

KATA PENGANTAR

Pertama – tama, penulis ingin memanjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya dengan berkat, anugerah, pimpinan, dan kasih karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **SISTEM PEMANTAU POSTUR TIDUR PENGIDAP *OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA* DAN *PRIMARY SNORING* BERBASIS SENSOR IMU**, dengan baik dan tepat waktu.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak lain yang turut memberikan banyak bantuan, bimbingan maupun dukungan kepada penulis. Untuk itulah, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak tersebut, yang antara lain adalah:

- 1) Bapak Dr.Eng., Ir. Pujianto Yugopuspito, MSc sebagai Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
- 2) Ibu Irene A. Lazarusli, S.Kom., M.T., sebagai Ketua Program Studi Informatika atas dukungan serta bimbingannya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
- 3) Bapak Dr. Sutrisno, S.E., M.Kom, sebagai Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan berbagai macam ide, gagasan serta pencerahan, bimbingan, serta motivasi dan dorongan sehingga skripsi saya bisa selesai.
- 4) Bapak Hendra Tjahyadi, S.T., M.T., Ph.D, sebagai Dosen Co-Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dari awal dibuatnya

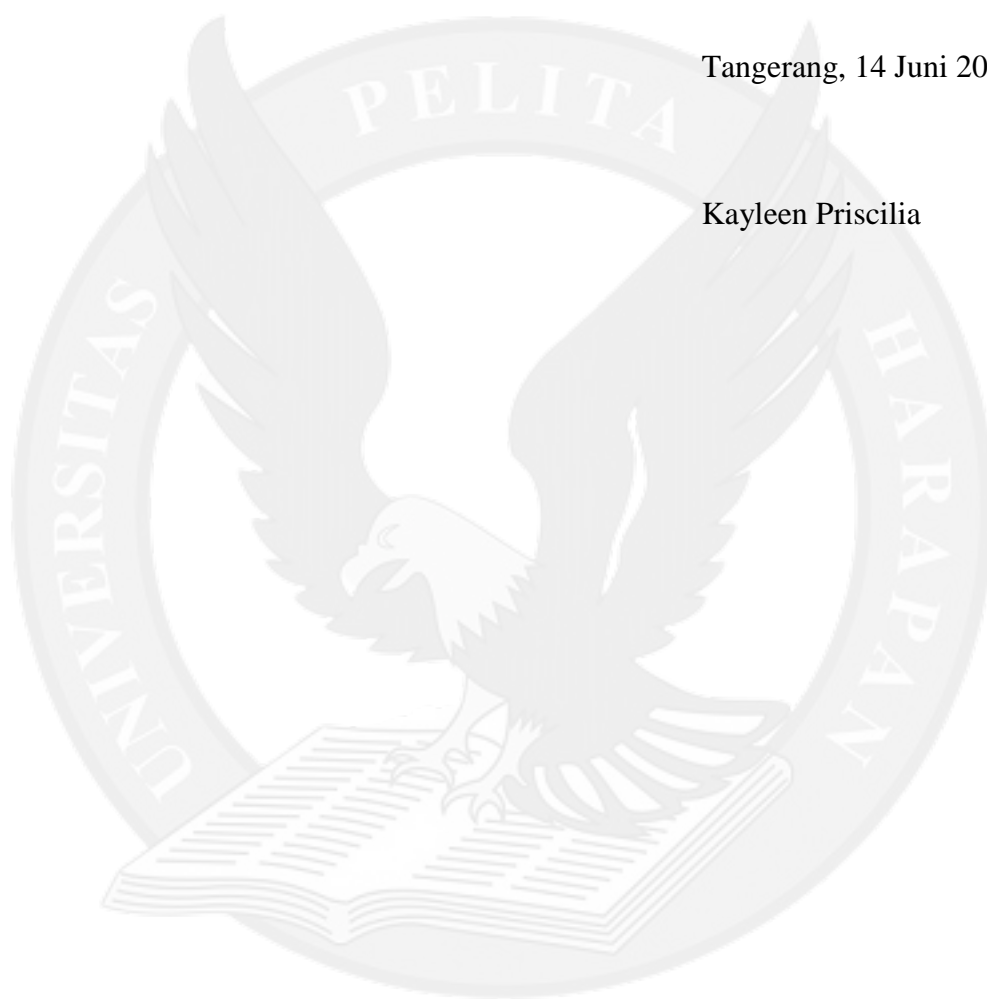
skripsi ini sampai dengan selesai, memberikan banyak pengetahuan yang baru, serta memberikan semangat agar saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

- 5) Bapak I Made Murwantara, S.Si., M.Kom., Ph.D, selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan selama saya berkuliah.
- 6) Staf dosen, yang telah memberikan saya pengetahuan, wawasan serta membina saya sampai dalam tahap ini.
- 7) Papa, mama, dedek, Ce Kiki, Claudia, Cynthia, Chelsea dan Alfred yang telah mendukung dalam doa, memberikan semangat dan kasih sayang.
- 8) Ci Michella, Gendis, Angellica, Raysa, Dimitri, Nadya, Ferinzhy, Ci Shella dan Ci Yosefa yang selalu ada buat saya, memberikan doa, semangat dan dukungan dalam proses pembuatan skripsi ini.
- 9) Teman-teman TIF 17, yang menemani saya dari awal semester sampai di akhir semester mengikuti mata kuliah yang ada, atas kerjasamanya dan bantuannya.
- 10) Rekan HMPTIF 2017, yang telah memperkenalkan saya kepada banyak hal dan pengalaman baru, serta memberikan arti ikatan persaudaraan di dalam organisasi.
- 11) Subjek-subjek pada penelitian ini, yaitu mama, Karyne, Cynthia, papa dan Pak Junaidy, yang telah banyak membantu dan bekerjasama demi penyelesaian skripsi saya.
- 12) Seluruh pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang turut membantu, membimbing dan mendukung penulis selama ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, dan dapat dijadikan sebagai bahan penelitian lainnya serta dapat dikembangkan lebih lanjut, sehingga menghasilkan manfaat yang lebih baik.

Tangerang, 14 Juni 2021

Kayleen Priscilia



DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN UNGGAH TUGAS AKHIR.....	ii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Metodologi.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	9
2.1 <i>Obstructive Sleep Apnea</i>	9
2.2 <i>Primary Snoring</i>	11
2.3 Hubungan OSA dan PS dengan posisi tidur	11
2.4 Hubungan OSA dan PS dengan postur kepala.....	12
2.5 Sensor IMU: Akselerometer dan giroskop	12
2.6 Suara	15
2.6.1 Analisis Suara	15
2.6.2 Fitur Akustik Suara	17
2.6.3 Suara Dengkuran.....	18
2.7 Ektrokardiogram (EKG)	19
2.8.1. Nilai EKG Normal	21
2.8.2. Persiapan dan Peletakan EKG	22

2.8.3. <i>Heart-Rate Variability</i> (HRV)	24
2.9. Algoritma Klasifikasi.....	27
2.9.1. <i>Support Vector Machine</i> (SVM).....	27
2.9.2. <i>Decision Tree</i> dan <i>Random Forest</i>	28
2.9.3. <i>Convolutional Neural Networks</i> (CNN)	30
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM	34
3.1. Perancangan Perangkat Keras.....	34
3.2. Penentuan Peristiwa OSA dari Sinyal EKG	37
3.2.1. Pengumpulan Data EKG dari Pengidap OSA.....	41
3.2.2. Pengolahan Data	43
3.2.3. Ekstraksi Fitur dan Klasifikasi.....	44
3.2.4. Kalkulasi AHI	49
3.3. Klasifikasi Suara Dengkuran	49
3.3.1. Pengumpulan Data Suara Dengkuran	51
3.3.2. Reduksi Suara Latar atau Gangguan.....	51
3.3.3. Ekstraksi Fitur	52
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	54
4.1. Implementasi Perangkat Keras	54
4.2. Implementasi Perangkat Lunak untuk Pengambilan Data Sensor	55
4.2.1. Sensor IMU	55
4.2.2. EKG (AD8232).....	58
4.2.3. perekaman Suara.....	59
4.3. Implementasi Klasifikasi Episode OSA dari Sinyal EKG.....	59
4.3.1. Tahap Implementasi Program.....	59
4.3.2. Hasil Prediksi Deteksi OSA dari File Pengujian Sinyal EKG.....	74
4.4. Implementasi Klasifikasi Suara Dengkuran.....	77
4.5. Skenario Pengujian terhadap Subjek	85
4.5.1. Langkah-Langkah Pengujian	85
4.5.2. Pengolahan Data Hasil Pengujian	86
4.6. Implementasi Pengujian Sistem terhadap Subjek	88
4.7. Hasil Pengujian	94

4.7.1. Subjek Sehat (SS)	95
4.7.2. Subjek Pengidap PS (SPS).....	101
4.7.3. Subjek Pengidap OSA (SOSA).....	108
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	113
5.1. Kesimpulan	113
5.2. Saran	115
DAFTAR PUSTAKA	118
LAMPIRAN A - VISUALISASI <i>SPECTROGRAM</i> DARI SUARA	
DENGKURAN DAN YANG BUKAN MERUPAKAN SUARA	
DENGKURAN	A-1



DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Rotasi <i>Roll, Pitch, Yaw</i> (Niku 2008)	13
Gambar 2.2 Rotasi sudut Euler (Niku 2008).....	14
Gambar 2.3 Diagram blok proses analisis suara (Virtanen, Plumbey, and Ellis 2017)	17
Gambar 2.4 Gelombang pada EKG	20
Gambar 2.5 Peletakan EKG pada bagian dada (Hubei Yong Qiang Fu Technology Industry n.d.)	23
Gambar 2.6 Penempatan elektroda EKG menurut segitiga Eindhoven (Sparkfun n.d.)	24
Gambar 2.7 Kalkulasi RMSSD (Farnsworth 2019)	26
Gambar 2.8 Contoh <i>decision tree</i> berdasarkan pada target biner variabel Y (0 atau 1) (Song and Lu 2015)	28
Gambar 2.9 Arsitektur dari LeNet-5 CNN.....	31
Gambar 2.10 Ilustrasi <i>Conv1D</i> pada data akselerometer (Verma 2019)	33
Gambar 2.11 Ilustrasi pergeseran <i>kernel</i> pada <i>Conv2D</i> (Verma 2019)	33
Gambar 2.12 Ilustrasi pergeseran <i>kernel</i> pada <i>Conv3D</i> (Verma 2019)	33
 Gambar 3.1 Diagram blok model klasifikasi episode OSA/Non-OSA menggunakan pendekatan ekstraksi fitur kalkulasi HRV	 39
Gambar 3.2 Diagram blok model klasifikasi episode OSA/Non-OSA menggunakan pendekatan otomatisasi pengekstrakan fitur dengan <i>modified LeNet-5</i>	40
Gambar 3.3 Diagram blok model klasifikasi dan evaluasi data suara dengkur	50
Gambar 4.1 Diagram skematik koneksi sensor.....	55
Gambar 4.2 Diagram alur tahap setelan awal pada Arduino	57
Gambar 4.3 <i>Command</i> untuk mengakses dataset <i>Apnea-ECG</i>	60
Gambar 4.4 <i>Output 2000 sample</i> sinyal EKG.....	60
Gambar 4.5 Kode untuk melakukan filter <i>bandpass</i> terhadap sinyal EKG	61
Gambar 4.6 Hasil filter <i>bandpass</i> pada 2000 <i>sample</i> sinyal EKG.....	61

Gambar 4.7 Kode untuk mendeteksi puncak gelombang R dan memperbaiki puncak yang telah dideteksi	62
Gambar 4.8 Hasil deteksi puncak gelombang R dengan algoritma <i>Hamilton</i>	62
Gambar 4.9 Hasil perbaikan deteksi puncak gelombang R	63
Gambar 4.10 Kode kalkulasi interval RR	63
Gambar 4.11 Perbandingan RR interval antara pengidap OSA dan Non-OSA...	64
Gambar 4.12 Kode tahap pendeteksian amplitudo	64
Gambar 4.13 Perbandingan amplitudo puncak gelombang R dari pengidap OSA dan Non-OSA.....	65
Gambar 4.14 <i>Filter Median</i> pada program	66
Gambar 4.15 Visualisasi perbandingan sebelum dan setelah dilakukan filter median pada interval RR.....	66
Gambar 4.16 Kode tahap penyaringan jumlah data interval RR	67
Gambar 4.17 Kode tahap penyaringan detak jantung	67
Gambar 4.18 Metode <i>Welch</i> pada program.....	68
Gambar 4.19 Kode untuk melakukan <i>Min-Max Rescaling</i> pada <i>array</i>	71
Gambar 4.20 Visualisasi sebelum dan sesudah dilakukan <i>Min-Max rescaling</i> pada interval RR.	71
Gambar 4.21 Visualisasi sebelum dan sesudah dilakukan <i>Min-Max rescaling</i> pada amplitudo dari puncak gelombang R	71
Gambar 4.22 Kode tahap interpolasi kubik pada interval RR dan.....	72
Gambar 4.23 Lapisan-lapisan pada LeNet-5 yang dimodifikasi (Wang <i>et al.</i> 2019)	72
Gambar 4.24 Kode untuk membaca file audio	77
Gambar 4.25 <i>Output</i> sinyal audio dari suara dengkur.....	77
Gambar 4.26 Reduksi suara latar	78
Gambar 4.27 Hasil reduksi suara latar pada sinyal suara dengkur.....	78
Gambar 4.28 Pemotongan suara hening pada audio	78
Gambar 4.29 Ekstraksi fitur dengan kalkulasi STFT	79
Gambar 4.30 Kode dari model NN yang digunakan.....	80
Gambar 4.31 Mengambil data audio secara <i>real-time</i>	82

Gambar 4.32 Fungsi untuk memprediksi suara dengkur dan yang bukan	83
Gambar 4.33 Penggunaan fungsi prediksi suara dari rekaman suara secara <i>real-time</i>	84
Gambar 4.34 Sketsa peletakan sensor	86
Gambar 4.35 Pemakaian sistem kepada subjek	92
Gambar 4.36 <i>Output</i> keberhasilan konektivitas kedua sensor	93
Gambar 4.37 <i>Output</i> yang dihasilkan pada saat sistem dijalankan	94
Gambar 4.38 Visualisasi persentase waktu yang digunakan oleh SS 1 pada masing-masing posisi tidur	97
Gambar 4.39 Visualisasi persentase yang digunakan oleh SS 2 pada masing-masing posisi tidur	98
Gambar 4.40 Visualisasi persentase waktu yang digunakan oleh SS 1 dan SS 2 pada masing-masing posisi tidur	99
Gambar 4.41 Visualisasi data intensitas dengkur pada SS 1 dan SS 2	100
Gambar 4.42 Visualisasi persentase waktu yang digunakan oleh SPS 1 pada masing-masing posisi tidur	102
Gambar 4.43 Visualisasi persentase waktu yang digunakan oleh SPS 2 pada masing-masing posisi tidur	103
Gambar 4.44 Visualisasi persentase waktu yang digunakan oleh SPS 1 dan SPS 2 pada masing-masing posisi tidur	104
Gambar 4.45 Hubungan <i>mean</i> amplitudo dengkur dalam kalkulasi RMS linear dan posisi tidur pada SPS 1 dan SPS 2	107
Gambar 4.46 Hubungan <i>mean</i> intensitas dengkur dan posisi tidur pada SPS 1 dan SPS 2	107
Gambar 4.47 Visualisasi persentase waktu yang digunakan oleh SOSA pada masing-masing posisi tidur	109
Gambar 4.48 Hubungan <i>mean</i> amplitudo dengkur dalam kalkulasi RMS linear dan posisi tidur pada SOSA	110
Gambar 4.49 Hubungan <i>mean</i> intensitas dengkur dan posisi tidur pada SOSA	111
Gambar 4.50 Hubungan jumlah episode OSA dan posisi tidur pada SOSA	112

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Nilai normal dari gelombang/interval gelombang	22
Tabel 4.1 Daftar perangkat keras yang digunakan.....	54
Tabel 4.2 Fitur hasil analisis domain frekuensi	68
Tabel 4.3 Fitur hasil analisis deretan waktu.....	69
Tabel 4.4 Tabel rincian setiap lapisan pada LeNet-5 yang dimodifikasi (Wang et al. 2019).....	73
Tabel 4.5 Performa hasil klasifikasi dari otomatisasi pengekstrakan fitur (Wang et al. 2019)	74
Tabel 4.6 Performa hasil klasifikasi dari pengekstrakan fitur dengan menggunakan analisis HRV	75
Tabel 4.7 Perbandingan algoritma dengan hasil terbaik pada metode otomatisasi pengekstrakan fitur dan dengan analisis HRV	76
Tabel 4.8 <i>Summary</i> model NN yang diaplikasikan.....	81
Tabel 4.9 Struktur data sebelum diolah.....	87
Tabel 4.10 Struktur data setelah diolah.....	88
Tabel 4.11 Informasi mengenai subjek yang sehat	89
Tabel 4.12 Informasi mengenai subjek pengidap <i>primary snoring</i>	90
Tabel 4.13 Informasi mengenai subjek pengidap OSA	91
Tabel 4.14 Informasi waktu pengujian, AHI dan keseluruhan persentase dengkur pada semua subjek.....	95
Tabel 4.15 Informasi waktu pengujian, AHI dan persentase dengkur pada kedua SS	96
Tabel 4.16 Kombinasi posisi tidur SS 1	96
Tabel 4.17 Kombinasi posisi tidur SS 2.....	98
Tabel 4.18 Informasi waktu pengujian, AHI dan persentase dengkur pada kedua SPS	101
Tabel 4.19 Kombinasi posisi tidur SPS 1	101
Tabel 4.20 Kombinasi posisi tidur SPS 2	103

Tabel 4.21 Informasi waktu pengujian, AHI dan persentase dengkur pada SOSA	108
Tabel 4.22 Kombinasi posisi tidur SOSA	108



DAFTAR LAMPIRAN

halaman

Lampiran A - Visualisasi <i>Spectrogram</i> dari Suara Dengkuran dan yang Bukan Merupakan Suara Dengkuran.....	A-1
--	-----

