

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* TINGKAT KELELAHAN
BERDASARKAN DETAK JANTUNG UNTUK PENCEGAHAN *BURNOUT***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat untuk
memperoleh Gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro



Disusun Oleh:

HERSYANDA PUTRA ADI

1704258

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

Hersyanda Putra Adi

1704258

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* TINGKAT KELELAHAN
BERDASARKAN DETAK JANTUNG UNTUK PENCEGAHAN *BURNOUT***

Disetujui dan disahkan oleh:

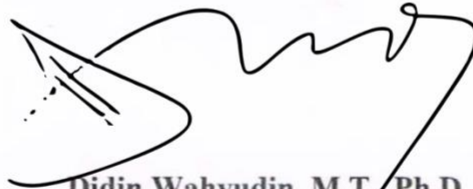
Pembimbing I,



Agus Heri Setya Budi, M.T

NIP: 19720826 200501 1 001

Pembimbing II,



Didin Wahyudin, M.T., Ph.D

NIP: 19760827 200912 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro



Dr. Yadi Mulvadi, M.T

NIP: 19630727 199302 1 001

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS
PLAGIARISME**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Tingkat Kelelahan Berdasarkan Detak Jantung Untuk Pencegahan *Burnout***” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/ sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2021



Hersyanda Putra Adi

NIM: 1704258

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur saya sampaikan kehadirat Allah SWT, pencipta seluruh alam yang telah banyak melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Tingkat Kelelahan Berdasarkan Detak Jantung Untuk Pencegahan *Burnout*”. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Pendidikan Teknik Elektro.

Dalam proses penelitian dan penyusunan tugas akhir ini, penulis telah dibantu oleh berbagai pihak baik secara ilmu, moril, dan materil. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih setulusnya dan sebesar-besarnya kepada seluruh pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Agus Heri Setya Budi, M.T. selaku pembimbing I yang selalu memberikan motivasi, saran, masukan, dan ilmu-ilmu yang berharga dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Didin Wahyudin, M.T., Ph.D. selaku pembimbing II dan juga selaku Sekretaris Departemen Pendidikan Teknik Elektro yang selalu memberikan motivasi, saran, masukan, dan ilmu-ilmu yang berharga dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Wasimudin Surya Saputra, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan dukungan selama menempuh Pendidikan di Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI.
4. Orang tua penulis, Ibunda ibu Tutik Andayani, dan Ayahanda bapak Heryadi yang senantiasa memberi dukungan dan motivasi kepada penulis.
5. Keluarga penulis, bapak Wardoyo, ibu Surti Sutinah, Azahlea Sukesih, Azahra Sukesih, dan M. Bagaskara yang juga selalu senantiasa memberik dukungan dan motivasi kepada penulis

6. Seluruh bapak dan ibu dosen di Departemen Pendidikan Teknik Elektro yang telah memberikan bekal ilmu yang sangat bermanfaat selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Teknik Elektro FPTK UPI.
7. Seluruh staf Tata Usaha dan Laboran di Departemen Pendidikan Teknik Elektro yang telah banyak membantu selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Teknik Elektro FPTK UPI.
8. Teman seperjuangan dan sahabat karib penulis yakni Aditya Andrean yang banyak dan selalu memberikan bantuan, dukungan, dan motivasi selama ini.
9. Teman seperjuangan di Bandung yakni Irfan Abdurrazaq S., Rd. Saifan Fachri. A., Fathurahman Pribadi, Reza Ananda Riadi, Shaquille Abdul Jabbar, Asep M. Arief G., dan M. Farhan yang banyak menemani, membantu, dan memberikan dukungan, dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Elektro FPTK UPI.
10. Teman warga SCINTHERNO dan STONE yang banyak menemani di era pandemi ini.
11. Seluruh rekan di Teknik Elektro UPI yang telah menemani perjalanan penulis selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Elektro FPTK UPI.
12. Serta seluruh pihak-pihak lain yang juga baik secara langsung dan tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.

Ucapan terima kasih yang teramat dalam penulis persembahkan kepada semua yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian sekaligus penyusunan tugas akhir ini hingga selesai, semoga kita semua selalu dalam ridho dan lindungan-Nya. Dan semoga semua kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Aamiin

Bandung, Agustus 2021

(Hersyanda Putra Adi)

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, telah dirancang dan dibangun sebuah sistem *monitoring* tingkat kelelahan. Sistem ini terdiri dari perangkat *monitoring* berbasis mikrokontroler Wemos D1 Mini dan sensor MAX30102, serta *server monitoring* nya yang dibangun menggunakan Thingsboard IoT *Platform* dan Laravel PHP *Framework*.

Penelitian ini dilakukan secara metode *Research and Development* yang prosedurnya meliputi perencanaan, perancangan, produksi, uji coba, dan evaluasi. Sistem *monitoring* akan bekerja dengan cara membaca tingkat aktivitas detak jantung dan waktu interval antar detak menggunakan sensor MAX30102 dan mikrokontroler Wemos D1 Mini. Data *monitoring* tersebut akan dikirimkan ke *server monitoring* menggunakan konektivitas *WiFi* untuk kemudian hasil pembacaannya di *server* akan disimpan dan diproses. Hasil *monitoring* tersebut akan diprediksi tingkat kelelahannya menggunakan algoritma *k-Nearest Neighbor* berdasarkan hasil *monitoring* dan hasil kuesioner terkait sebelumnya. Hasil prediksi dan laporan *monitoring* tersebut kemudian akan dikirimkan melalui *Email* dan Telegram ke *user*.

Hasil dari pengujian yang dilakukan sistem *monitoring* menunjukkan bahwa keseluruhan sistem baik dari perangkat dan *server monitoring* dapat berjalan dengan baik. Namun dengan catatan terdapat kelemahan pembacaan pada aktivitas yang memiliki tingkat intensitas pergerakan tinggi, di mana hal ini disebabkan karena timbulnya *motion artifact* dari pembacaan sensor detak jantung yang menggunakan teknik *Photoplethysmography / PPG* dengan panjang gelombang yang tinggi.

Dengan penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh sebuah metode alternatif baru untuk membantu menjaga dan memonitor tingkat kelelahan para pekerja dalam rangka mencegah terjadinya *burnout*. Terutama bagi para pekerja yang rawan dengan tingkat kelelahan yang tinggi secara terus menerus seperti contohnya para pekerja kesehatan pada era pandemi saat ini.

Kata Kunci : Sistem Monitoring Kelelahan, MAX30102, PPG Sensor

ABSTRACT

In this research, we design and build a monitoring system to monitor fatigue levels. This system consists of a monitoring device based on Wemos D1 Mini microcontroller and MAX30102 *Photoplethysmography* / PPG sensor, and a monitoring server built based on Thingsboard IoT Platform and Laravel PHP Framework.

This research is conducted by Research and Development method with the procedure covering planning, designing, producing, testing, and evaluation. The monitoring system works by reading heart level activity and the time interval between heartbeat using the monitoring device. The monitoring data is then sent to the monitoring server through WiFi connectivity to be saved and processed. Then, the fatigue level will be predicted using the k-Nearest Neighbor algorithm and Heart Rate Variability score assessment based on the monitoring data and the related fatigue questionnaire from the previous monitoring session. Finally, the prediction and monitoring result will be sent to the user by Email and Telegram.

The result from this monitoring system testing shows that the monitoring device and monitoring system overall can be run very well. But with some notes, like in the monitoring device, there is a weakness when reading in an activity that involves intensive motion because of the high motion artifact that arises from the PPG sensor that used higher transmitter / LED wavelength.

With this research, we hoped that there could be obtained a new alternative method to help to keep and monitor worker's fatigue levels in order to prevent burnout. Especially for the workers who are prone to continuously high levels of fatigue, like the healthcare worker in this pandemic era.

Keywords : Fatigue Monitoring System, MAX30102, PPG Sensor

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 <i>Burnout</i>	6
2.2 <i>Fatigue dan Tiredness</i>	7
2.4 <i>Heart Rate Variability</i>	8
2.6 <i>k-Nearest Neighbor</i>	10
2.7 Sensor MAX30102	12
2.8 <i>Microcontroller Development Board Wemos D1 Mini</i>	13
2.9 <i>Internet of Things / IoT Platform Thingsboard</i>	14
2.10 <i>Web Development Framework Laravel</i>	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Metode Penelitian	17
3.2 Tahapan Penelitian	17
3.2.1 Studi Literatur	18

3.2.2 Perancangan dan Pembuatan Sistem <i>Monitoring</i>	18
3.2.3 Uji Coba Sistem <i>Monitoring</i>	19
3.2.4 Evaluasi	20
3.3 Sistem <i>Monitoring</i> dan Deteksi Kelelahan	20
3.3.1 Perangkat dan Sistem Penunjang	20
3.3.2 Prinsip kerja	20
3.3.3 Algoritma	22
3.3.4 Perancangan Perangkat <i>Monitoring</i>	27
3.3.5 Perancangan Server <i>Monitoring</i>	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil	30
4.1 Hasil Perangkat <i>Monitoring</i> dan Sistem <i>Monitoring</i>	30
4.2 Uji Tes Perangkat <i>Monitoring</i> Terhadap Perangkat Pembanding	34
4.3 Uji Prediksi	38
4.2 Pembahasan.....	43
4.2.1 Penjelasan Uji Tes Perangkat <i>Monitoring</i>	43
4.2.2 Penjelasan Uji Prediksi	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Grafik R-R / Interval antar Detak	8
Gambar 2. 2. Nilai Rata-Rata HRV dan Perbandingannya	9
Gambar 2. 3. Ilustrasi <i>k-Nearest Neighbor</i>	10
Gambar 2. 4. Ilustrasi Jarak Euclidean.....	11
Gambar 2. 5. Ilustrasi Jarak Manhattan	11
Gambar 2. 6. Grafik Hasil Pembacaan PPG Ideal	12
Gambar 2. 7. Modul Sensor MAX30102.....	13
Gambar 2. 8. Mikrokontroler Wemos D1 Mini	13
Gambar 2. 9. Contoh <i>Monitoring Dashboard</i> Menggunakan Thingsboard.....	15
Gambar 3. 1. Diagram Tahapan Penelitian	18
Gambar 3. 2. Diagram Prinsip Kerja Sistem <i>Monitoring</i>	21
Gambar 3. 3. Diagram Algoritma Pembacaan Detak Jantung	22
Gambar 3. 4. Diagram Proses Prediksi	25
Gambar 3. 5. Diagram Proses Prediksi Penentuan tingkat Lelah	26
Gambar 3. 6. Diagram Penentuan Hasil Prediksi Akhir	26
Gambar 3. 7. Skematik Rangkaian Perangkat <i>Monitoring</i>	28
Gambar 3. 8. Diagram Arsitektur Sistem <i>Monitoring</i>	29
Gambar 4. 1. Hasil Perangkat <i>Monitoring</i>	31
Gambar 4. 2. Perangkat <i>Monitoring</i> pada Kondisi <i>Monitoring</i> Aktif.....	32
Gambar 4. 3. Halaman Pertama Sistem <i>Monitoring</i>	33
Gambar 4. 4. Dashboard Menu Utama Sistem <i>Monitoring</i>	33
Gambar 4. 5. Dashboard untuk <i>Real Time Monitoring</i>	34
Gambar 4. 6. Kondisi pada Pengujian Statis.....	35
Gambar 4. 7. Grafik Hasil Pembacaan Uji Statis Subjek 1	36
Gambar 4. 8. Grafik Hasil Pembacaan Uji Statis Subjek 2.....	36
Gambar 4. 9. Pembacaan untuk Uji Non-Statis	37
Gambar 4. 10. Grafik Hasil Pembacaan Uji Non-Statis Kondisi Berjalan	38
Gambar 4. 11. Grafik Hasil Pembacaan Uji Non-Statis Kondisi Berlari.....	38
Gambar 4. 12. Contoh Laporan Hasil Prediksi dan <i>Monitoring</i> melalui <i>Email</i>	42
Gambar 4. 13. Contoh Laporan Hasil Prediksi dan <i>Monitoring</i> melalui Telegram	42

Gambar 4. 14. Grafik Pembacaan Sensor Normal kondisi Minim <i>Motion Artifact</i>	44
Gambar 4. 15. Grafik Pembacaan Sensor kondisi Dilakukan Pergerakan dan Timbul <i>Motion Artifact</i>	44
Gambar 4. 16. Ilustrasi Pengaruh Penggunaan Ukuran Gelombang Cahaya.....	45
Gambar 4. 17. Ilustrasi Klasifikasi <i>k-Nearest Neighbor</i> dengan Nilai <i>Distance</i> Sama.....	46
Gambar 4. 18. Hasil Perbandingan Banyak Sampel Data dengan Akurasi Prediksi Menggunakan <i>k-Nearest Neighbor</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Daftar Komponen Perangkat <i>Monitoring</i>	28
Tabel 4. 1. Hasil Uji Statis	35
Tabel 4. 2. Hasil Uji Non-Statistik	37
Tabel 4. 3. Sampel Hasil Kuesioner	39
Tabel 4. 4. Hasil Uji Akurasi Prediksi Menggunakan <i>k-Nearest Neighbor</i>	40
Tabel 4. 5. Hasil Uji Prediksi Akhir	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Pengesahan Pembimbing Tugas Akhir	55
Lampiran 2. Hasil Konsultasi dari Dokter Spesialis Olahraga	57
Lampiran 3. Dokumentasi MCU Wemos D1 Mini	58
Lampiran 4. <i>Datasheet</i> ESP8266	60
Lampiran 5. <i>Datasheet</i> Sensor MAX30102.....	66
Lampiran 6. Dokumentasi Proses Perancangan dan Pembuatan Perangkat <i>Monitoring</i>	69
Lampiran 7. <i>Website</i> Sistem <i>Monitoring</i>	71
Lampiran 8. <i>Source Code</i> di Perangkat <i>Monitoring</i>	71
Lampiran 9. <i>Source Code</i> Sistem <i>Monitoring</i>	71