

## Purwarupa Alat Terapi Stroke untuk Penguatan Otot Fleksor Karpi Radialis Berbasis Handcycling

### *Prototype of a Stroke Therapy Device for Strengthening the Radial Wrist Flexor Muscles Based on Handcycling*

Latifa Dewi N F<sup>1</sup>, Dodi Zulherman<sup>2</sup>, Mas Aly Afandi<sup>3\*</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi S1 Teknik Biomedis Kampus Purwokerto, Universitas Telkom

<sup>3</sup>Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi Kampus Purwokerto, Universitas Telkom

Jl. D.I. Panjaitan No. 128 Purwokerto, Jawa Tengah

latifadewinf@student.telkomuniversity.ac.id<sup>1</sup>, zulherman@telkomuniversity.ac.id<sup>2</sup>,

alyafandi@telkomuniversity.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak** – Stroke adalah isu kesehatan yang mendunia dan menjadi penyebab kecacatan, terutama pada otot flexor carpi radialis. Penyembuhan manual tradisional sering kali tidak efektif disebabkan oleh biaya yang tinggi, rasa bosan dari pasien, serta akses yang terbatas. Penelitian ini merancang dan memproduksi sebuah prototipe alat terapi stroke yang berbasis handcycling, dengan tambahan sensor Elektromiografi (EMG) untuk memonitor aktivitas otot secara langsung. Perangkat ini juga dilengkapi dengan tingkat resistansi yang bisa disesuaikan serta umpan balik suara, dibuat agar ekonomis dan mudah digunakan di rumah. Uji fungsional awal menunjukkan bahwa sensor EMG, sensor RPM, dan mekanisme pengaturan beban berfungsi dengan baik dan saling terintegrasi. Prototipe ini diharapkan dapat menjadi alternatif rehabilitasi yang lebih efektif, interaktif, dan terjangkau bagi pasien stroke.

**Kata Kunci:** Stroke, Rehabilitasi, Handcycling, Elektromiografi, Otot Fleksor Karpi Radialis.

**Abstract** – Stroke is a global health issue and a leading cause of disability, particularly in the flexor carpi radialis muscle. Traditional manual therapy is often ineffective due to high costs, patient boredom, and limited access. This study designed and produced a prototype stroke therapy device based on handcycling, with the addition of an Electromyography (EMG) sensor to directly monitor muscle activity. The device is also equipped with adjustable resistance levels and audio feedback, designed to be economical and easy to use at home. Initial functional tests show that the EMG sensor, RPM sensor, and load adjustment mechanism function well and are fully integrated. This prototype is expected to be a more effective, interactive, and affordable rehabilitation alternative for stroke patients.

**Keywords:** Stroke, Rehabilitation, Handcycling, Electromyography, Radial Wrist Flexor Muscles.

## 1. Pendahuluan

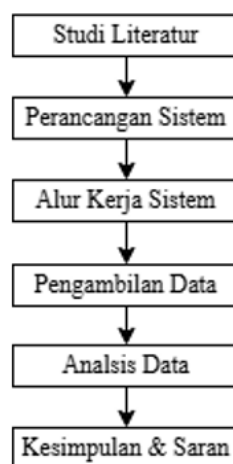
Stroke adalah masalah kesehatan utama baik di Indonesia maupun di seluruh dunia. Penyakit ini membunuh sekitar 11% orang di seluruh dunia dan menyebabkan lebih dari 200.000 kasus baru setiap tahun di Indonesia. Biasanya menyerang orang lanjut usia dan orang-orang di usia produktif [1], [2]. Pemerintah Indonesia mendorong ide-ide baru dalam perawatan kesehatan yang murah untuk meningkatkan kualitas hidup rakyatnya [3]. Rehabilitasi stroke berfokus pada menggerakkan tangan lagi, terutama otot fleksor karpi radialis, yang penting untuk tugas sehari-hari [4]. Terapi manual standar seringkali kurang efektif karena pasien merasa bosan dan tidak memiliki akses mudah, terutama di daerah pedesaan di mana peralatan impor mahal dan tidak ada cukup terapis [2], [5], [6]. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memprediksi bahwa jumlah kasus stroke akan berlipat ganda pada tahun 2030, yang berarti solusi rehabilitasi perlu lebih efektif [1], [5].

Orang-orang telah mencoba berbagai hal, seperti terapi realitas virtual (VR) [7] atau alat resistansi magnetik [8], tetapi seringkali terlalu mahal atau tidak berguna. Studi ini menyajikan prototipe alat terapi berbasis handcycling yang lebih menyenangkan dan dapat disesuaikan, terbukti meningkatkan motivasi hingga 70%. [9]. Satu hal baik tentang solusi ini adalah bahwa ia menggunakan bahan lokal yang lebih murah dan lebih mudah dibuat. Inovasi ilmiah ini terdiri dari alat handcycling sederhana yang menargetkan otot flexor carpi radialis, diintegrasikan dengan sensor Elektromiografi (EMG) untuk pemantauan waktu nyata, resistansi yang dapat disesuaikan, dan umpan balik pendengaran untuk penggunaan otonom di rumah [10]. Alat ini kecil, biaya pembuatannya kurang dari Rp 5 juta, dan dikendalikan oleh Arduino. Lebih berguna di daerah terpencil dan lebih interaktif daripada alat pasif, yang dapat mengurangi cacat sebesar 25–40%. [7], [8]. Ini adalah peningkatan dari studi handcycling sebelumnya [11], [12] dengan perubahan yang dibuat untuk pasien stroke di Indonesia dan desain yang lebih ringan.

Berdasarkan masalah-masalah ini, penelitian ini mengidentifikasi dua isu utama: 1) Bagaimana proses desain dan struktur perangkat rehabilitasi stroke berbasis handcycling yang menggabungkan sensor EMG untuk memantau otot flexor carpi radialis, serta fase pengembangan sistem mekanik dan elektronik? 2) Bagaimana mekanisme pengaturan beban bekerja ketika menerima sinyal EMG dari otot fleksor karpi radialis, dan bagaimana kemampuan sistem untuk mengubah resistansi dengan tangan untuk memenuhi kebutuhan terapi diuji? Hipotesis ini menyatakan bahwa prototipe perangkat handcycling dasar ini, yang dilengkapi dengan resistansi roda gigi mekanis, dapat secara efisien meningkatkan otot fleksor karpi radial pada pasien stroke, sehingga mengatasi keterbatasan biaya, monotonitas, dan aksesibilitas yang terkait dengan terapi tradisional. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) untuk membuat dan membangun alat rehabilitasi stroke berbasis handcycling dengan sensor EMG untuk memantau otot flexor carpi radialis, dan 2) untuk mendeskripsikan langkah-langkah yang terlibat dalam membangun sistem mekanik dan elektroniknya. 2) Mengevaluasi dan mengkonfirmasi efektivitas mekanisme pengaturan beban pada perangkat terkait dengan aktivitas otot fleksor karpi radialis melalui sinyal EMG, mencakup kemampuan sistem untuk menyesuaikan resistansi secara manual berdasarkan kebutuhan terapi. Studi ini bertujuan untuk memberikan solusi rehabilitasi stroke yang efisien dan hemat biaya, mendukung tujuan kesehatan global, dan meningkatkan otonomi pasien.

## 2. Metode Penelitian

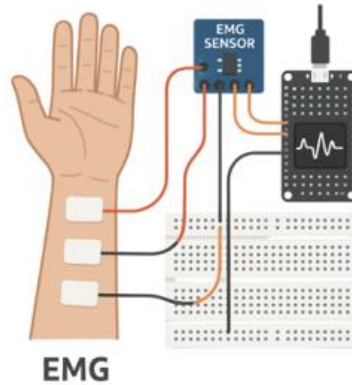
Langkah pertama dalam penelitian ini adalah membaca tentang handcycling, sensor elektromiografi (EMG), dan cara membuat alat terapi stroke yang akan membantu memperkuat otot flexor carpi radialis (FCR).



Gambar 2.1 Diagram Metode Penelitian

## 2.1. Perancangan Sistem

Alat handcycling ini dilengkapi dengan desain ergonomis yang dilengkapi dengan pegangan yang nyaman dan pengaturan resistensi manual pada lima tingkat beban putaran. Komponen sensor Elektromiografi (EMG) digunakan untuk pemantauan real-time aktivasi otot fleksor karpi radialis, sensor RPM untuk mengukur putaran pedal, dan mikrokontroler Arduino Uno R3 yang berfungsi sebagai unit kontrol pusat. Arduino Uno memproses sinyal analog dari sensor EMG secara langsung tanpa pendukung ADC tambahan.



Gambar 2.2 Perancangan Sistem EMG



Gambar 2.3 Perancangan Sistem Handcycling

## 2.2. Alur Kerja Sistem

Perangkat ini dimulai dengan mengukur aktivitas otot dasar menggunakan sensor EMG sebelum terapi bersepeda tangan pasien. Selama sesi terapi, sensor EMG dan RPM merekam aktivitas otot dan kecepatan putaran pedal secara real-time, dengan data ditampilkan melalui monitor serial di komputer. Jika kecepatan putaran pedal melebihi ambang batas yang ditentukan, perangkat akan memicu alarm sebagai tindakan pencegahan. Setelah sesi selesai, pengukuran aktivitas otot diulang menggunakan sensor EMG untuk menilai perubahan yang terjadi akibat terapi.

## 2.3. Pengambilan Data

Data dikumpulkan dari sepuluh peserta penelitian (5 pasien stroke dan 5 individu sehat). Semua peserta menjalani terapi dengan menggunakan lima tingkat resistensi manual pada perangkat handcycling. Data aktivitas listrik dari otot flexor carpi radialis diperoleh melalui sensor EMG sebelum dan setelah terapi. Sensor RPM mencatat frekuensi putaran pedal selama sesi terapi. Semua data dikumpulkan dan direkam langsung dari output monitor serial Arduino untuk analisis lebih lanjut.

## 2.4. Analisis Data

Data aktivitas EMG dianalisis untuk penilaian normalitas dan perbandingan rata-rata, termasuk uji t berpasangan dan uji Wilcoxon, untuk mengevaluasi perubahan aktivitas otot sebelum dan setelah terapi. Evaluasi dilakukan untuk membandingkan respons EMG dan RPM antara kelompok pasien stroke dan individu sehat pada setiap tingkat beban resistansi. Selain itu, kekuatan tangan dan rentang gerak dievaluasi sebagai metrik tambahan untuk menilai efektivitas terapi handcycling dalam rehabilitasi otot.

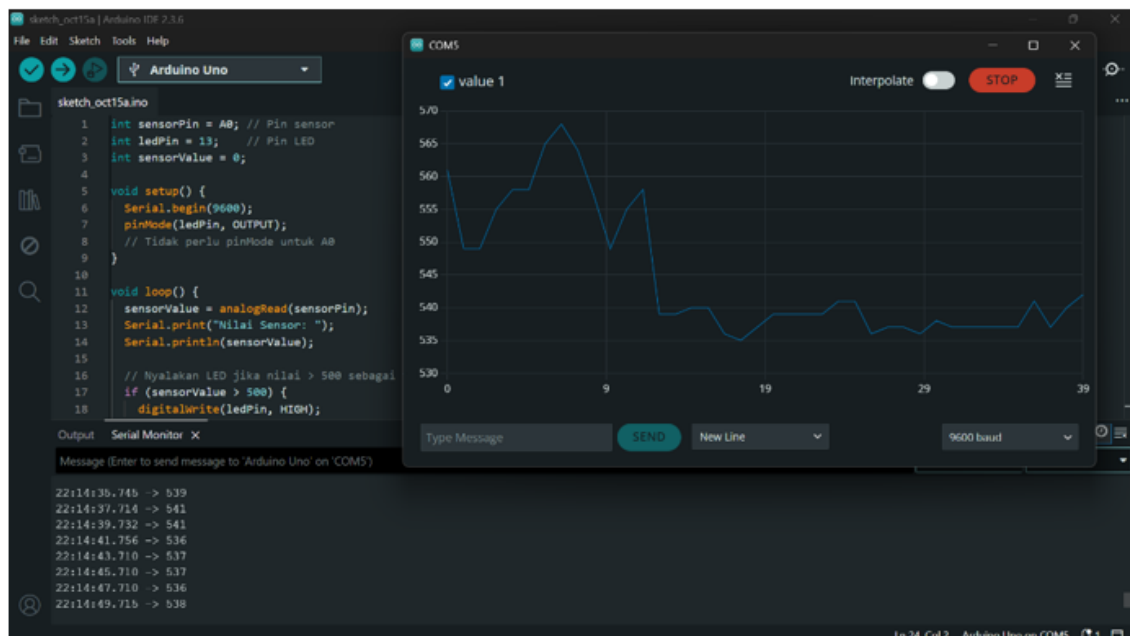
## 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan untuk memverifikasi bahwa sistem terapi stroke berbasis handcycling beroperasi sesuai dengan yang direncanakan, khususnya terkait dengan sensor elektromiografi (EMG), sensor RPM, dan mekanisme pengendalian beban. Fase pengujian ini masih bersifat awal sementara penelitian masih dalam tahap pengembangan.

### 3.1. Pengujian Sensor EMG

Sensor EMG dievaluasi untuk kemampuannya memantau aktivitas otot fleksor karpal radial secara real-time. Proses pengujian melibatkan pemasangan elektroda pada lokasi otot yang ditentukan, setelah itu pasien/peserta melakukan gerakan handcycling dengan beban minimal. Sinyal yang diperoleh ditampilkan pada monitor serial Arduino IDE. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa sensor berhasil mendeteksi variasi sinyal selama kontraksi dan relaksasi otot, sehingga memvalidasi fungsionalitasnya yang tepat.

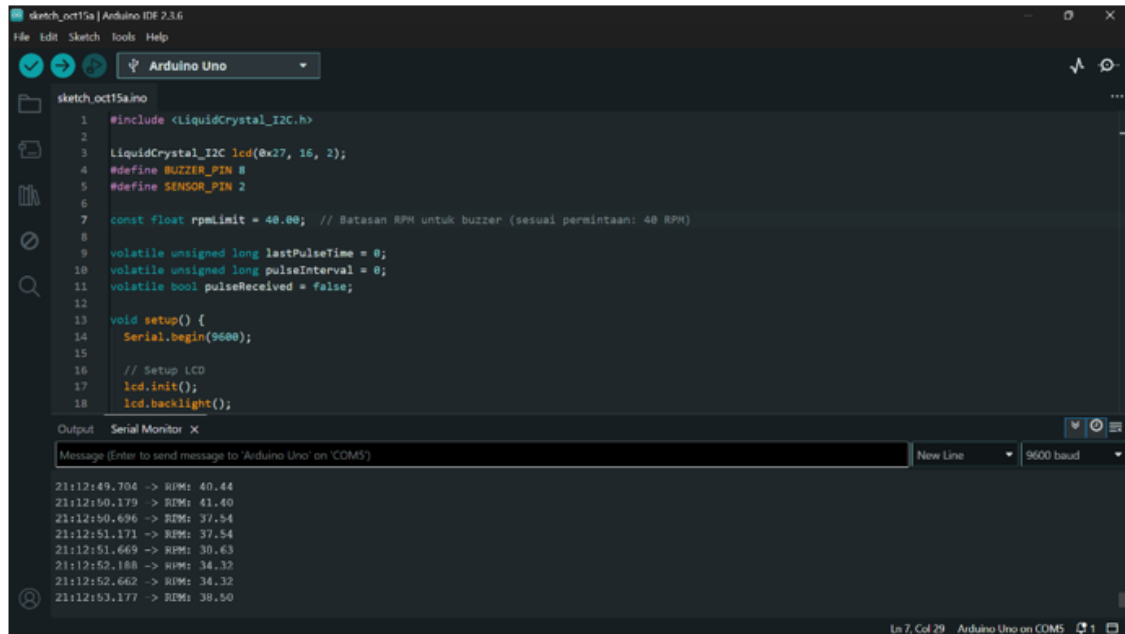
Sensor EMG dievaluasi untuk kemampuannya memantau aktivitas otot fleksor karpal radial secara real-time. Proses pengujian melibatkan pemasangan elektroda pada lokasi otot yang ditentukan, setelah itu pasien/peserta melakukan gerakan handcycling dengan beban minimal. Sinyal yang diperoleh ditampilkan pada monitor serial Arduino IDE. Hasil pengujian awal menunjukkan bahwa sensor berhasil mendeteksi variasi sinyal selama kontraksi dan relaksasi otot, sehingga memvalidasi fungsionalitasnya yang tepat.



Gambar 3.1 Hasil Pengujian Awal Sensor EMG pada Arduino IDE

### 3.2. Pengujian Sensor RPM

Sensor RPM berfungsi untuk mencatat jumlah putaran pedal dalam periode waktu tertentu. Uji dilakukan dengan memutar pedal secara manual pada kecepatan rendah hingga sedang. Data RPM ditampilkan pada monitor serial, dan hasil menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi setiap putaran dengan baik tanpa kehilangan informasi.



```

1 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
2
3 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
4 #define BUZZER_PIN 8
5 #define SENSOR_PIN 2
6
7 const float rpmLimit = 40.00; // Batasan RPM untuk buzzer (sesuai permintaan: 40 RPM)
8
9 volatile unsigned long lastPulseTime = 0;
10 volatile unsigned long pulseInterval = 0;
11 volatile bool pulseReceived = false;
12
13 void setup() {
14   Serial.begin(9600);
15
16   // Setup LCD
17   lcd.init();
18   lcd.backlight();
19 }
20
21 void loop() {
22   // Read sensor pin
23   int sensorPinValue = digitalRead(SENSOR_PIN);
24
25   // Check if a pulse is received
26   if (sensorPinValue == HIGH) {
27     pulseReceived = true;
28     pulseInterval = lastPulseTime;
29     lastPulseTime = millis();
30
31     // Calculate RPM
32     float rpm = 60.0 / ((millis() - lastPulseTime) / 1000.0);
33
34     // Print RPM to serial monitor
35     Serial.print("RPM: ");
36     Serial.println(rpm);
37
38     // Check if RPM is above the limit
39     if (rpm > rpmLimit) {
40       digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
41     } else {
42       digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
43     }
44   }
45 }
  
```

Serial Monitor Output:

```

21:12:49.704 -> RPM: 40.44
21:12:50.179 -> RPM: 41.40
21:12:50.696 -> RPM: 37.54
21:12:51.171 -> RPM: 37.54
21:12:51.669 -> RPM: 30.63
21:12:52.188 -> RPM: 34.32
21:12:52.662 -> RPM: 34.32
21:12:53.177 -> RPM: 38.50
  
```

Gambar 3.2. Hasil Pengujian Awal Sensor RPM pada Arduino IDE

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan kesimpulan awal yang diperoleh dari serangkaian uji coba yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perangkat terapi stroke berbasis handcycling dan sensor EMG telah diuji fungsional. Sensor-sensor tersebut mampu menjalankan fungsi masing-masing, mekanisme beban dapat beroperasi, dan sistem dapat menampilkan data secara real-time. Yang dimana belum terdapat hasil data dan pembahasan mengenai data yang sedang di uji, hanya dalam uji fungsional saja. Dengan demikian, hal ini menunjukkan bahwa prototipe perangkat dapat digunakan dalam pengumpulan data selanjutnya pada subjek uji dan pengujian ini masih berada pada tahap awal dan masih dalam proses pengembangan.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada dosen pembimbing, rekan-rekan di Program Studi Teknik Biomedis Universitas Telkom Purwokerto, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, dan bantuan selama proses perancangan dan pengembangan alat terapi stroke berbasis handcycling ini.

## Referensi

- [1] Tim Medis Siloam Hospital, "Siloam hospitals," Gejala & Penyakit Stroke, 2 Oktober 2024. [Online]. Available: <https://www.siloamhospitals.com/informasi-siloam/gejala-dan-penyakit/stroke>. [Diakses 29 April 2025].
- [2] dr.Raehana, "Alomedika Khusus Untuk Dokter," Epidemiologi Stroke, 25 Agustus 2022. [Online]. Available: <https://www.alomedika.com/penyakit/neurologi/stroke/epidemiologi>. [Diakses 29 April 2025].

- [3] Murtafiqoh Hasanah, Abdul Gofir, Ismail Setyopranoto, "Neurorehabilitasi motorik," *Berkala Neurosains*, vol. 18, no. 2, pp. 53-54, 2019.
- [4] unairnews, "Analisis Kompleksitas Sinyal Elektromiografi Berbasis Entropi Selama Fleksi Otot," Universitas Airlangga, 17 juli 2024. [Online]. Available: <https://unair.ac.id/analisis-kompleksitas-sinyal-elektromiografi-berbasis-entropi-selama-fleksi-otot-flexor-carpi-radialis-dalam-kondisi-beban-bervariasi/>. [Diakses 29 April 2025].
- [5] Said Ryan Syareza,, Remilla Oktiasari2, Putri Madona, Elva Susianti , Muzni Sahar, "Alat Bantu Terapi Pasca Stroke Untuk Tangan," *Jurnal Politeknik Caltex Riau*, vol. 4, no. 1, p. 28, 2018.
- [6] -, "Manfaat Fisioterapi untuk Pemulihan Pasca-Stroke," klinik Fisioterapi NK Health, 6 Januari 2025. [Online]. Available: <https://www.nkhealth.fit/manfaat-fisioterapi-untukpemulihan-pasca-stroke/>. [Diakses 29 April 2025].
- [7] M. B. S. P. B. d. Daniel Bonilla, "Progressive Rehabilitation Based on EMG Gesture Classification and an MPC-Driven Exoskeleton," *bioengineering*, vol. 10, no. 770, pp. 1-2, 2023.
- [8] AnaMandeljc, Aleksander Rajhard, Marko Munih and Roman Kamnik, "Robotic Device," *applied sciences*, vol. 12, no. 1092, pp. 1-2, 2022.
- [9] Archana Bharti, Gandhi Karunanithi Balaji, Sahana Agrahara, "Effect of Early Bedside Arm and Leg Cycle Ergometry on Sitting and Standing ability in Hospitalized acute Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial," *Neurology India, Neurological Society of India | Published by Wolters Kluwer - Medknow*, vol. 70, no. 5, p. 2068, 2022.
- [10] Sisi Feng, Mingzhi Tang, Gan Huang, JuMei Wang, Sijin He, Duo Liu and LiHua Gu, "EMG biofeedback combined with rehabilitation training may be the best physical therapy for improving upper limb motor function and relieving pain in patients with the post stroke shoulder-hand syndrome : A Bayesian network mate-analysis," *Frontiers in Neurology*, Vol. %1 dari %2-, no. -, p. 10, 2023.
- [11] Katherine M. Steele, Christina Papazian and Heather A. Feldner, "Muscle Activity After Stroke: Perspectives on Deploying Surface Electromyography in Acute Care," *Frontiers in Neurology*, Vol. %1 dari %2-, no. --, pp. 1-2, 2020.
- [12] Jitka Veldema and Petra Jansen, "Resistance training in stroke rehabilitation: systematic review and meta-analysis," *Clinical Rehabilitaion*, Vol. %1 dari %2-, no. -, pp. 16-20, 2020.