

**LAPORAN SKRIPSI**  
**SIMULASI EXOSKELETON UPPER LIMB**  
**DENGAN KENDALI EMG**



**OLEH :**

**ELISTA RISKY INDIANTI**  
**NIM. P27838117006**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN**  
**TEKNOLOGI REKAYASA ELEKTRO-MEDIS**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTROMEDIK**  
**POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES SURABAYA**  
**2021**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan kasihNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul Simulasi Exoskeleton Upper Limb Dengan Kendali EMG.

Dalam melakukan penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini penulis telah mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberi kemudahan, kesehatan serta kelancaran hambanya untuk menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu.
2. Ibu Hj. Endang Dian Setyoningsih, ST, MT selaku dosen pembimbing teori yang telah dengan penuh kesabaran dan ketulusan memberikan ilmu dan bimbingan teori kepada penulis.
3. Bapak Muhammad Ridha Mak'ruf, ST,M.Si. selaku dosen pembimbing praktek yang penuh kesabaran dan ketulusan memberikan ilmu dan bimbingan terbaik kepada penulis.
4. Bapak Muhammad Ridha Mak'ruf, ST, M.Si selaku

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Elektro-medik yang memberikan izin kepada penulis untuk belajar.

5. Ibu Hj.Andjar Pudji, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektromedik yang memberikan izin kepada penulis untuk belajar.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu semua jenis saran, kritik dan masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat dan memberikan wawasan tambahan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis sendiri.

Surabaya, Juni 2021

Elista Risky Indianti

## DAFTAR ISI

COVER	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PERSETUJUAN	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR ISI	4
DAFTAR GAMBAR	9
DAFTAR TABEL	15
BAB I PENDAHULUAN	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1. Latar Belakang Masalah	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2. Batasan Masalah	12
1.3. Rumusan Masalah	12
1.4. Tujuan Penelitian	13
1.4.1. Tujuan Umum	13
1.4.2. Tujuan Khusus	13
1.5. Manfaat Penelitian	13
1.5.1. Manfaat Teoritis	13
1.5.2. Manfaat Praktis	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA Error! Bookmark not defined.**

2.1. Studi Pustaka 15

2.2. Dasar Teori **Error! Bookmark not defined.**

2.2.1. Fisiologi Otot Lengan **Error! Bookmark not defined.**

2.2.2. Electromiografi **Error! Bookmark not defined.**

2.2.3. Exoskeleton **Error! Bookmark not defined.**

2.3 Bagian Pengolahan **Error! Bookmark not defined.**

2.3.1. Filter **Error! Bookmark not defined.**

2.3.2. IC **Error! Bookmark not defined.**

2.3.3. Mikrokontroler **Error! Bookmark not defined.**

2.3.4. DAC **Error! Bookmark not defined.**

## **BAB III METODE PENELITIAN Error! Bookmark not defined.**

3.1. Rancangan Penelitian **Error! Bookmark not defined.**

3.2. Diagram Blok Sistem **Error! Bookmark not defined.**

3.2.1. Cara Kerja Blok Diagram **Error! Bookmark not defined.**

3.3. Diagram Alir Proses **Error! Bookmark not defined.**

3.4. Diagram Mekanis Sistem **Error! Bookmark not defined.**

- 3.5. Alat dan Bahan **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.5.1. Alat **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.5.2. Bahan **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.6. Variabel Penelitian **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.7. Definisi Operasional Variabel **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8. Teknik Analisis Data **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.9. Urutan Kegiatan Penelitian **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.10. Tempat dan Jadwal Kegiatan Penelitian **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.11. Jadwal Kegiatan **Error! Bookmark not defined.**
- BAB IV HASIL DAN ANALISIS** **Error! Bookmark not defined.**
- 4.1. Hasil Perancangan Hardware **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.2. Hasil Pengukuran Test Point **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.3. Hasil Perancangan Filter Digital IIR **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.3.1. Tujuan **Error! Bookmark not defined.**

- 4.3.2. Butterworth **Error! Bookmark not defined.**
- 4.3.3. Filter Chebyshev I **Error! Bookmark not defined.**
- 4.3.4. Filter Chebyshev II **Error! Bookmark not defined.**
- 4.3.4. Filter Elliptic **Error! Bookmark not defined.**
- 4.4. Hasil Penerapan Filter Digital **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.4.1. Delay 100 Microseconds **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.4.2. Delay 3200 Microseconds **Error! Bookmark not defined.**
- 4.5. Hasil Tampilan Pada PC **Error! Bookmark not defined.**
- 4.6. Hasil Pengukuran BPM Modul dengan ECG Simulator **Error! Bookmark not defined.**
- 4.7. Hasil Pengujian Modul Transceiver **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.7.1. Tujuan **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.7.2. Alat yang digunakan **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.7.3. Prosedur Pengujian **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.7.4. Hasil Pengujian **Error! Bookmark not defined.**
- 4.8. Analisis Hasil Pengukuran **Error! Bookmark not defined.**

4.8.1. Analisis Perancangan Filter Digital **Error!**

**Bookmark not defined.**

4.8.2. Analisis Pengaruh Delay Terhadap Sinyal ECG

**Error! Bookmark not defined.**

4.8.3. Analisis Hasil Pengukuran BPM **Error! Bookmark**

**not defined.**

4.8.4. Analisis Hasil Pengujian Modul Transceiver **Error!**

**Bookmark not defined.**

4.8.5. Analisis Pengaruh baudrate pada delay

pengiriman **Error! Bookmark not defined.**

4.8.6. Analisis Jarak pengiriman **Error! Bookmark not**

**defined.**

BAB V PEMBAHASAN **Error! Bookmark not defined.**

5.1. Rangkaian **Error! Bookmark not defined.**

5.1.1. Rangkaian Instrumentation Amplifier **Error!**

**Bookmark not defined.**

5.1.2. Rangkaian Filter **Error! Bookmark not defined.**

5.1.3. Rangkaian Penguat Non-Inverting **Error!**

**Bookmark not defined.**

5.1.4. Rangkaian Adder **Error! Bookmark not defined.**

5.1.5. Rangkaian Pemilihan Lead **Error! Bookmark not**

**defined.**



- 5.1.6. Rangkaian Receiver **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2. Program **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.1. Listing Program Pengambilan Data Filter Digital **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.2. Listing Program pemilihan Lead EKG **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.3. Listing Program Filter Digital pada Alat **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.4. Listing Program BPM **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.5. Listing Program tampilan TFT **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.6. Listing program pengiriman (Transmitter) **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.7. Listing program penerima (Receiver) **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.8. Listing Program Pemilihan Penerimaan Data Delphi **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2.9. Program Pengolahan Data ADC pada Delphi7 **Error! Bookmark not defined.**
- 5.3. Pengujian Modul Transceiver **Error! Bookmark not defined.**

### 5.3.1. Analisis Pengaruh Baudrate Pada Delay

Pengiriman **Error! Bookmark not defined.**

### 5.3.2. Analisis Jarak Pengiriman **Error! Bookmark not defined.**

### 5.4. Kinerja Sistem Keseluruhan **Error! Bookmark not defined.**

## BAB VI PENUTUP **Error! Bookmark not defined.**

### 6.1. Kesimpulan **Error! Bookmark not defined.**

### 6.2. Saran **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR PUSTAKA **Error! Bookmark not defined.**

## LAMPIRAN **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR GAMBAR

- 2. 1 Anatomi jantung Jantung[11] **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 2 Lead pada Tubuh **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 3 Penempatan Elektroda **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 4 Sadapan Bipolar **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 5 Sadapan Unipolar **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 6 Ilustrasi Terbentuknya Gelombang Denyut Jantung **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 7 Bentuk Gelombang Normal ECG[23] **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 8 Skematik didalam IC AD620 **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 9 Rangkaian dan Respon Frekuensi dari LPF **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 10 Rangkaian Lowpass filter Aktif **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 11 Grafik Respon Frekuensi Lowpass filter Aktif **Error! Bookmark not defined.**
- 2. 12 Rangkaian *Highpass filter* Pasif **Error! Bookmark not defined.**

2. 13 Grafik Respon Frekuensi Highpass filter      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
2. 14 Rangkaian Highpass filter Aktif **Error! Bookmark**  
**not defined.**
2. 15 Grafik Respon Frekuensi Highpass filter Aktif  
**Error! Bookmark not defined.**
2. 16 Grafik Respon Frekuensi dari BPF              **Error!**  
**Bookmark not defined.**
2. 17 Grafik Respon Frekuensi dari BSF              **Error!**  
**Bookmark not defined.**
2. 18 LCD TFT Nextion **Error! Bookmark not defined.**
2. 19 Modul nRF24L01P **Error! Bookmark not defined.**
2. 20 Konfigurasi pin nRF24L01 **Error! Bookmark not**  
**defined.**
2. 21 Board Arduino Nano              **Error! Bookmark not**  
**defined.**
3. 1 Blok Diagram Transmitter (Pengirim)  
**Error! Bookmark not defined.**
3. 2 Blok Diagram *Receiver* (Penerima)              **Error!**  
**Bookmark not defined.**
3. 3 Diagram Alir (Pengirim / Transmitter)              **Error!**  
**Bookmark not defined.**

3. 4 Diagram Alir (Penerima / *Receiver*) **Error!**

**Bookmark not defined.**

3. 5 Diagram Alir penerima pada PC **Error! Bookmark not defined.**

3. 6 Diagram MekanikTampak Depan **Error! Bookmark not defined.**

3. 7 Diagram MekanikTampak Belakang **Error! Bookmark not defined.**

4. 1 Modul Alat EKG pada Transmitter

**Error! Bookmark not defined.**

4. 2 Tampilan Layar TFT**Error! Bookmark not defined.**

4. 3 Hasil Desain Rangkaian ECG **Error! Bookmark not defined.**

4. 4 Modul Transmitter **Error! Bookmark not defined.**

4. 5 Modul Alat pada Receiver **Error! Bookmark not defined.**

4. 6 Tampilan Pada PC **Error! Bookmark not defined.**

4. 7 Input Function Generator 1 Vpp **Error! Bookmark not defined.**

4. 8 Output dengan input 1Vpp **Error! Bookmark not defined.**

4. 9 FDATool pada Matlab **Error! Bookmark not defined.**

4. 10 Respon Frekuensi Butterworth Orde 2      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 11 Respon Frekuensi Butterworth Orde 4      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 12 Respon Frekuensi Butterworth Orde 6      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 13 Respon Frekuensi Butterworth Orde 8      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 14 Respon Frekuensi Butterworth Orde 10      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 15 FDATool pada Matlab      **Error! Bookmark not defined.**
4. 16 Respon Frekuensi Chebyshev 1 Orde 2      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 17 Respon Frekuensi Chebyshev 1 Orde 4      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 18 Respon Frekuensi Chebyshev 1 Orde 6      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 19 Respon Frekuensi Chebyshev 1 Orde 8      **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 20 Respon Frekuensi Chebyshev 1 Orde 10      **Error!**  
**Bookmark not defined.**

4. 21 FDATool pada Matlab      **Error! Bookmark not defined.**
4. 22 Respon Frekuensi Chebyshev II Orde 2      **Error! Bookmark not defined.**
4. 23 Respon Frekuensi Chebyshev II Orde 4      **Error! Bookmark not defined.**
4. 24 Respon Frekuensi Chebyshev II Orde 6      **Error! Bookmark not defined.**
4. 25 Respon Frekuensi Chebyshev II Orde 8      **Error! Bookmark not defined.**
4. 26 Respon Frekuensi Chebyshev II Orde 10      **Error! Bookmark not defined.**
4. 27 FDATool pada Matlab      **Error! Bookmark not defined.**
4. 28 Respon Frekuensi Eliptic Orde 2 **Error! Bookmark not defined.**
4. 29 Respon Frekuensi Eliptic Orde 4 **Error! Bookmark not defined.**
4. 30 Respon Frekuensi Eliptic Orde 6 **Error! Bookmark not defined.**
4. 31 Respon Frekuensi Eliptic Orde 8 **Error! Bookmark not defined.**

4. 32 Respon Frekuensi Eliptic Orde 10 **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 33 Sinyal Filter dan sebelum filter Lead aVR **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 34 Sinyal Filter dan sebelum filter Lead aVL **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 35 Sinyal Filter dan sebelum filter Lead aVF **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 36 Sinyal Filter dan sebelum filter Lead aVR **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 37 Sinyal Filter dan sebelum filter Lead aVL **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 38 Sinyal Filter dan sebelum filter Lead aVF **Error!**  
**Bookmark not defined.**
4. 39 Ripple pada Gelombang S-T **Error! Bookmark not defined.**
4. 40 Grafik pengiriramn data dengan variasi  
baudrate **Error! Bookmark not defined.**
4. 41 Grafik Pengiriman **Error! Bookmark not defined.**
4. 42 Sinyal ECG Lead aVR dengan Baud rate 1200 pada  
Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**
4. 43 Sinyal ECG Lead aVL dengan Baud rate 1200 pada  
Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**



4. 44 Sinyal ECG Lead aVF dengan Baud rate 1200 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**
4. 45 Sinyal ECG Lead aVR dengan Baud rate 4800 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**
4. 46 Sinyal ECG Lead aVL dengan Baud rate 4800 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**
4. 47 Sinyal ECG Lead aVF dengan Baud rate 4800 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**
4. 48 Sinyal ECG Lead aVR dengan Baud rate 9600 pada Transmitter **Error! Bookmark not defined.**
4. 49 Sinyal ECG Lead aVL dengan Baud rate 9600 pada Transmitter **Error! Bookmark not defined.**
4. 50 Sinyal ECG Lead aVF dengan Baud rate 9600 pada Transmitter **Error! Bookmark not defined.**
4. 51 Sinyal ECG Lead aVR dengan Baud rate 38400 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**
4. 52 Sinyal ECG Lead aVL dengan Baud rate 38400 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**
4. 53 Sinyal ECG Lead aVF dengan Baud rate 38400 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**

4. 54 Sinyal ECG Lead aVR dengan Baud rate 57600 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**

4. 55 Sinyal ECG Lead aVL dengan Baud rate 115200 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**

4. 56 Sinyal ECG Lead aVF dengan Baud rate 115200 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**

4. 57 Sinyal ECG Lead aVR dengan Baud rate 115200 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**

4. 58 Sinyal ECG Lead aVL dengan Baud rate 115200 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**

4. 59 Sinyal ECG Lead aVF dengan Baud rate 115200 pada Transmitter dan Receiver **Error! Bookmark not defined.**

5. 1 Rangkaian Instrumentation Amplifier  
**Error! Bookmark not defined.**

5. 2 Output Function Generator **Error! Bookmark not defined.**

5. 3 Output dengan input  $1V_{pp}$  **Error! Bookmark not defined.**

5. 4 Rangkaian Filter **Error! Bookmark not defined.**

5. 5 Rangkaian Penguat Non-Inverting**Error! Bookmark not defined.**

5. 6 Rangkaian Adder **Error! Bookmark not defined.**

5. 7 Rangkaian Switching Lead **Error! Bookmark not defined.**

5. 8 Rangkaian Receiver **Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR TABEL

2. 1 Spesifikasi LCD Nextion      **Error! Bookmark not defined.**
2. 2 Konfigurasi pin      **Error! Bookmark not defined.**
2. 3 Spesifikasi nRF24L01      **Error! Bookmark not defined.**
2. 4 Tabel kebenaran IC CD405X **Error! Bookmark not defined.**
2. 5 Spesifikasi Arduino Nano20 **Error! Bookmark not defined.**
3. 1 Definisi Operasional Variabel  
**Error! Bookmark not defined.**
3. 2 Jadwal Kegiatan      **Error! Bookmark not defined.**
4. 1 Hasil Pengukuran BPM pada Lead aVR  
**Error! Bookmark not defined.**
4. 2 Hasil Pengukuran BPM pada Lead aVL      **Error!  
Bookmark not defined.**
4. 3 Hasil Pengukuran BPM pada Lead aVF      **Error!  
Bookmark not defined.**
4. 4 Hasil Pengiriman Data Pada Variasi Baud Rate  
**Error! Bookmark not defined.**

4. 5 Hasil Pengiriman Data Terhadap Delay      **Error!**

**Bookmark not defined.**

4. 6 Hasil Pengiriman Data pada Jarak Pengiriman

**Error! Bookmark not defined.**

5. 1 Konfigurasi Multiplexer      **Error! Bookmark not defined.**

