

Rancang Bangun Alat Terapi Pada Sendi Lutut Berbasis *Continuous Passive Motion* (CPM)

Muhammad Sainal Abidin¹, Rio Mahatma Gandhi²

^{1,2}Program Studi D-III Teknologi Elektro-Medis, Universitas Mandala Waluya
^{1,2}Jl. Jend. A.H. Nasution No. G-37, kelurahan Kambu, Kota Kendari, Kode Pos 93231

¹Corresponding author: sainalxp2@gmail.com

Abstrak

Salah satu penyebab nyeri lutut antara lain pada orang dewasa bisa dikarenakan adanya trauma seperti terjatuh, keseleo, penyakit, cedera pada waktu olahraga baik yang disadari ataupun tidak serta kecelakaan. Hampir semua kecelakaan atau cedera serius perlu diikuti dengan tindakan terapi. Akibat dari kecelakaan, yaitu pengendara bisa mengalami cedera patah tulang (fraktur). Untuk mengatasi masalah dari kasus cedera lutut yaitu dilakukan dengan fisioterapi, guna untuk mengembalikan fungsi lutut seperti semula dengan cara menggunakan alat terapi bantu gerak yaitu *Continuous Passive Motion* (CPM). Rancangan alat terapi CPM ini dilengkapi dengan fitur *emergency* sebagai tombol yang digunakan untuk menghentikan proses terapi saat terjadi nyeri pada pasien. Alat ini menggunakan motor *stepper* nema 23 sebagai penggerak bantalan alat dengan driver motor TB6600 sebagai pengatur pulsa pergerakan pada motor *stepper*. Pergerakan dari bantalan alat mampu membentuk sudut kemiringan 45, 70, dan 95 derajat. Rancangan ini dilakukan pada bulan Oktober 2022 sampai dengan Februari 2023 di Workshop Program Studi Teknologi Elektro-Medis Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Mandala Waluya. Mikrokontroler IC ATmega328 membutuhkan catu daya sebesar 5V DC untuk bekerja dan mengontrol semua sistem yang saling terhubung antara satu sama lain, berupa LCD 16x2 sebagai output berupa data timer dan sudut yang ditampilkan, driver motor TB6600 dan motor stepper nema 23. Untuk driver motor TB6600 dan motor stepper membutuhkan catu daya sebesar 9-40 V untuk dapat menggerakkan bantalan alat. Dalam penelitian ini ditambahkan *push button* untuk memilih settingan dan tombol *emergency* sebagai tombol yang berfungsi untuk menghentikan proses terapi secara tiba-tiba. Alat ini masih menggunakan bahan di bagian bodi yang terbuat dari plat yang cukup berat, maka saran pengembangan selanjutnya untuk memilih bahan yang lebih ringan, motor yang digunakan pada alat ini suara yang dihasilkan sangat bising dan beban yang mampu digerakkan maksimal 18kg, sehingga untuk pengembangan selanjutnya dapat mengganti motor dengan suara yang lebih *smooth* dan beban angkat yang lebih berat.

Kata Kunci— ATmega328, Stepper Nema 23, TB6600, Fraktur, *Continuous Passive Motion* (CPM)

Design of a Therapeutic Tool for Knee Joints Based on Continuous Passive Motion (CPM)

Abstract

One of the causes of knee pain in adults can occur due to trauma such as falls, sprains, illness, injuries during sports whether conscious or not, and accidents. Almost all serious accidents or injuries require treatment. As a result of an accident, the driver can experience a fracture injury. To solve the problem of knee injury cases, physiotherapy is done, in order to restore knee function as before by using a motion assistive therapy tool, namely Continuous Passive Motion (CPM). This CPM therapy tool design is equipped with an emergency feature as a button used to stop the therapy process when pain occurs in the patient. This tool uses a nema 23 stepper motor as a tool bearing drive with a TB6600 motor driver as a movement pulse regulator on the stepper motor. The movement of the tool bearing is able to form a tilt angle of 45, 70, and 95 degrees. This design was carried out from October 2022 to February 2023 at the Workshop of the Electro-Medical Technology Study Program, Faculty of Science and Technology, Mandala Waluya University. The IC ATmega328 microcontroller requires a 5V DC power supply to work and control all systems that are connected to each other, in the form of a 16x2 LCD as an output in the form of timer data and displayed angles, TB6600 motor drivers and nema 23 stepper motors. For TB6600 motor drivers and stepper motors require a power supply of 9-40 V to be able to move the tool bearings. In this study, a push button is added to select settings and an emergency button as a button that functions to stop the therapy process suddenly. This tool still uses materials in the body made of plates that are quite heavy, so the next development suggestion is to choose lighter materials, the motor used in this tool the sound produced is very noisy and the load that can be moved is a maximum of 18kg, so for further development can replace the motor with a smoother sound and a heavier lifting load.

Keywords : ATmega328, Stepper Nema 23, TB6600, Fracture, *Continuous Passive Motion* (CPM)

I. PENDAHULUAN

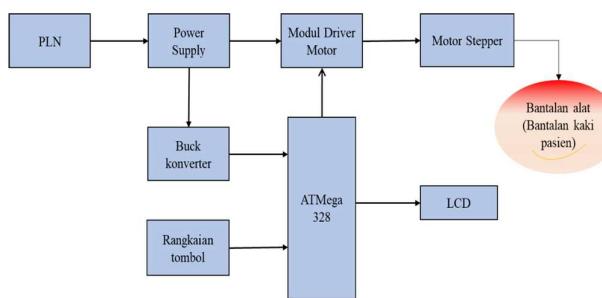
Salah satu penyebab nyeri lutut antara lain pada orang dewasa bisa dikarenakan adanya trauma seperti terjatuh, keseleo, atau cedera pada waktu olahraga baik yang disadari ataupun tidak [1]. Cedera lutut mengakibatkan terjadinya penurunan pada sendi lutut, oleh karena itu, mereka memerlukan latihan untuk menggerakkan bagian-bagian tubuhnya, antara lain pada bagian bahu, lutut, pergelangan, jari, tunkai, dan lain-lain [2]. Penyebab kelainan yang dapat terjadi pada sendi lutut juga dapat disebabkan oleh penyakit seperti infeksi lutut, asam urat dan stroke, dan yang paling banyak terjadi adalah yang disebabkan oleh kecelakaan. Hampir semua kecelakaan atau cedera serius perlu diikuti dengan tindakan terapi. Meningkatnya perkembangan industri dan transportasi menyebabkan melonjaknya aktivitas dan mobilitas pada pengguna kendaraan bermotor. Berdasarkan data dari *World Health Organization* (WHO) kecelakaan lalu lintas jalan menembus angka sekitar 1,35 juta mengalami kematian dan menyebabkan cedera non-fatal antara 20 – 50 juta orang setiap tahun di seluruh dunia. Data yang tertera pada Riskesdas tahun 2018, cedera yang disebabkan oleh kecelakaan sepeda motor mencapai 72% yang dialami oleh pengendara dan 19,2% dialami oleh penumpang. Pada tahun yang sama, data kecelakaan bermotor yang mengalami cedera alat gerak bawah mencapai angka 67,9%. Salah satu tahapan yang diperlukan dalam upaya rehabilitasi pasien penderita fraktur pada sendi lutut adalah terapi mandiri yang dipandu oleh ahli fisioterapi. Terapi mandiri dilakukan dengan cara menggerakkan persendian lutut secara pasif dan bertahap.

Pada penelitian ini memanfaatkan terapi dengan menggerakkan bagian tubuh sebagai alat bantu gerak, khususnya terapi untuk pergerakan kaki (paha dan betis) dan sendi lutut pasca operasi, cedera patah tulang atau yang disebabkan oleh penyakit, yang belum bisa digerakkan tanpa alat bantu. Penelitian serupa telah dilakukan oleh Rifal Purnama pada tahun 2020, namun pada penelitian tersebut alat yang dibuat hanya dikhususkan untuk terapi sendi penyakit stroke yang membutuhkan pergerakan secara terus menerus, dengan sistem kerja alat berputar 360° secara terus menerus [3]. Alat terapi Continuous Passive Motion (CPM) digunakan pada fase awal rehabilitasi atau masa awal pasca operasi bedah [4]. Alat terapi CPM menggerakkan sendi secara terus-menerus dan berulang-ulang pada jarak yang terkontrol. Penggunaan alat CPM setiap hari dapat meningkatkan volume pergerakan sendi yang awalnya terbatas dan digunakan untuk mencegah efek negatif pada sendi. Penggunaan alat terapi CPM tidak hanya digunakan pada penderita fraktur, akan tetapi dapat digunakan oleh penderita kelainan sendi lutut yang disebabkan oleh penyakit yang dapat mengganggu kinerja sendi lutut. Terapi sendi lutut akibat cedera dapat juga dilakukan menggunakan alat terapi infrared [5]. Namun terapi lutut menggunakan infrared pada lutut yang cedera (patah tulang dan terdapat sobekan) tidak begitu efektif, dikarenakan sistem kerja infrared hanya menghangatkan otot agar nyeri yang dialami

dapat berkurang. Namun secara fisiologis, sendi lutut dalam proses terapi harus disertai gerakan sehingga diharapkan lutut tidak mengalami kekakuan [6]. Oleh karena itu alat terapi CPM adalah alat yang baik digunakan dalam proses terapi sendi lutut, karena dengan sistem kerja bergerak terus-menerus dan berulang-ulang dan dapat mengurangi nyeri yang dirasakan oleh pasien.

II. METODE

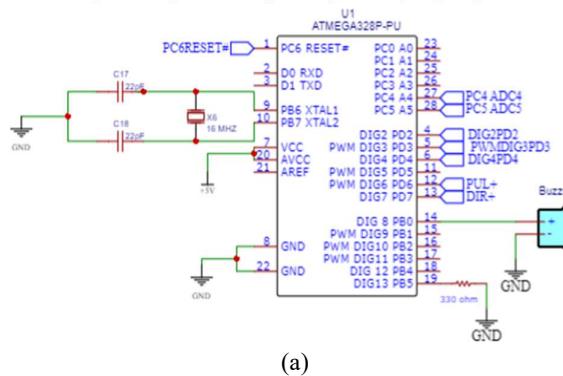
Pembuatan alat pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap mulai dari perancangan desain hingga pembuatan *hardware* dan *software*. Perancangan diawali dengan pembuatan blok diagram (Gambar 1) yang merupakan dasar dalam menentukan jalur *input*, proses dan *output* dari alat.



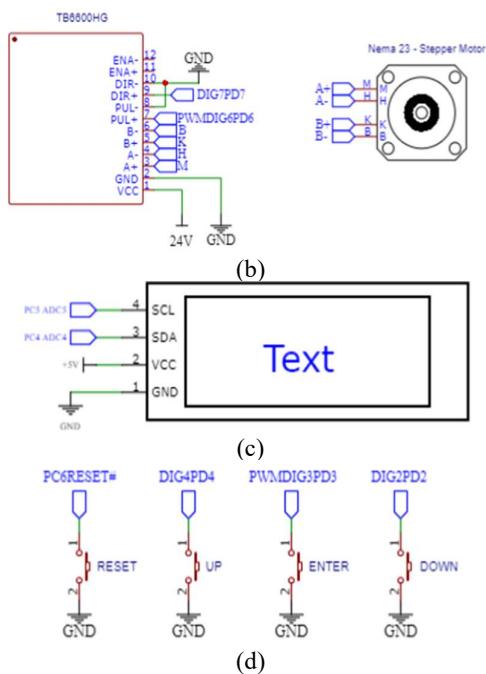
Gambar 1 Blok Diagram

Sumber tegangan alat bersumber dari Listrik PLN 220V AC yang kemudian diubah menjadi tegangan DC oleh *power supply*. Tegangan dari *power supply* akan digunakan untuk mengerakkan motor stepper sistem elektronika seperti mikrokontroler dan LCD yang sebelumnya telah diturunkan nilainya menggunakan modul *Buck Converter* [7].

Dari blok diagram ini kemudian dilanjutkan dengan merancang skematik rangkaian (Gambar 2) yang menjadi dasar dalam menghubungkan setiap komponen yang digunakan.

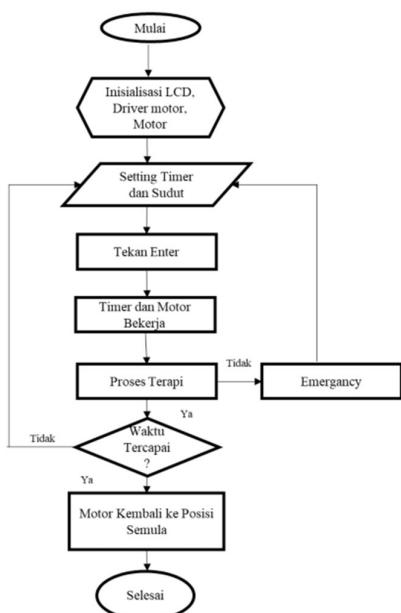


(a)



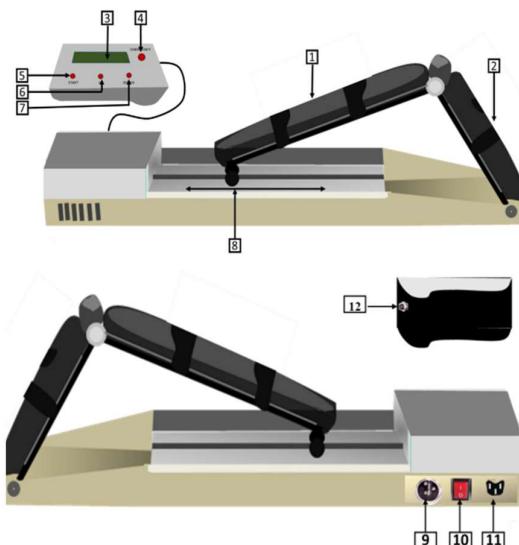
Gambar 2 Skematic Rangkaian (a) Sistem Minimum, (b) Motor Stepper, (c) LCD, (d) Tombol

Untuk dapat menjalankan fungsi secara otomatis, maka mikrokontroler diisi dengan program yang dibuat berdasarkan diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini :



Gambar 3 Diagram Alir

Sistem elektronika yang telah dibuat kemudian ditempatkan pada sistem mekanik agar setiap komponen dapat berkerja sesuai dengan perancangan alat yang terlihat pada Gambar 4.



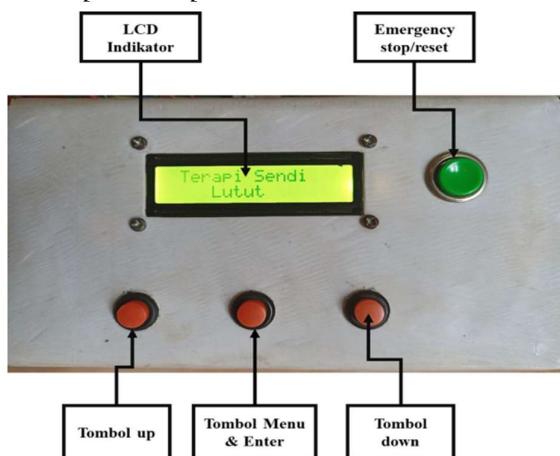
Gambar 4 Desain mekanik

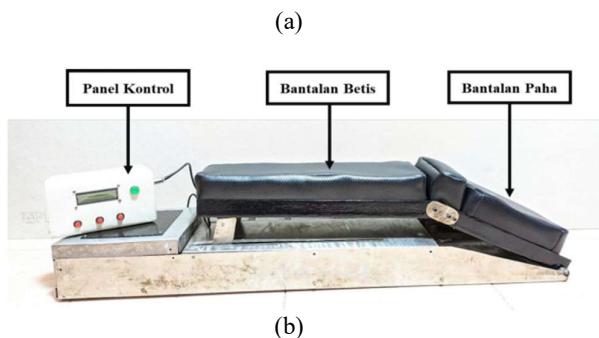
Keterangan:

1. Bantalan Betis
2. Bantalan Paha
3. LCD 16 X 2
4. Tombol Emergency
5. Tombol Up
6. Tombol Enter/Menu
7. Tombol Down
8. Poros Pergerakan Bantalan
9. Konektor Panel Control
10. Saklar On/Off
11. Konektor jala-jala PLN
12. Konektor ke bodi alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat terapi cidera kaki dengan metode CPM ini merupakan alat yang dapat melatih pergerakan kaki yang cidera pada persendian lutut. Alat ini mampu melatih pergerakan sendi lutut dengan sudut dan waktu yang dapat diatur. Bentuk alat ini hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.





Gambar 5 Bentuk Fisika Alat, (a) Kontroler, (b) Sistem Mekanik

Alat yang telah dihasilkan kemudian dilakukan uji coba fungsi untuk memastikan apakah alat telah sesuai dengan perancangan. Uji coba yang dilakukan dengan mengukur sudut yang dibentuk oleh sistem mekanik dalam menggerakkan persendian lutut seperti pada Gambar 6 berikut ini :



Gambar 6 Pengujian Setting dan Pengukuran Sudut Bantalan

Dari hasil pengujian untuk beberapa pengaturan sudut diperoleh data yang telihat pada Tabel 1

Tabel 1 Pengukuran Sudut

No.	Pengaturan sudut	Busur derajat	Selesih
1	45°	47°	2°
2	75°	73°	2°
3	95°	98°	3°

Selain pengukuran sudut, dilakukan pulan pengujian kesesuaian pewaktu pada alat. Peawktu ini berfungsi untuk mematikan alat secara otomatis sesuai dengan waktu terapi yang telah diatur. Hasil pengujian kesesuaian pewaktu dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2 Pengukuran Pewaktu

No	Setting waktu	Sudut	Waktu Terukur (menit)		Selisih
			Alat	Stopwatch	
1.	5 menit	45°	00 : 04	00 : 04	0
		70°	00 : 00	00 : 00	0
		95°	00 : 06	00 : 05	1
2.	10 menit	45°	00 : 07	00 : 07	0
		70°	00 : 15	00 : 15	0
		95°	00 : 12	00 : 12	0
3.	15 Menit	45°	00 : 11	00 : 11	0
		70°	00 : 02	00 : 02	0
		95°	00 : 17	00 : 17	0

Dari data yang telah diperoleh masih terdapat error baik pada pengukuran sudut dan timer waktu terapi. Pada pengaturan sudut eror yang terjadi diakibatkan oleh sistem mekanik yang tidak begitu presisi seperti pada baut dan engsel persambungan yang menyebabkan pergerakan antara putaran motor servo dan engsel tidak begitu akurat. Sedangkan untuk pengaturan timer waktu terapi sangat bergantung pada akurasi *clock crystal* pada sistem minimum yang digunakan sehingga terdapat perbedaan terhadap *timer* pada *smartphone*.

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan proses perancangan, pembuatan dan pengujian alat dan pengambilan data pada alat ini maka, penulis dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat ini didesain dengan bentuk bantalan yang pergerakannya sesuai dengan pergerakan sendi lutut dengan sudut maksimal yang dapat di peroleh yaitu 95°
2. Untuk menentukan sudut bantalan dapat dilakukan dengan menghitung banyaknya putaran motor stepper $1 \times 360^\circ$ secara berulang hingga terbentuk sudut yang akan diatur.
3. Dalam merancang system mekanik CPM menggunakan supply tegangan 24V DC, yang menggunakan motor stepper yang memiliki pergerakan 2 fasa (bolak - balik) sebagai penggerak bantalan dengan menghitung putaran motor $1 \times 360^\circ$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Yayasan Mandala Waluya Kendari yang telah mendanai penelitian ini melalui seleksi yang dilakukan oleh LPPM Universitas Mandala Waluya.

REFERENSI

- [1] Asiva Noor Rachmayani, “Aplikasi Pendiagnosa Cedera lutut dan saran fisioterainya bebasis sistem pakar,” vol. 12323, no. 1, hal. 6, 2021.
- [2] M. F. Rohim dan W. Kushartanti, “Efektivitas manipilasi ‘Topurak’ Untuk Penyembuhan Cedera Sendi Lutut,” *Medikora*, vol. XVI, no. 1, hal. 57–75, 2017, [Daring]. Tersedia pada: <https://journal.uny.ac.id/index.php/medikora/article/view/23483>
- [3] T. U. Urbach dan W. Wildian, “Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Temperatur Pemanasan Zat Cair Menggunakan Sensor Inframerah MLX90614,” *J. Fis. Unand*, vol. 8, no. 3, hal. 273–280, 2019, doi: 10.25077/jfu.8.3.273-280.2019.
- [4] W. R. A. Nugroho dkk., “Perancangan Portable Continuous Passive Motion (CPM) sebagai Alat Bantu Rehabilitasi Fraktur Lutut Pasca Operasi Berbasis Internet of Things (IoT),” *Elektrika*, vol. 14, no. 1, hal. 14, 2022, doi: 10.26623/elektrika.v14i1.4078.
- [5] Cica Trimandasari, Prasetyo Catur Utomo, dan Muh Syaiful Akbar, “Pengaruh Penggunaan *Knee Decker* Terhadap Nyeri Lutut Pada Pengayuh Becak Di Pasar Klewer,” *J. Keterapien Fis.*, vol. 3, no. 1, hal. 1–57, 2018.
- [6] M. Yanuar Rifa dan T. Prahasto, “Pengembangan Perancangan Alat Terapi Sendi Lutut Continuous Passive Motion Untuk Pasien Pasca Operasi, Penyakit Tulang Dan Faktor Usia,” *J. Tek. Mesin S-I*, vol. 11, no. 3, hal. 442–449, 2023.
- [7] R. Ananda dan W. Handoko, “Penggunaan rangkaian booster converter dan ic-tp4056 Untuk lampu jalan murah,” *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 7, no. 1, hal. 9–14, 2020.