingkan model CNN yang menghasilkan 52 *False Negative*.



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

4.3.2 Implementasi Backend Deteksi

Backend deteksi pada penelitian ini diimplementasikan menggunakan *framework* FastAPI. *Backend* ini bertugas menerima file EDF yang diunggah melalui aplikasi web, melakukan proses deteksi sleep apnea menggunakan model *deep learning*, kemudian mengirimkan hasil deteksi kembali ke aplikasi web dalam format JSON. Implementasi *backend* dilakukan secara terpisah dari Laravel sehingga proses prediksi dapat berjalan secara independen.

Proses deteksi dilakukan melalui endpoint `/predict` yang menerima file EDF menggunakan metode *HTTP POST*. Setelah file diterima, sistem melakukan serangkaian proses yang meliputi pembacaan sinyal EDF, pemilihan *channel* Flow, Sum, Abdo, dan SpO₂, proses *resampling* ke frekuensi 8 Hz, segmentasi sinyal menjadi *window* berdurasi 30 detik, serta normalisasi data sebelum diberikan ke model. Selanjutnya, model melakukan prediksi pada setiap *window* dan menghasilkan klasifikasi apnea atau normal.

Berdasarkan hasil prediksi tersebut, sistem menghitung jumlah *window apnea*, jumlah *window* normal, serta estimasi nilai AHI. Sistem juga menentukan kategori tingkat keparahan sleep apnea berdasarkan nilai AHI yang diperoleh. Selain itu, *backend* mencari nilai SpO₂ terendah untuk ditampilkan sebagai visualisasi sinyal pada aplikasi web.

4.3.3 Implementasi Aplikasi Web

4.3.3.1 Implementasi Landing Page

Gambar 4.33 menunjukkan hasil implementasi halaman utama (*landing page*) aplikasi SleepWell. Pada bagian atas halaman terdapat logo aplikasi, menu navigasi, serta tombol *Sign Up* yang dapat digunakan pengguna untuk melakukan pendaftaran akun. Selain itu, pada bagian utama ditampilkan informasi singkat mengenai tujuan aplikasi SleepWell beserta tombol *Start Screening* dan *Sign In* halaman *login*.



© 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



Gambar 4.33 Bagian Pertama Halaman Utama

Gambar 4.34 menunjukkan bagian lanjutan dari halaman utama aplikasi SleepWell. Pada bagian ini ditampilkan informasi mengenai keunggulan aplikasi yang disajikan dalam beberapa kartu fitur, seperti *Automated Pattern Recognition*, *Signal Visualization*, dan *Standard Data Support*. Informasi tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran kepada pengguna mengenai manfaat dan kemampuan yang tersedia pada aplikasi.

Gambar 4.34 Bagian kedua Halaman Utama



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

4.3.3.2 Implementasi Halaman *Sign Up*

Gambar 4.35 Halaman *Sign Up*

Gambar 4.35 menunjukkan hasil implementasi halaman *Sign Up* pada aplikasi SleepWell. Pada halaman ini ditampilkan formulir pendaftaran akun yang terdiri dari kolom *Full Name*, *Email*, *Password* dan *confirm password*. Selain itu, tersedia tombol *Sign Up Now* untuk mengirim data pendaftaran serta tautan *Sign In* yang dapat digunakan oleh pengguna yang telah memiliki akun.

4.3.3.3 Implementasi Halaman *Sign In*

Gambar 4.36 Halaman *Sign In*

Gambar 4.36 menunjukkan hasil implementasi halaman *Sign In* pada aplikasi SleepWell. Halaman ini menampilkan formulir login yang terdiri dari kolom *Email*

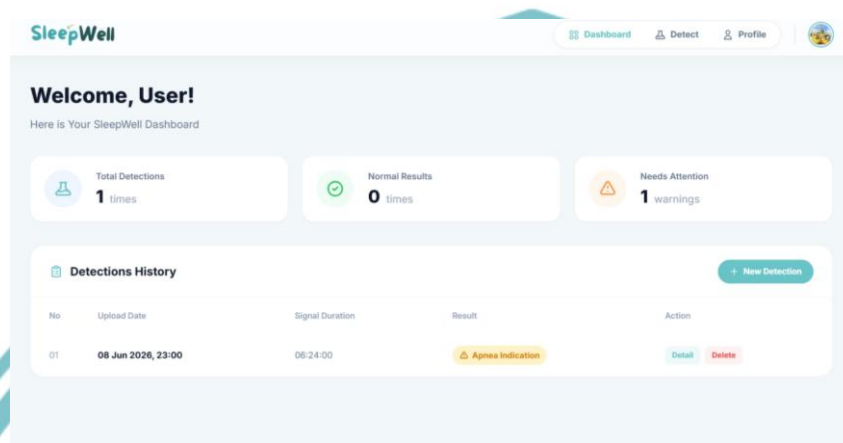


Hak Cipta :

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

dan *Password* untuk mengakses aplikasi web. Selain itu, terdapat fitur *Remember Me*, tautan *Forgot Password* untuk pemulihan akun, tombol *Sign In*, serta tautan *Sign Up* bagi pengguna yang belum memiliki akun.

4.3.3.4 Implementasi Halaman *Dashboard User*



Gambar 4.37 Halaman *Dashboard User*

Gambar 4.37 menunjukkan hasil implementasi halaman *dashboard user* pada aplikasi SleepWell. Halaman ini berfungsi sebagai halaman utama setelah pengguna berhasil masuk ke dalam sistem. Pada halaman ini ditampilkan ringkasan data deteksi dalam bentuk kartu informasi yang mencakup total deteksi, jumlah hasil normal, dan jumlah hasil yang memerlukan perhatian. Selain itu, sistem juga menampilkan tabel riwayat deteksi yang berisi informasi tanggal unggah, durasi sinyal, hasil deteksi, serta aksi yang dapat dilakukan terhadap data tersebut. Untuk melakukan analisis baru, pengguna dapat memilih tombol *New Detection* yang tersedia pada halaman *dashboard*.

4.3.3.5 Implementasi Halaman *Dashboard Admin*

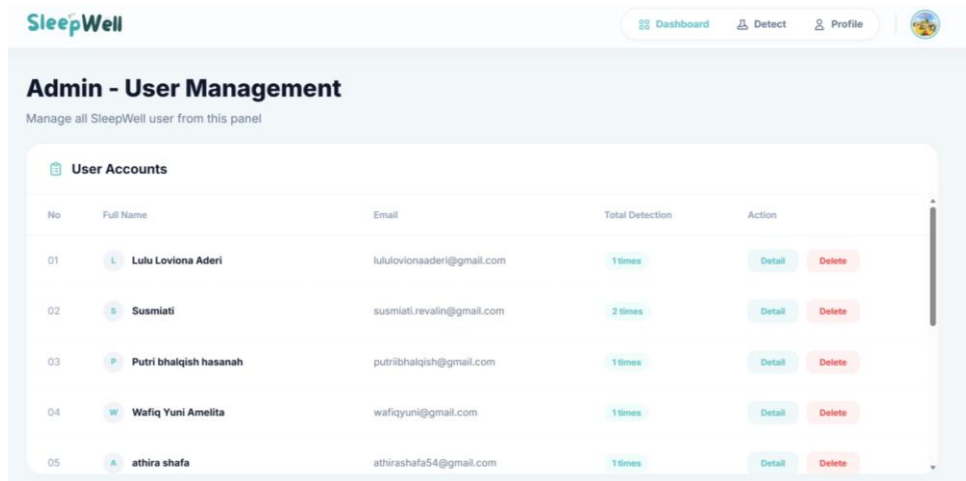
Gambar 4.38 menunjukkan hasil implementasi halaman *dashboard admin* pada aplikasi SleepWell. Halaman ini ditampilkan setelah admin berhasil masuk ke dalam aplikasi. Pada halaman ini tersedia bagian *User Accounts* yang berisi daftar seluruh pengguna yang terdaftar pada aplikasi. Informasi yang ditampilkan meliputi nama pengguna, alamat email, dan jumlah deteksi yang telah dilakukan oleh masing-masing pengguna. Selain itu, tersedia tombol *Detail* untuk melihat



Hak Cipta :

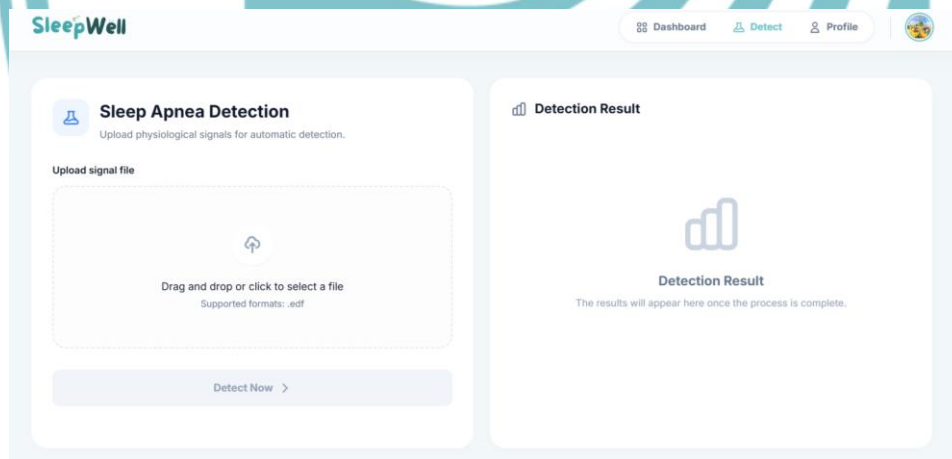
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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

informasi pengguna secara lebih lengkap serta tombol *Delete* untuk menghapus akun pengguna dari sistem.



Gambar 4.38 Halaman *Dashboard* Admin

4.3.3.6 Implementasi Halaman Deteksi



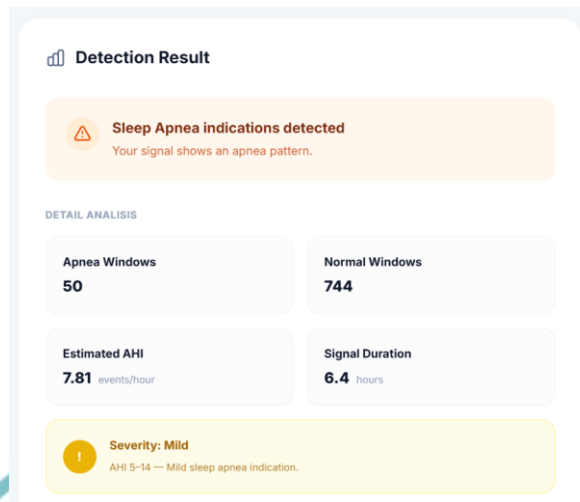
Gambar 4.39 Halaman Deteksi

Gambar 4.39 menunjukkan hasil implementasi halaman deteksi pada aplikasi SleepWell. Halaman ini digunakan oleh pengguna untuk melakukan proses deteksi *sleep apnea* dengan mengunggah file sinyal fisiologis dalam format EDF. Pada kondisi awal, halaman menampilkan area unggah file serta bagian *Detection Result* yang masih kosong karena proses analisis belum dilakukan. Pengguna dapat memilih file yang akan diunggah melalui area yang telah disediakan, kemudian memulai proses deteksi dengan menekan tombol *Detect Now*.



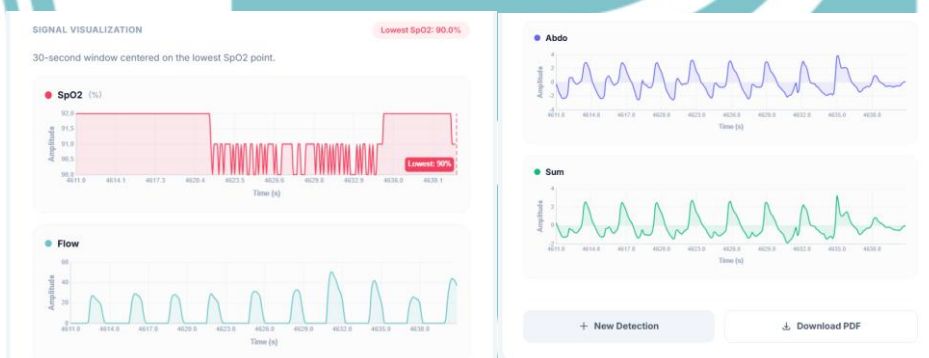
Hak Cipta :

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



Gambar 4.40 Bagian Pertama *Detection Result*

Gambar 4.40 menampilkan hasil deteksi yang ditampilkan sistem setelah proses analisis selesai dilakukan. Pada bagian ini ditampilkan status hasil deteksi yang menunjukkan adanya indikasi *sleep apnea* pada sinyal. Selain itu, sistem juga menampilkan informasi hasil analisis berupa jumlah *Apnea Windows*, *Normal Windows*, nilai *Estimated AHI*, durasi sinyal, serta tingkat keparahan (*severity*).

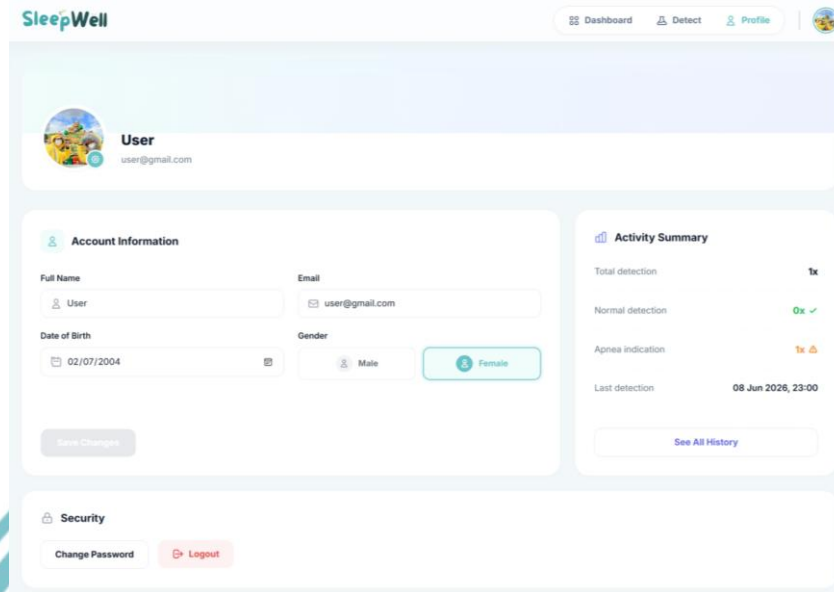


Gambar 4.41 Bagian kedua *Detection Result*

Gambar 4.41 menampilkan visualisasi sinyal yang digunakan untuk membantu pengguna memahami hasil analisis yang diperoleh. Visualisasi yang ditampilkan terdiri dari empat sinyal fisiologis yang diambil pada bagian dengan nilai SpO_2 terendah, yaitu sinyal SpO_2 , Flow, Abdo, dan Sum. Pada halaman ini juga tersedia tombol *New Detection* untuk melakukan analisis baru serta tombol *Download PDF* untuk mengunduh hasil deteksi dalam bentuk dokumen PDF.



4.3.3.7 Implementasi Halaman *Profile*



Gambar 4.42 Halaman *Profile*

Gambar 4.42 menampilkan hasil implementasi halaman *profile* pada aplikasi SleepWell. Halaman ini menampilkan informasi akun pengguna yang tersimpan dalam sistem, seperti nama lengkap, alamat email, tanggal lahir, dan jenis kelamin. Pengguna dapat melakukan perubahan terhadap data *profile*, kemudian menyimpan perubahan tersebut dengan menekan tombol *Save Changes*. Selain informasi akun, halaman ini juga menampilkan ringkasan aktivitas pengguna pada bagian *Activity Summary*. Pada bagian bawah halaman terdapat menu *Security* yang menyediakan fitur *Change Password* untuk mengubah kata sandi dan fungsi *Logout* untuk keluar dari aplikasi web.

4.4 Pengujian

Pengujian merupakan tahap yang dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibangun berjalan sesuai dengan kebutuhan dan tujuan yang telah ditentukan. Pada proses pengujian, semua fungsi dan fitur pada sistem diperiksa untuk mengetahui apakah sistem telah bekerja dengan baik atau terdapat kesalahan yang perlu diperbaiki. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk memastikan sistem dapat menghasilkan output yang sesuai dengan yang diharapkan. Hasil pengujian dapat digunakan untuk menilai kualitas sistem serta memastikan sistem siap digunakan oleh penggunanya.

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



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

4.4.1 Deskripsi pengujian

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama, pengujian fungsionalitas sistem menggunakan metode *blackbox testing*. Pengujian ini fokus pada pemeriksaan fungsi sistem berdasarkan input dan output yang dihasilkan. Tahap kedua, pengujian penerimaan pengguna menggunakan metode *User Acceptance Testing* (UAT). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem yang telah dibangun dan menilai apakah sistem telah memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna.

4.4.1.1 Deskripsi Pengujian BlackBox Testing

Pengujian blackbox dilakukan pada seluruh fitur yang tersedia pada aplikasi SleepWell. Fitur yang diuji meliputi halaman *sign up*, halaman *sign in*, proses deteksi sleep apnea, unduhan PDF hasil deteksi, riwayat deteksi, perubahan data pada dashboard setelah deteksi, pembaruan profil pengguna, perubahan password, dan fungsi *logout*. Selain itu, pengujian juga dilakukan pada fitur admin, yaitu fitur hapus riwayat deteksi pengguna dan hapus akun pengguna.

4.4.1.2 Deskripsi Pengujian User Acceptance Testing (UAT)

User Acceptance Testing (UAT) dilakukan untuk menilai tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi SleepWell. Pengujian ini melibatkan tenaga medis yaitu dokter dan dokter muda sebagai responden yang mewakili calon pengguna aplikasi. Penilaian dilakukan melalui kuesioner yang mencakup aspek kemudahan penggunaan aplikasi, kejelasan hasil deteksi yang ditampilkan, serta kegunaan fitur dalam membantu proses diagnosis.

4.4.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan selama proses pengujian. Setiap jenis pengujian memiliki prosedur yang berbeda sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Pada penelitian ini, prosedur pengujian terdiri dari prosedur *blackbox testing* dan prosedur *User Acceptance Testing* (UAT)

4.4.2.1 Prosedur Pengujian BlackBox Testing

pengujian *blackbox* dilakukan dengan menjalankan semua fitur pada aplikasi dan membandingkan hasil yang diperoleh dengan hasil yang diharapkan. Pengujian



dilakukan dari sisi pengguna dan admin sesuai dengan hak akses masing masing. Langkah-langkah atau skenario *blackbox* testing yang dilakukan pada aplikasi web SleepWell dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Skenario Pengujian *Black Box*

No	Skenario pengujian	Test case	Hasil yang diharapkan
TC01	Pengujian halaman <i>Sign Up</i>	Pengguna mengisi seluruh data registrasi dengan valid dan menekan tombol <i>Sign Up</i>	Akun terdaftar dan pengguna diarahkan ke halaman <i>sign in</i>
TC02	Pengujian halaman <i>Sign Up</i>	Pengguna mengisi data registrasi dengan email yang sudah terdaftar	Sistem menampilkan pesan <i>error</i> bahwa email sudah digunakan
TC03	Pengujian halaman <i>Sign In</i>	Pengguna memasukkan email dan <i>password</i> yang sudah didaftarkan	Pengguna masuk ke aplikasi dan diarahkan ke halaman <i>dashboard</i>
TC04	Pengujian halaman <i>Sign In</i>	Pengguna memasukkan email dan <i>password</i> yang belum didaftarkan	Sistem menampilkan pesan <i>error</i> bahwa email atau <i>password</i> tidak valid
TC05	Pengujian proses deteksi	Pengguna mengunggah file EDF dan menekan tombol deteksi	Sistem memproses file dan menampilkan hasil deteksi
TC06	Pengujian unduhan PDF	Pengguna menekan tombol <i>download</i> pada halaman hasil deteksi	Sistem menghasilkan file PDF dan mengunduhnya secara otomatis
TC07	Pengujian riwayat deteksi	Pengguna melakukan deteksi kemudian membuka halaman <i>history</i>	Hasil deteksi tersimpan dan muncul pada halaman <i>history</i>
TC08	Pengujian <i>dashboard</i>	Pengguna melakukan deteksi kemudian membuka halaman <i>dashboard</i>	Data pada bagian atas <i>dashboard</i> berubah

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



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

No	Skenario pengujian	Test case	Hasil yang diharapkan
	setelah deteksi		sesuai dengan hasil deteksi terbaru
TC09	Pengujian pembaruan profil	Pengguna mengubah foto profil dan informasi akun kemudian menekan tombol simpan	Perubahan data profil tersimpan dan ditampilkan pada halaman profil
TC10	Pengujian <i>change password</i>	Pengguna mengisi <i>password</i> lama dengan benar, mengisi <i>password</i> baru, dan mengisi konfirmasi <i>password</i> baru kemudian menekan tombol <i>update password</i>	<i>Password</i> diperbarui dan pengguna dapat masuk menggunakan <i>password</i> baru
TC11	Pengujian <i>change password</i>	Pengguna mengisi <i>password</i> lama dengan salah	Sistem menampilkan pesan <i>error</i> bahwa <i>password</i> lama tidak sesuai
TC12	Pengujian fungsi <i>logout</i>	Pengguna menekan tombol <i>logout</i>	Sesi pengguna berakhir dan pengguna diarahkan kembali ke halaman <i>sign in</i>
TC13	Pengujian hapus riwayat deteksi pengguna oleh admin	Admin membuka detail riwayat deteksi pengguna di <i>dashboard</i> admin, menekan tombol <i>delete</i> , sistem menampilkan pesan konfirmasi, kemudian admin menekan tombol OK	Riwayat deteksi terhapus dan tidak muncul lagi pada daftar riwayat deteksi pengguna
TC14	Pengujian hapus akun pengguna oleh admin	Admin membuka daftar akun pengguna di <i>dashboard</i> admin, menekan tombol <i>delete</i> , sistem menampilkan pesan	Akun pengguna terhapus dan tidak muncul lagi pada daftar akun 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

No	Skenario pengujian	Test case	Hasil yang diharapkan
		konfirmasi, kemudian admin menekan tombol OK	

4.4.2.2 Prosedur Pengujian *User Acceptance Testing* (UAT)

Pengujian UAT dilakukan dengan meminta responden untuk menggunakan aplikasi SleepWell dan mencoba seluruh fitur yang tersedia. Setelah menggunakan aplikasi, responden diminta mengisi kuesioner untuk memberikan penilaian terhadap aplikasi yang telah digunakan. Responden pada pengujian ini terdiri atas 10 tenaga medis terdiri dari 3 dokter umum dan 7 dokter muda. Kuesioner yang digunakan terdiri dari 11 pernyataan, setiap pernyataan dinilai menggunakan skala likert 1 sampai 5, sesuai dengan bobot yang ditunjukkan pada Tabel 4.11. Selain memberikan penilaian, responden juga dapat memberikan saran dan kritik terhadap aplikasi SleepWell.

Tabel 4.11 Bobot Skala Likert

Skala	Keterangan
1	Sangat Tidak Setuju
2	Kurang Setuju
3	Netral
4	Setuju
5	Sangat Setuju

UAT Daftar pernyataan yang digunakan pada pengujian UAT dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Pernyataan Pengujian UAT

No	Pernyataan	Aspek
Q1	Saya dapat mendaftar akun baru dengan lancar dan tanpa kebingungan	Fungsionalitas Sistem



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

No	Pernyataan	Aspek
Q2	Saya dapat masuk ke aplikasi web menggunakan akun yang yang terdaftar tanpa kendala	Fungsionalitas Sistem
Q3	Fitur deteksi Sleep Apnea berjalan sesuai fungsinya	Fungsionalitas Sistem
Q4	Hasil deteksi ditampilkan dengan jelas dan dapat saya pahami	Kemudahan Penggunaan
Q5	Fitur unduh hasil deteksi berfungsi dengan baik dan dokumen PDF yang dihasilkan dapat dibuka dengan jelas	Fungsionalitas Sistem
Q6	Informasi pada dashboard menampilkan ringkasan aktivitas saya dengan tepat dan jelas.	Kemudahan Penggunaan
Q7	Riwayat hasil deteksi tersimpan dengan baik dan dapat dilihat kembali dengan mudah	Kemudahan Penggunaan
Q8	Proses pembaruan informasi profil berfungsi dengan baik sesuai perubahan yang saya masukkan.	Fungsionalitas Sistem
Q9	Saya dapat mengganti kata sandi akun saya tanpa kesulitan	Fungsionalitas Sistem
Q10	Tampilan antarmuka aplikasi web mudah dipahami dan tidak membingungkan	Kemudahan Pengguna
Q11	Aplikasi merespons setiap tindakan saya dengan waktu yang wajar/cepat	Kinerja Sistem

4.4.3 Data hasil pengujian

4.4.3.1 Data Hasil Pengujian Black Box

Hasil pengujian *black box* yang telah dilakukan berdasarkan skenario pengujian yang disusun sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 4.13. tabel tersebut menyajikan hasil yang diperoleh dari sistem beserta kesesuaiannya dengan hasil yang diharapkan ada setiap skenario pengujian. Data hasil pengujian ini digunakan untuk mengetahui kesesuaian fungsi sistem yang telah diimplementasikan.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian *Black Box*

Test Case	Hasil yang diharapkan	Hasil yang diperoleh	Status
TC1	Akun terdaftar dan pengguna diarahkan ke halaman login	Akun berhasil dibuat dan halaman berpindah ke halaman login	Sesuai
TC2	Sistem menampilkan pesan error bahwa email sudah digunakan	Sistem berhasil menampilkan pesan error bahwa email sudah digunakan	Sesuai
TC3	Pengguna masuk ke aplikasi dan diarahkan ke halaman dashboard	Pengguna berhasil masuk ke aplikasi dan halaman berpindah ke dashboard	Sesuai
TC4	Sistem menampilkan pesan error bahwa email atau password tidak valid	Sistem berhasil menampilkan pesan error bahwa email atau password tidak valid	Sesuai
TC5	Sistem memproses file dan menampilkan hasil deteksi	Sistem berhasil memproses file EDF dan menampilkan hasil deteksi	Sesuai
TC6	Sistem menghasilkan file PDF dan mengunduhnya secara otomatis	File PDF berhasil dihasilkan dan terunduh secara otomatis	Sesuai
TC7	Hasil deteksi tersimpan dan muncul pada halaman history	Hasil deteksi berhasil tersimpan dan muncul pada halaman history	Sesuai
TC8	Data pada bagian atas dashboard berubah sesuai dengan hasil deteksi terbaru	Data pada bagian atas dashboard berhasil berubah sesuai dengan hasil deteksi terbaru	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 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

Test Case	Hasil yang diharapkan	Hasil yang diperoleh	Status
TC9	Perubahan data profil tersimpan dan ditampilkan pada halaman profil	Data profil berhasil diperbarui dan perubahan ditampilkan pada halaman profil	Sesuai
TC10	Password diperbarui dan pengguna dapat masuk menggunakan password baru	Password berhasil diubah dan pengguna dapat login menggunakan password baru	Sesuai
TC11	Sistem menampilkan pesan error bahwa password lama tidak sesuai	Sistem berhasil menampilkan pesan error bahwa password lama tidak sesuai	Sesuai
TC12	Sesi pengguna berakhir dan pengguna diarahkan kembali ke halaman login	Sesi pengguna berhasil berakhir dan halaman berpindah ke halaman login	Sesuai
TC13	Riwayat deteksi terhapus dan tidak muncul lagi pada daftar riwayat deteksi pengguna	Riwayat deteksi berhasil dihapus dan tidak muncul lagi pada daftar riwayat deteksi pengguna	Sesuai
TC14	Akun pengguna terhapus dan tidak muncul lagi pada daftar akun pengguna	Akun pengguna berhasil dihapus dan tidak muncul lagi pada daftar akun pengguna	Sesuai

4.4.3.2 Data Hasil Pengujian UAT

Data hasil pengisian kuesioner UAT oleh responden dapat dilihat pada Tabel 4.14. Tabel tersebut menunjukkan skor yang diberikan oleh setiap responden terhadap masing-masing pernyataan yang terdapat pada kuesioner. Data ini digunakan untuk



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

perhitungan nilai rata-rata dan persentase tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi SleepWell.

Tabel 4.14 Data Hasil Pengujian UAT

UAT	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Total
Q1	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	48
Q2	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	48
Q3	5	5	4	5	4	4	3	5	3	4	42
Q4	3	5	4	5	4	4	4	5	4	4	42
Q5	5	5	4	5	4	2	5	5	3	5	43
Q6	3	5	5	5	4	4	4	4	3	5	42
Q7	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	47
Q8	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	47
Q9	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	49
Q10	5	5	4	5	4	4	5	5	3	5	45
Q11	5	5	4	5	4	4	4	5	3	4	43

Kemudian dilakukan perhitungan skor pengujian dengan menghitung rata rata dan persentase skor dengan rumus yang ditunjukkan oleh Persamaan (5) dan Persamaan (6).

$$\text{Mean} = \frac{\text{Total penilaian}}{\text{Total responden}} \quad (5)$$

$$\text{Persentase skor} = \frac{\text{Nilai Mean}}{\text{Bobot maksimum}} \times 100\% \quad (6)$$

Berdasarkan Persamaan 5 dan Persamaan 6, hasil perhitungan skor UAT dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Persentase Hasil Pengujian UAT

Aspek	Kode Pernyataan	Rata-rata	Persentase
Fungsionalitas Sistem	Q1	4,8	96%
	Q2	4,8	96%



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

Aspek	Kode Pernyataan	Rata-rata	Persentase
	Q3	4,2	84%
	Q5	4,3	86%
	Q8	4,7	94%
	Q9	4,9	98%
Kemudahan Pengguna	Q4	4,2	84%
	Q6	4,2	84%
	Q7	4,7	94%
	Q10	4,5	90%
Kinerja Sistem	Q11	4,3	86%

Rekapitulasi akhir skor UAT dapat dilihat pada Tabel 4.16 dengan hasil akhir per masing- masing aspek.

Tabel 4.16 Rekapitulasi Hasil akhir Skor UAT

Fungsionalitas Sistem	Kemudahan Penggunaan	Kinerja sistem	Rata-Rata Keseluruhan
92.33%	88%	86%	90.18%

Berdasarkan rata-rata keseluruhan hasil UAT, yang ditunjukkan pada Tabel 4.16, diperoleh persentase sebesar 90.18%. Berdasarkan interpretasi skor pada tabel 4.17, nilai tersebut termasuk dalam kategori “Sangat Baik”. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa aplikasi telah sesuai dengan kebutuhan pengguna dan dapat diterima oleh tenaga medis. Hasil data responden UAT dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 4.17 Interpretasi Skor

Skala	Keterangan
0% - 20%	Sangat Kurang Baik
21% - 40%	Kurang Baik
41% - 60%	Cukup Baik

61% - 80%	Baik
81% - 100%	Sangat Baik

4.4.4 Analisis Hasil Pengujian

4.4.4.1 Analisis Hasil Kinerja Model Deep Learning

Berdasarkan proses pelatihan dan evaluasi model CNN pada Tabel 4.7, Model LSTM pada Tabel 4.8, dan model Hybrid CNN-LSTM pada Tabel 4.9, hasil kinerja masing masing model dirangkum kembali pada tabel 4.18 untuk mempermudah perbandingan performa antar model berdasarkan metrik *accuracy*, *loss*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

Tabel 4.18 Hasil Kinerja Model

Model	<i>Accuracy</i>	<i>Loss</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F-1 score</i>
CNN	0,9287	0,1711	0,9360	0,9203	0,9281
LSTM	0,5539	0,6877	0,5428	0,6829	0,6051
Hybrid CNN-LSTM	0,9096	0,2234	0,8987	0,9232	0,9108

Hasil evaluasi pada Tabel 4.18 menunjukkan bahwa model CNN memperoleh nilai tertinggi sebesar 0.9287, diikuti oleh model Hybrid CNN-LSTM dengan nilai 0.9096, sedangkan model LSTM memperoleh nilai terendah sebesar 0.5539. Sementara itu, grafik pelatihan pada subbab sebelumnya menunjukkan bahwa model CNN dan Hybrid CNN-LSTM menunjukkan proses pelatihan yang cukup baik. Pada kedua model tersebut, nilai akurasi meningkat dan nilai *loss* menurun seiring bertambahnya *epoch*. Namun, grafik pada model Hybrid CNN-LSTM terlihat lebih stabil dibandingkan CNN, terutama pada kurva *loss* yang menunjukkan jarak antara data latih dan data validasi yang lebih kecil. Sementara itu, model LSTM menunjukkan pola yang berbeda. Nilai akurasi dan *loss* naik turun selama proses pelatihan sehingga menunjukkan bahwa model masih kesulitan mempelajari pola pada data sinyal yang digunakan.

Hasil *confusion matrix* juga menunjukkan perbedaan performa di antara ketiga model. Model LSTM menghasilkan jumlah *False Positive* yang sangat tinggi, yaitu



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



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

206 data normal yang diklasifikasikan sebagai apnea. Hal ini menunjukkan bahwa model LSTM belum mampu membedakan data normal dan apnea dengan baik. Pada model CNN diperoleh 274 *True Negative* dan 289 *True Positive*, sedangkan model Hybrid CNN-LSTM menghasilkan 271 *True Negative* dan 296 *True Positive*. Selain itu, jumlah *False Negative* pada model Hybrid CNN-LSTM lebih rendah dibandingkan CNN, yaitu 45 berbanding 52. Pada penelitian ini, nilai *False Negative* menjadi perhatian penting karena menunjukkan jumlah kasus apnea yang gagal terdeteksi oleh model. Semakin sedikit *False Negative*, semakin kecil kemungkinan kasus apnea terlewat. Oleh karena itu, meskipun jumlah *False Positive* pada model Hybrid CNN-LSTM sedikit lebih tinggi dibandingkan CNN, model ini tetap memberikan hasil yang lebih baik karena mampu mendeteksi lebih banyak kasus apnea.

Secara keseluruhan, model Hybrid CNN-LSTM memberikan hasil terbaik dibandingkan model CNN maupun LSTM. Hasil ini menunjukkan bahwa penggabungan CNN dan LSTM dapat membantu model mengenali pola sinyal dengan lebih baik. Sebaliknya, model LSTM tanpa lapisan CNN menghasilkan performa yang lebih rendah pada data yang digunakan dalam penelitian ini.

4.4.4.2 Analisis Hasil Pengujian Black Box

Berdasarkan hasil pengujian black box pada 16 skenario yang telah dilakukan, seluruh fitur pada aplikasi SleepWell berhasil dijalankan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Setiap skenario pengujian menunjukkan status "Sesuai", yang menandakan bahwa fungsi sistem berjalan dengan baik tanpa adanya ketidaksesuaian. Oleh karena itu, aplikasi yang dibangun telah memenuhi kebutuhan fungsional yang telah ditentukan pada tahap perancangan sistem.

4.4.4.3 Analisis Hasil Pengujian UAT

Berdasarkan hasil pengujian User Acceptance Testing (UAT) yang dilakukan oleh 10 tenaga medis yang terdiri dari 3 orang dokter dan 7 orang dokter muda, diperoleh nilai rata-rata keseluruhan sebesar 90,18%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi SleepWell dapat diterima dengan sangat baik oleh pengguna dan telah memenuhi kebutuhan pengguna dalam melakukan deteksi sleep apnea. Pada aspek



© 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 mengumuk dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

fungsionalitas sistem, diperoleh nilai rata-rata sebesar 92,33%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa fitur-fitur yang tersedia pada aplikasi dapat berfungsi dengan sangat baik sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada aspek kemudahan penggunaan memperoleh nilai rata-rata sebesar 88%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengguna dapat memahami cara penggunaan aplikasi dengan mudah. Pada aspek kinerja sistem, diperoleh nilai rata-rata sebesar 86%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aplikasi mampu memberikan respons yang baik ketika digunakan oleh pengguna.

Selain memberikan penilaian skala likert pada kuesioner, terdapat 2 responden yang mengisi isian saran dan kritik terhadap aplikasi. Responden 1 menyarankan agar ditambahkan penjelasan yang lebih lengkap mengenai cara membaca hasil deteksi sehingga pengguna dapat lebih mudah memahami informasi yang ditampilkan. Responden 7 menyarankan penambahan informasi mengenai arti nilai AHI dan tingkat keparahan sleep apnea untuk membantu pengguna dalam memahami hasil deteksi.

Secara keseluruhan, hasil pengujian UAT menunjukkan bahwa aplikasi SleepWell telah memenuhi kebutuhan pengguna dari aspek fungsionalitas sistem, kemudahan penggunaan, dan kinerja sistem. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata keseluruhan yang mencapai 90,18%. Dengan hasil tersebut, aplikasi dapat dinilai layak untuk digunakan sebagai alat bantu deteksi sleep apnea berbasis web. Meskipun demikian, beberapa responden memberikan masukan terkait pengembangan aplikasi, yaitu penambahan penjelasan yang lebih lengkap mengenai cara membaca hasil deteksi, termasuk informasi mengenai nilai AHI dan tingkat keparahan sleep apnea. Masukan tersebut dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan aplikasi pada penelitian selanjutnya.

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 V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mengimplementasikan sistem deteksi *sleep apnea* menggunakan arsitektur Hybrid CNN-LSTM yang diintegrasikan ke dalam aplikasi web SleepWell berbasis Laravel dengan FastAPI sebagai backend deteksi. Berdasarkan hasil evaluasi, model Hybrid CNN-LSTM menunjukkan performa terbaik dibandingkan model CNN dan LSTM dengan nilai akurasi sebesar 0.9096 dengan *false negative* paling rendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi lapisan konvolusi sebagai ekstraksi fitur lokal dan lapisan LSTM sebagai penangkap pola temporal mampu menghasilkan performa deteksi yang lebih baik dibandingkan menggunakan salah satu arsitektur saja.

Aplikasi web SleepWell yang dibangun menyediakan berbagai fitur mulai dari registrasi dan autentikasi pengguna, deteksi sleep apnea melalui unggah file EDF, visualisasi sinyal, unduhan hasil deteksi dalam format PDF, riwayat deteksi, hingga fitur untuk pengelolaan akun pengguna. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode *Black Box Testing*, seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai dengan fungsinya. Sementara itu, pengujian *User Acceptance Testing* (UAT) yang melibatkan 10 tenaga medis yang terdiri dari 3 dokter dan 7 dokter muda memperoleh nilai rata-rata keseluruhan sebesar 90,18%, menunjukkan bahwa aplikasi dapat diterima dengan baik oleh pengguna.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Aplikasi perlu dilengkapi dengan penjelasan yang lebih lengkap mengenai cara membaca hasil deteksi, termasuk deskripsi nilai AHI dan kategori tingkat keparahan sleep apnea agar pengguna dapat lebih mudah memahami *output* yang ditampilkan.



© 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. Menambah jumlah dan variasi dataset, dataset yang digunakan hanya mencakup 25 subjek. Penggunaan dataset yang lebih besar dan beragam, diharapkan dapat meningkatkan generalisasi dan performa model.
3. Penambahan *channel* yang digunakan, Penelitian selanjutnya dapat menggunakan lebih banyak *channel* sinyal PSG selain Flow, Sum, Abdo, dan SpO₂. Dengan informasi sinyal yang lebih beragam, model diharapkan dapat mempelajari pola sleep apnea dengan lebih baik dan menghasilkan tingkat deteksi yang lebih akurat.





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

DAFTAR PUSTAKA

- Abu, K., Khraiche, M.L. and Amatory, J. (2024) 'Obstructive sleep apnea diagnosis and beyond using portable monitors', *Sleep Medicine*, 113(November 2023), pp. 260–274. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2023.11.034>.
- Andriani, F., Nurrahmania and Alfiana, N. (2025) 'Identifikasi Gangguan Tidur Menggunakan Klasifikasi Berbasis Decision Tree', *Scientific: Journal of Computer Science and Informatics*, 3(1), pp. 1–15. Available at: <https://ejurnal.umbima.ac.id/index.php/scientific/article/view/394>.
- Anis, Y., Mukti, A.B. and Rosyid, A.N. (2023) 'Penerapan Model Waterfall Dalam Pengembangan Sistem Informasi Aset Destinasi Wisata Berbasis Website', 4(2), pp. 1134–1142. Available at: <https://doi.org/10.30865/klik.v4i2.1287>.
- Barroso-García, V. et al. (2022) *Advantages in the Diagnosis and Treatment of Sleep Apnea, Pulse Oximetry: The Working Principle, Signal Formation, and Applications*. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-06413-5_14.
- Chen, J. (2023) 'Model Algorithm Research based on Python Fast API', *Frontiers in Science and Engineering*, 3(9), pp. 7–10. Available at: <https://doi.org/10.54691/fse.v3i9.5591>.
- Elmahdi, P.A. (2025) *MODEL DETEKSI SLEEP APNEA DARI SINYAL PERNAPASAN BERBASIS DEEP LEARNING*. Politeknik Negeri Jakarta. Available at: <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/29400/>.
- Elmoaqet, H. et al. (2020) 'Deep Recurrent Neural Networks for Automatic Detection of Sleep Apnea from Single Channel Respiration Signals', *Sensors (Switzerland)*, 20(18), pp. 1–19. Available at: <https://doi.org/10.3390/s20185037>.
- Harahap, M.F. et al. (2025) 'ANALISIS PERBANDINGAN BAHASA PEMROGRAMAN PYTHON DAN JAVA UNTUK PEMULA Muh',



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

Journal Education and Technology, 6, pp. 104–119. Available at:
<https://jurnal.stkippersada.ac.id/jurnal/index.php/jutech/article/view/4933>.

Hemrajani, P. *et al.* (2023) ‘Efficient Deep Learning Based Hybrid Model to Detect Obstructive Sleep Apnea’, *Sensors*, 23(10). Available at:
<https://doi.org/10.3390/s23104692>.

Hoang, N.H. and Liang, Z. (2025) ‘AI-driven sleep apnea screening with overnight blood oxygen saturation: current practices and future directions’, *Frontiers in Digital Health*, 7(April), pp. 1–10. Available at:
<https://doi.org/10.3389/fdgth.2025.1510166>.

Indah Melyani, R., Rosita, R. and Aji, S. (2023) ‘Pengembangan Sistem Informasi Penggajian Berbasis Web Menggunakan Framework Laravel dengan Metode Agile Software Development’, *Jurnal Sistem Informasi Akuntansi (JASIKA)*, 3(1), pp. 31–36. Available at:
<https://doi.org/10.31294/jasika.v3i01.2195>.

Khaerunnisa, L.S. *et al.* (2025) ‘OPTIMASI PROSES DATA WAREHOUSE MENGGUNAKAN PARTISI DAN INDEXING PADA POSTGRES SQL UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA QUERY’, *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3), pp. 1109–1120. Available at: <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.8012>.

Ratanasari, D., Widasari, E.R. and Maulana, R. (2022) ‘Sistem Pendeteksi Central Sleep Apnea Menggunakan Metode Neural Network dengan Fitur RR Interval dan Durasi QRS’, *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(7), pp. 1623–1632. Available at:
<https://doi.org/10.25126/jtiik.2022976758>.

Saputra, E.I. and Utomo, B.S.R. (2023) ‘Association between obstructive sleep apnea and quality’, 53(2), pp. 35–41. Available at:
<https://doi.org/10.4082/kjfm.23.0162>.

Sharma, P. *et al.* (2022) ‘Deep-Learning based Sleep Apnea Detection using SpO2 and Pulse Rate’, *Proceedings of the Annual International*



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

Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS, 2022-July, pp. 2611–2614. Available at:
<https://doi.org/10.1109/EMBC48229.2022.9871295>.

Tang, S.N. *et al.* (2023) ‘Hybrid CNN-LSTM Network for ECG Classification and Its Software-Hardware Co-Design Approach’, *Proceedings - International SoC Design Conference 2023, ISOCC 2023*, pp. 173–174. Available at: <https://doi.org/10.1109/ISOCC59558.2023.10396448>.

Wang, E., Koprinska, I. and Jeffries, B. (2023) ‘Sleep Apnea Prediction Using Deep Learning’, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 27(11), pp. 5644–5654. Available at:
<https://doi.org/10.1109/JBHI.2023.3305980>.

Yang, L. *et al.* (2024) ‘Algorithmic detection of sleep-disordered breathing using respiratory signals: a systematic review’, *Physiological Measurement*, 45(3). Available at: <https://doi.org/10.1088/1361-6579/ad2c13>.

Zhang, J. *et al.* (2021) ‘Automatic detection of obstructive sleep apnea events using a deep CNN-LSTM model’, *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1155/2021/5594733>.

Zhao, X. *et al.* (2021) ‘Classification of sleep apnea based on EEG sub - band signal characteristics’, pp. 1–11. Available at:
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-85138-0>.



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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Naura Mufidah

Lahir di Padang, 2 Juli 2004, Lulus dari SDIT Adzkia tahun 2016, SMP Perguruan Islam Ar Risalah tahun 2019, dan MAS Perguruan Islam Ar Risalah pada tahun 2022. Saat ini sedang menempuh Pendidikan Diploma IV Program Studi Teknik Informatika Jurusan Teknik Informatika dan Komputer di Politeknik Negeri Jakarta.

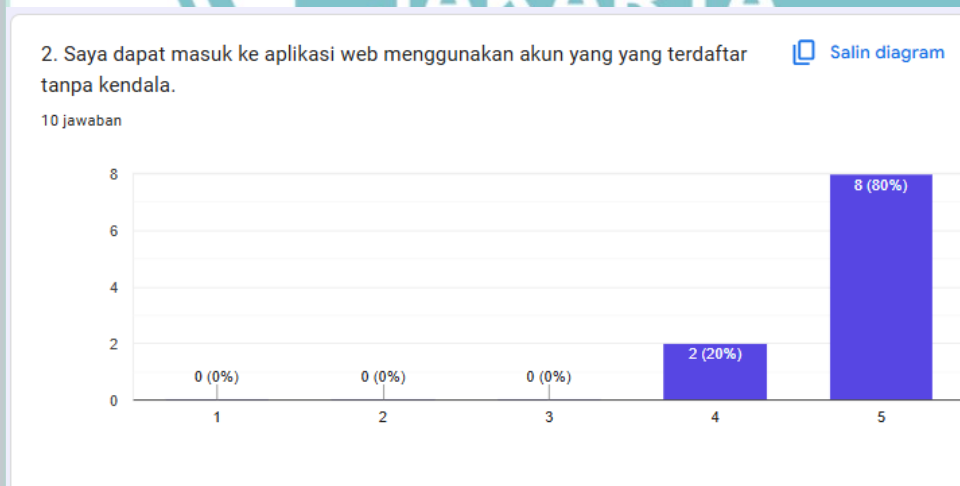
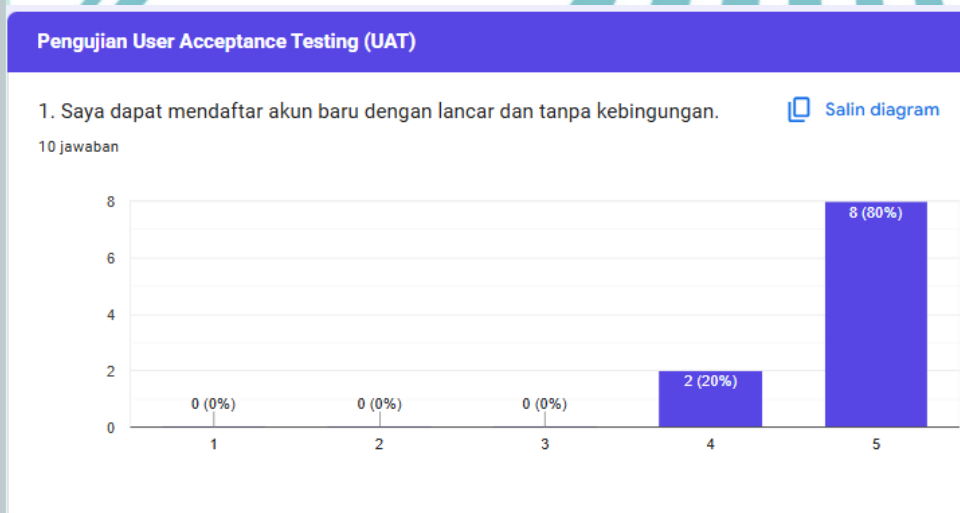
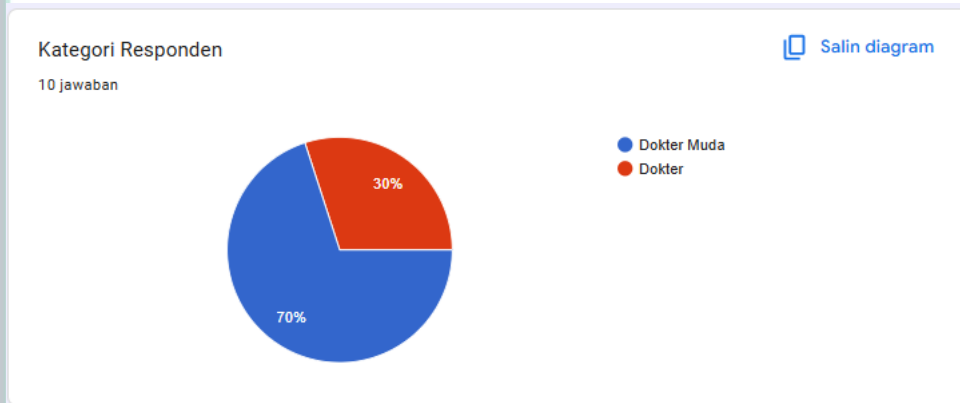


LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Kuesioner

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



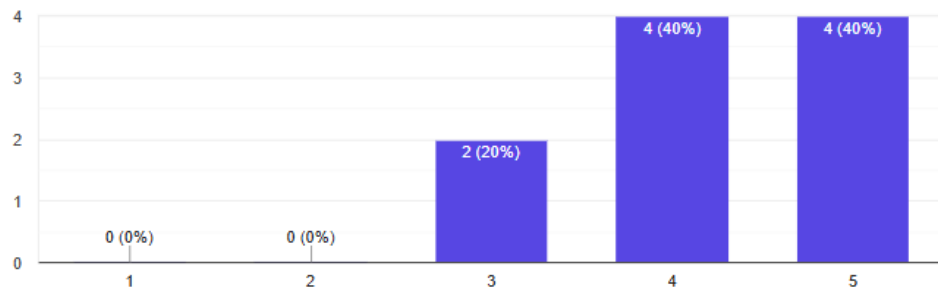
Hak Cipta :

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

3. Fitur deteksi Sleep Apnea berjalan sesuai fungsinya.

[Salin diagram](#)

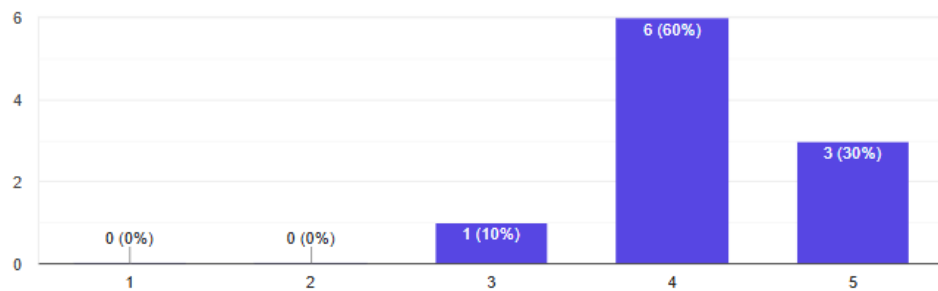
10 jawaban



4. Hasil deteksi ditampilkan dengan jelas dan dapat saya pahami.

[Salin diagram](#)

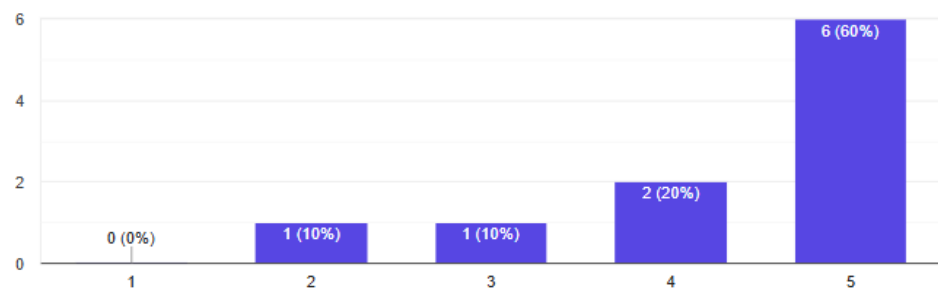
10 jawaban



5. Fitur unduh hasil deteksi berfungsi dengan baik dan dokumen PDF yang dihasilkan dapat dibuka dengan jelas.

[Salin diagram](#)

10 jawaban



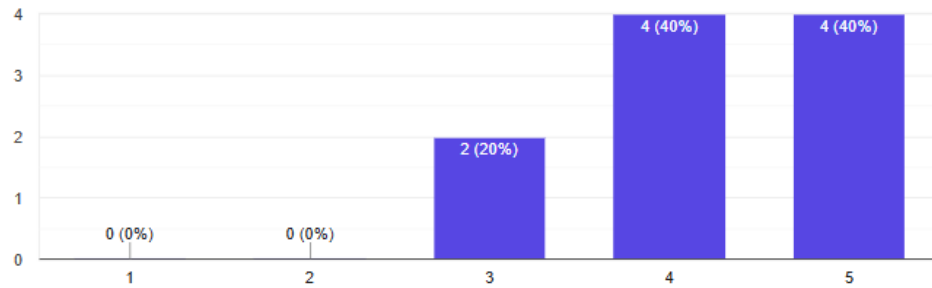
Hak Cipta :

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

6. Informasi pada dashboard menampilkan ringkasan aktivitas saya dengan tepat dan jelas.

[Salin diagram](#)

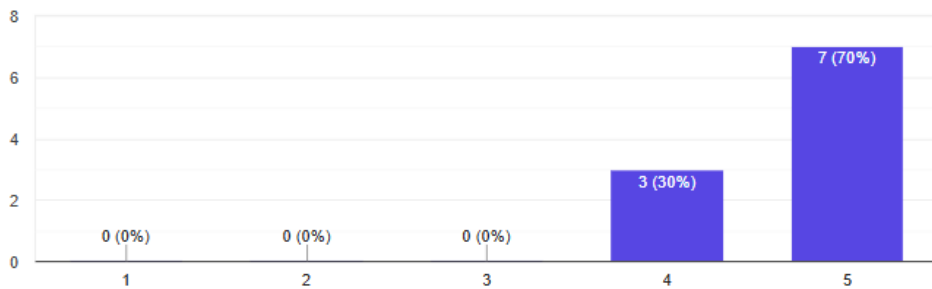
10 jawaban



7. Riwayat hasil deteksi tersimpan dengan baik dan dapat dilihat kembali dengan mudah.

[Salin diagram](#)

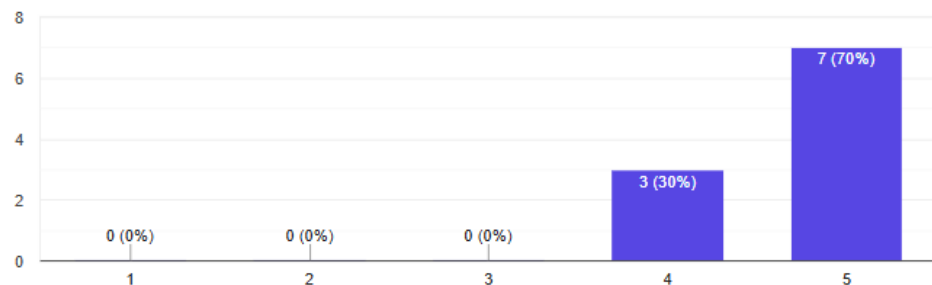
10 jawaban



8. Proses pembaruan informasi profil berfungsi dengan baik sesuai perubahan yang saya masukkan.

[Salin diagram](#)

10 jawaban



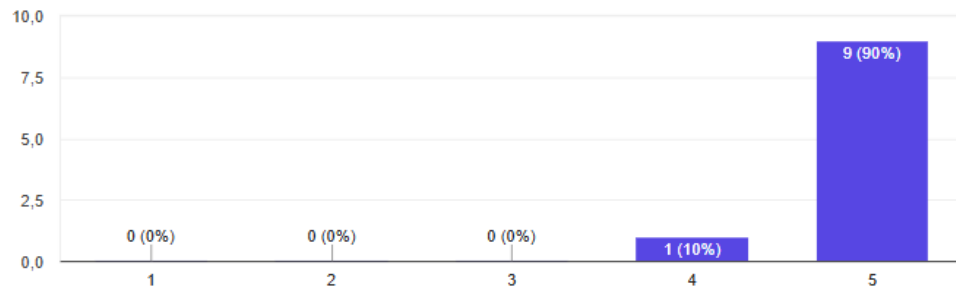
Hak Cipta :

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

9. Saya dapat mengganti kata sandi akun saya tanpa kesulitan.

[Salin diagram](#)

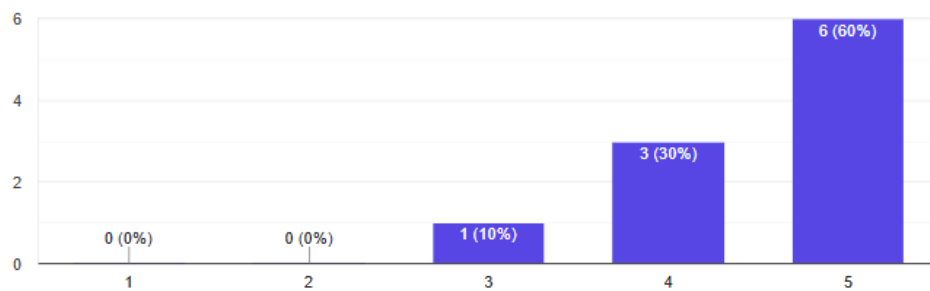
10 jawaban



10. Tampilan antarmuka aplikasi web mudah dipahami dan tidak membingungkan.

[Salin diagram](#)

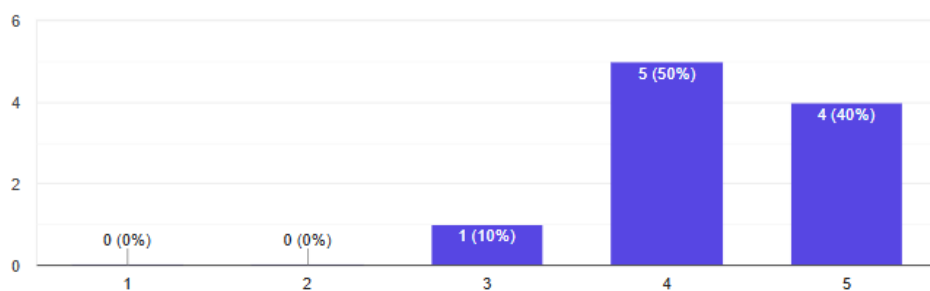
10 jawaban



11. Aplikasi merespons setiap tindakan saya dengan waktu yang wajar/cepat.

[Salin diagram](#)

10 jawaban





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

Saran dan kritik terhadap aplikasi SleepWell

6 jawaban

-
- penjelasan lengkap bagaimana cara pembacaan hasil detect sangat diperlukan untuk membantu user memahami hasilnya
- Aplikasinya mudah digunakan dan responsif. Saran saya, mungkin bisa tambahkan penjelasan arti hasil deteksi misalnya AHI dan tingkat keparahan sleep apnea
- sudah bagus
- aman ajaa





© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 Cek Turnitin

bismillah skripsi naura.docx

ORIGINALITY REPORT

28%	25%	14%	16%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.pnj.ac.id	8%
	Internet Source	
2	Submitted to Universitas Brawijaya	1%
	Student Paper	
3	jurusan.tik.pnj.ac.id	1%
	Internet Source	
4	Submitted to Sriwijaya University	1%
	Student Paper	
5	repository.ub.ac.id	1%
	Internet Source	
6	ejurnal.stmik-budidarma.ac.id	1%
	Internet Source	
7	repository.unissula.ac.id	1%
	Internet Source	
8	Submitted to UPN Veteran Yogyakarta	1%
	Student Paper	
9	Submitted to Universitas Sumatera Utara	<1%
	Student Paper	
10	Submitted to Universitas Khairun	<1%
	Student Paper	
11	Submitted to Universitas Pamulang	<1%
	Student Paper	
12	Submitted to Universitas Putera Batam	<1%
	Student Paper	

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