

Peralatan Bantu Rehabilitasi Pasien Fraktur Siku Yang Berbasiskan AI dan IoT Guna Peningkatkan Kualitas Terapi

Agus Sofwan dan Budi Santoso

Program Studi Magister Teknik Elektro, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, Indonesia

Email: asofwan@istn.ac.id dan bsantoso24@gmail.com

Abstrak

Kesehatan bagian terpenting dalam kehidupan seorang pasien penderita fraktur atau patah tulang, namun berbagai upaya dapat dilakukan dalam rehabilitasi penderita tulang tersebut. Tahapan rehabilitasi yang umumnya dilalui oleh pasien penderita pada sendi paska operasi adalah terapi menggerakkan persendian yang dipandu oleh ahli fisioterapi. Rehabilitasi ini dilakukan dengan cara menggerakkan persendian pasien, baik secara aktif maupun pasif. Pada saat menjalani terapi ini diharapkan persediaan pasien yang mengalami cedera akan terhindar kekakuan, sehingga proses penyembuhan akan berlangsung lebih cepat. Dengan Kemajuan teknologi di bidang Teknik elektro, Khususnya teknik Robotika saat ini sangat memungkinkan dibuat alat bantu otomatis sejenis robot yang dapat membantu pasien penderita fraktur tersebut terutama pada sendi untuk melakukan gerakan terapi secara pasif. Peralatan ini bisanya dikenal dengan nama Continuous Passive Motion (CPM). Peralatan bantu terapi persendian Continuous Passive Motion (CPM) yang ada saat ini belum mempunyai teknologi yang berbasiskan Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI). Untuk meningkatkan efektifitas dan kualitas terapi persendian maka perlu dikembangkan Continuous Passive Motion (CPM) yang berbasiskan dengan teknologi IoT dan AI. Dari hasil analisa data pengujian kecepatan motor dan posisi sudut terdapat error sebesar 2% pada kecepatan motor dan 1,5% pada sudut pengaturan posisi penyangga lengan tangan pada mesin CPM ini.

Kata kunci: Fraktur, Terapi, CPM, IoT, AI

Abstract

Health is the most important part of a patient's life with fractures or fractures, but various efforts can be made in the rehabilitation of the bone sufferer. The rehabilitation stage that is generally passed by patients with postoperative joints is joint movement therapy guided by a physiotherapist. This rehabilitation is carried out by moving the patient's joints, both actively and passively. When undergoing this therapy, it is hoped that the preparation of patients who experience injuries will avoid stiffness, so that the healing process will take place faster. With technological advances in the field of electrical engineering, especially Robotics engineering, it is currently very possible to make automatic aids such as robots that can help patients with fractures, especially in the joints, to perform passive therapeutic movements. This equipment can be known as Continuous Passive Motion (CPM). The existing Continuous Passive Motion (CPM) joint therapy equipment does not have technology that is based on the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI). To improve the effectiveness and quality of joint therapy, it is necessary to develop Continuous Passive Motion (CPM) based on IoT and AI technology. From the results of the analysis of the motor speed and angular position test data, there was an error of 2% in the speed of the motor and 1.5% in the angle of adjusting the position of the arm support on this CPM machine.

Keywords: Fracture, Therapy, CPM, IoT, AI

I. PENDAHULUAN

Peningkatan mobilitas masyarakat saat ini sering menimbulkan berbagai macam dampak yang ditimbulkan. Dampak yang sering terjadi berupa meningkatnya kecelakaan di jalan raya. Berdasarkan data dari Korp Lalu Lintas POLRI sejak awal tahun hingga Agustus 2022 telah terjadi kecelakaan sebanyak 6.707 kejadian dengan korban meninggal 425, korban luka berat hampir mencapai ribuan dan demikian pula

yang luka ringan dan terus meningkat jumlahnya. Dengan meningkatnya angka kecelakaan tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak pasien yang perlu perawatan akibat kecelakaan tersebut. Cidera yang banyak dirasakan pasien adalah cidera tulang, terutama yang paling rawan pada kecelakaan tersebut adalah patah tulang (fraktur) pada persendian. Yakni terputusnya hubungan atau kesatuan jaringan tulang. Kondisi ini dapat meliputi retakan kecil pada tulang hingga patah total.

Beberapa gejala yang dirasakan pasien pada saat mengalami fraktur adalah :

1. Rasa nyeri di area tulang yang patah,
2. Bergesernya beberapa bagian tulang pada posisinya,
3. Pembengkakan atau memar pada area sekitar fraktur,
4. Mengalami mati rasa dan kesemutan,
5. Mengalami kesulitan bergerak pada anggota tubuh.
6. Panas dan demam pada tubuh lainnya sebagai dampak yang ditimbulkan.

Penanganan pasien fraktur dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu sebagai :

1. Mobilisasi dengan mempertahankan posisi tulang selama masa penyembuhan,
2. Imobilisasi dengan pemasangan pin atau skrup pada area tulang yang mengalami fraktur, dan
3. Reposisi dengan mengembalikan posisi tulang yang mengalami fraktur ke posisi semula.

Dampak yang akan disebabkan dari akibat penanganan tersebut adalah terhambatnya mobilitas fisik yang biasa disebut dengan penurunan lingkup gerak sendi. Untuk mempercepat gerak persendian perlu dilakukan terapi. Terapi adalah pemulihan kesehatan seseorang karena suatu penyakit akibat cedera, yang berfungsi untuk mengembalikan fungsi tubuh seperti semula. Prinsip kerja alat terapi yaitu ada yang memancarkan sinar, memancarkan frekuensi tinggi dan menggerakkan bagian tubuh sebagai alat bantu melatih bergerak [2].

Pada tulisan paper ini, akan memanfaatkan terapi dengan menggerakkan bagian tubuh sebagai alat bantu melatih bergerak, khususnya terapi untuk pergerakan tangan dan sendi siku pada orang pasca cedera patah tulang [4]. Proses penyembuhan cedera patah tulang harus melewati masa rehabilitasi. Pemulihan berbagai gerak sendi setelah operasi atau trauma tergantung pada rehabilitasi. Keterlambatan rehabilitasi selanjutnya dapat mengakibatkan fungsi sendi yang buruk imobilitas. Rehabilitasi melibatkan terapi dari sendi menggunakan latihan aktif untuk mengembalikan kekuatan dan gerakan pasif untuk mengembalikan mobilitas. Gerakan pasif dapat dibantu oleh fisioterapi yaitu Continuous Passive Motion (CPM)[4]. CPM adalah gerakan pasif yang terus menerus berfungsi melatih kinerja lengan dan siku, CPM efektif dalam pemulihan kekakuan gerakan penuh yang diterapkan setelah operasi dan pemulihan sakit stroke[1].

Kehilangan atau berkurangnya gerakan di lengan dapat mengurangi kualitas hidup seseorang, untuk memulihkan kemampuan gerak para pasien awalnya di arahkan untuk mendapatkan perawatan non bedah seperti olahraga atau fisioterapi [2].

Peralatan Continuous Passive Motion (CPM) biasanya digunakan selama fase awal dari rehabilitasi , setelah bedah atau trauma pada persendian. Alat CPM menggerakkan sendi secara terus menerus dan berulang-ulang terkontrol sesuai dengan rekomendasi dari dokter.

Dengan adanya pembatasan gerak pada tubuh mengakibatkan paska bedah atau trauma persendian, sehingga membuat pasien menjadi takut dan enggan

menggerakkan bagian persendian yang mengalami cedera atau melakukan terapi secara mandiri. Oleh karena itu perlu dikembangkan peralatan Continuous Passive Motion (CPM) yang berbasis IoT dan AI sebagai solusi dari permasalahan tersebut.

Dengan menggunakan Continuous Passive Motion (CPM) yang dilengkapi dengan kecanggihan IoT dan AI yang bekerja secara otomatis berbasis microcomputer dengan menggunakan Raspberry Pi.

II. TIJAUAN PUSTAKA

A. Continuous Passive Motion (CPM)

Terapi latihan merupakan suatu modalitas fisioterapi dengan menggerakkan persendian baik secara aktif maupun pasif. Terapi latihan bertujuan untuk meningkatkan lingkup gerak sendi dan dapat memperkuat otot-otot. Otot-otot dapat diperbaiki dengan terapi latihan yang dilakukan secara rutin dan berulang [5]. Hasil yang optimal akan diperoleh saat pasien melanjutkan terapi secara mandiri sesuai saran dokter atau ahli fisioterapi dengan menggunakan alat bantu fisioterapi.

Proses penyembuhan cedera patah tulang harus melewati masa rehabilitasi. Pemulihan berbagai gerak sendi setelah operasi atau trauma tergantung pada rehabilitasi. Keterlambatan rehabilitasi selanjutnya dapat mengakibatkan fungsi sendi yang buruk atau imobilitas. Rehabilitasi melibatkan terapi dari sendi menggunakan latihan aktif untuk mengembalikan kekuatan dan gerakan pasif untuk mengembalikan mobilitas. Gerakan pasif dapat dibantu oleh fisioteraphy yaitu Continuous Passive Motion (CPM).[18] CPM adalah gerakan pasif yang terus menerus berfungsi melatih kinerja lengan dan siku. CPM efektif dalam pemulihankekakuan gerakan penuh yang diterapkan setelah operasi. [19]

B. Mikrokomputer

Mikrokomputer adalah interkoneksi antara mikroprosesor (CPU) dengan memori utama (main memory) dan antarmuka input-output (I/O devices) yang dilakukan dengan menggunakan sistim interkoneksi bus. Mikrokomputer dapat dikatakan pula sebagai sebuah mikroprosesor (CPU) dengan ditambahkan unit memori serta sistem I/O. Ciri utama sistem mikrokomputer adalah hubungan yang berbentuk bus. Bus menunjukkan hubungan antara komponen-komponen secara elektris. Bus meneruskan data, alamat-alamat (address) atau sinyal pengontrol.

Salah satu mikrokomputer yang ada saat ini adalah Raspberry Pi, yang merupakan sebuah Single Board Computer (SBC) seukuran kartu kredit yang dapat Anda hubungkan dengan mouse, keyboard, dan monitor untuk difungsikan sebagai PC desktop. Selain berfungsi sebagai mini PC, Raspberry Pi bisa digunakan sebagai development board juga, sehingga Anda dapat menambahkan berbagai komponen I/O pada pin GPIO Raspberry Pi. Di sisi lain, Raspberry Pi juga menggunakan sistem operasi berbasis Linux, dengan

sistem operasi ini pengembang dapat bebas bereksperimen dengan kehandalan sistem operasi Linux.



Gambar 2.1 Raspberry Pi

Gambar 2.1 menunjukkan gambaran nyata raspberry pi yang mempunyai ukuran sebesar kartu kredit, namun modul ini mempunyai kemampuan yang sama dengan PC, Pada sistem Raspberry Pi memiliki bagian-bagian sebagai berikut:

1. SoC (System on Chip)
System on Chip ini terdiri dari CPU (Central Processing Unit) dan GPU (Graphic Processing Unit). CPU ini sering dianggap sebagai “otak” nya komputer. Sementara GPU digunakan untuk memproses gambar (visual).
2. RAM (Random Access Memory)
Ketika menjalankan program dengan Raspberry Pi, RAM inilah yang menyimpan apa yang sedang dilakukan. RAM bersifat volatile sehingga memori nya akan hilang jika power pada Raspberry Pi dimatikan.
3. Radio Module
Radio Module ini memiliki dua komponen utama, yaitu: WiFi Radio, untuk menghubungkan Raspberry Pi dengan jaringan wireless dan juga Bluetooth Radio, untuk menghubungkan periferal seperti mouse wireless atau mengirim dan menerima data lewat bluetooth.
4. PMIC (Power Management Integrated Circuit)
Power Management Integrated Circuit berfungsi untuk menangani mengubah daya yang masuk dari port micro USB menjadi daya yang dibutuhkan untuk menjalankan Raspberry Pi.
5. USB Port (Universal Serial Bus)
Raspberry Pi memiliki 4 USB Port, yang dapat digunakan untuk menghubungkan mouse, keyboard, flashdisk, dan lain — lain.
6. Ethernet Port
Ethernet Port atau dikenal juga dengan Network Port digunakan untuk menghubungkan Raspberry Pi dengan internet menggunakan kabel Ethernet yang disebut juga RJ45 Connector.
7. Micro SD Card
MicroSD Card ini terletak di bagian bawah raspberry Pi. Dalam MicroSD inilah kita menginstall Operating System, Software, menyimpan file dan lain — lain.
8. GPIO Header (General Purpose Input Output)
Terdapat 40 pin GPIO yang disediakan di Raspberry Pi (20 pin setiap baris). GPIO inilah yang akan

digunakan agar Raspberry Pi “dapat berhubungan” dengan Hardware lainnya seperti LED, sensor, dan lain — lain.

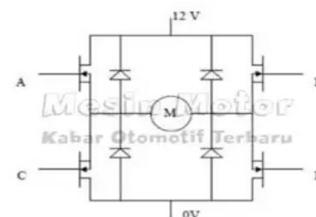
9. Display Connector
Display Connector atau disebut juga Display Serial Interface (DSI), di desain untuk dihubungkan dengan Raspberry Pi Touch Display
10. Power Input
Power input ini digunakan untuk menghubungkan Raspberry Pi dengan sumber power. Kabel yang digunakan juga serupa dengan kabel untuk charge smartphone pada umumnya.
11. HDMI (High Definition Multimedia Interface)
High Definition Multimedia Interface ini digunakan untuk display monitor sekaligus juga audio pada Raspberry Pi ini sendiri. HDMI ini dapat dihubungkan ke TV, monitor, atau proyektor.

C. Motor Driver

Motor Driver berfungsi untuk mengendalikan kecepatan putaran motor sebagai penggerak peralatan terapi lengan tangan, sehingga pergerakan lengan tangan pasien bisa diatur sesuai dengan anjuran ahli fisioterapi.

Rangkaian driver motor yang terdiri dari pengatur kecepatan putar motor dan pengatur posisi sudut putaran motor. Pada pengaturan kecepatan putar motor pulsa PWM digunakan dalam mengatur tegangan, tegangan beban diatur dengan cara mengatur duty cycle dari gelombang kotak yang disupplykan ke basis dari transistor/mosfet. Duty cycle adalah persentase besar siklus aktif didalam satu frekuensi pita tegangan (Nainggolan, Rusdinar, & Sunarya, 2015). Untuk mengukur duty cycle dapat menggunakan rumus Persamaan 1.

$$Duty\ cycle = \frac{siklus\ aktif}{siklus\ total} \times 100\% \quad (1)$$



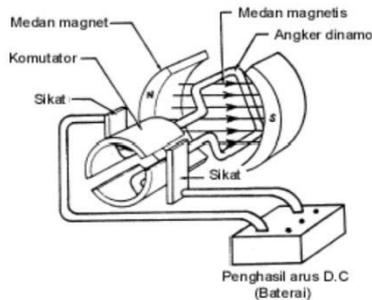
Gambar 2.2 Motor Driver

Pada gambar 2.2 merupakan skematik driver motor DC dengan menggunakan 4 buah Mosfet, dengan menggunakan motor driver ini kecepatan dan arah putaran motor dapat dikendalikan.

D. Motor DC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor

dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.

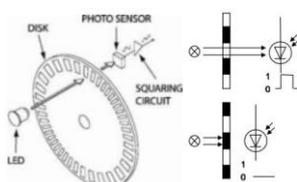


Gambar 2.3 Motor DC

Pada gambar 2.3 menunjukkan cara kerja sederhana motor DC, catu tegangan dc menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker motor. Angker (rotor) motor adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.

E. Encoder

Rotary encoder umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh rotary encoder untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. Rotary encoder tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu photo transistor diletakkan sehingga photo-transistor ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai photo-transistor melalui lubang-lubang yang ada, maka photo-transistor akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi.



Gambar 2.4 Bagan skema rotary encoder

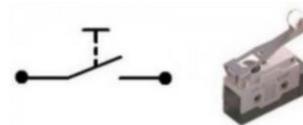
Untuk mendapatkan sudut putaran terlebih dahulu kita mesti tahu tentang resolusi. Resolusi pada encoder adalah jumlah pulsa yang dihasilkan rotary encoder dalam satu putaran penuh. Dimana jumlah pulsa yang dihasilkan dalam 1 putaran adalah sama dengan jumlah lubang pada piringan enkoder. Semakin banyak lubang pada piringan sebuah encoder maka semakin tinggi pula resolusinya.

Sehingga dari pengertian di atas, kita dapat membuat sebuah rumusan tentang perhitungan besaran sudut dari sebuah rotary encoder, sebagai berikut :

$$\text{Sudut putar } (^\circ) = \frac{\text{pulsa}}{\text{rsolusi}} (p/r)$$

F. Limit Switch

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja limit switch sama dengan saklar Push ON (model Normaly Open) , yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutuskan arus pada saat katup tidak ditekan. Limit switch termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrika saat terjadi perubahan mekanik pada sensor tersebut. Penerapan dari limit switch adalah sebagai sensor posisi suatu benda (objek) yang bergerak.



Gambar 2.5 simbol dan bentuk limit switch

Aplikasi Limit switch pada umumnya digunakan untuk :

1. Memutuskan dan menghubungkan rangkaian menggunakan objek atau benda lain.
2. Sebagai sensor posisi atau kondisi suatu objek.

Prinsip kerja limit switch diaktifkan dengan penekanan pada tombolnya pada batas / daerah yang telah ditentukan sebelumnya sehingga terjadi pemutusan atau penghubungan rangkaian tersebut. Limit switch memiliki 2 kontak yaitu NO (normaly Open) dan kotek NC (Normaly Close) dimana salah satu kontak akan aktif jika tombolnya tertekan.

G. Microphone

Microphone adalah suatu alat atau komponen Elektronika yang dapat mengubah atau mengkonversikan energi akustik (gelombang suara) ke energi listrik (Sinyal μ audio). Microphone merupakan transduser yang mendeteksi sinyal suara dan menghasilkan sinyal elektrik berupa tegangan atau arus yang proporsional terhadap sinyal suara. Microphone memberikan output sinyal analog yang sebanding

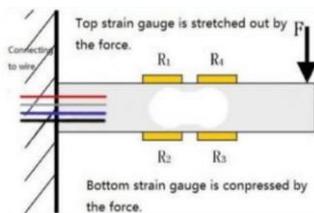
dengan perubahan tekanan akustik bergantung pada fleksibilitas diaphragm. Sinyal listrik kemudian digunakan untuk pengiriman, perekaman atau pengukuran pada karakteristik sinyal akustik. Penggunaan yang paling umum adalah pada audio broadcasting, perekaman, dan reproduksi, dimana frekuensinya berada pada range pendengaran manusia yaitu 20Hz-20KHz. Simbol microphone ditunjukkan pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Simbol Microphone

H. Load Cell Sensor

Sensor LoadCell adalah transduser (transducer, komponen elektronika yang dapat mengukur besaran fisik menjadi sinyal listrik) yang dapat mengubah tekanan oleh beban menjadi sinyal elektrik. Konversi terjadi secara tidak langsung dalam dua tahap. Lewat pengaturan mekanis, gaya tekan dideteksi berdasarkan deformasi dari matriks pengukur regangan (strain gauges) dalam bentuk resistor planar. Regangan ini mengubah hambatan efektif (effective resistance) empat pengukur regangan yang disusun dalam konfigurasi jembatan Wheatstone (Wheatstone bridge) yang kemudian dibaca berupa perbedaan potensial (tegangan).



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Loadcell

Prinsip kerja load cell ketika mendapat tekanan beban. Ketika bagian lain yang lebih elastic mendapat tekanan, maka pada sisi lain akan mengalami perubahan regangan yang sesuai dengan yang dihasilkan oleh strain gauge, hal ini terjadi karena ada gaya yang seakan melawan pada sisi lainnya. Perubahan nilai resistansi yang diakibatkan oleh perubahan gaya diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian IC. Dan berat dari objek yang diukur dapat diketahui dengan mengukur besarnya nilai tegangan yang timbul.

I. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD adalah sebuah display dot matrix yang difungsikan untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan (sesuai dengan program yang digunakan untuk mengontrolnya).



Gambar 2.8 Liquid Crystal Display

LCD sebagaimana output yang dapat menampilkan tulisan sehingga lebih mudah dimengerti, dibanding jika menggunakan LED saja. Dalam modul ini menggunakan LCD karakter untuk menampilkan tulisan atau karakter saja. Tampilan LCD terdiri dari dua bagian, yakni bagian panel LCD yang terdiri dari banyak "titik". LCD dan sebuah mikrokontroler yang menempel dipanel dan berfungsi mengatur „titik-titik“ LCD tadi menjadi huruf atau angka yang terbaca.

Huruf atau angka yang akan ditampilkan dikirim ke LCD dalam bentuk kode ASCII, kode ASCII ini diterima dan diolah oleh mikrokontroler di dalam LCD menjadi „titik-titik“ LCD yang terbaca sebagai huruf atau angka.

Dengan demikian tugas mikrokontroler pemakai tampilan LCD hanyalah mengirimkan kode-kode ASCII untuk ditampilkan.

III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penyusunan dan menganalisa penelitian ini adalah :

1. Studi literatur sesuai dengan rancangan dan perencanaan.
2. Perancangan desain perangkat keras dan perangkat lunak.
Sebelum dilakukan pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak, perancangan desain dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui kebutuhan peralatan yang digunakan.
3. Pembuatan perangkat keras
Pembuatan perangkat keras (hardware) meliputi perangkaian mikrokomputer, driver motor, motor DC, Encoder, Loadcell sensor, modul komunikasi, tampilan LCD.
4. Pembuatan perangkat lunak
Perancangan perangkat lunak (software) untuk membaca sensor loadcell, mengatur kecepatan motor, pengiriman data dan penampil data.
5. Pengujian alat

Setelah perancangan selesai, maka dilakukan pengujian perangkat keras dan perangkat lunak pada mikrokomputer. Pengujian perangkat keras meliputi uji pergerakan motor dan sudut pergerakan penyangga lengan tangan.

IV. PERANCANGAN SISTEM

Dalam melakukan proses kalibrasi perlu dirancang sebuah sistem yang baik dan efisien untuk mendapatkan hasil kalibrasi yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Pada gambar 4.1 menjelaskan rancangan sistem Continuous Passive Motion (CPM) secara utuh yang berbasis IoT dan AI.

Sistem Continuous Passive Motion (CPM) ini dirancang dengan susunan komponen sebagai berikut :

1. Mikrokomputer

Mikrokomputer berfungsi :

- Sebagai pengendali utama sistem kerja mesin CPM
- Mengatur serta mengendalikan kecepatan putaran motor DC Melalui motor driver.
- Menerima inputan yang berasal dari LCD display dan umpan balik dari encoder.

2. Motor Driver

Motor Driver berfungsi untuk mengendalikan kecepatan dan arah putaran motor yang difungsikan sebagai penggerak peralatan terapi lengan tangan (CPM), sehingga pergerakan lengan tangan pasien bisa diatur sesuai dengan anjuran ahli fisioterapi.

3. Motor DC

Motor DC berfungsi mengerakkan penyangga lengan tangan pasien. Pada kondisi normal, pergerakan lengan tangan posisi lurus sudut yang terbentuk adalah 0°, sedangkan pada posisi lengan tangan dilipat maksimal sudut yang terbentuk adalah 145°. Dengan kemampuan mesin CPM membentuk sudut 0° sampai dengan 145°, maka ahli terapi bisa dengan leluasa mengatur sudut pergerakan lengan tangan, sehingga pergerakan lengan tangan pasien bisa diatur sesuai dengan anjuran ahli fisioterapi.

4. Encoder

Untuk memonitor posisi sudut motor dc digunakan sensor rotary encoder yang terdiri dari komponen berupa piringan mika dan optocoupler. Dimana pada rangkaian ini optocoupler digunakan untuk mendapatkan frekuensi on/off dari putaran sensor yang di hubungkan dengan poros motor DC. Dengan memantau posisi sudut motor maka pergerakan posisi lengan tangan yang di terapi dapat dimonitor juga, pada sudut minimal 0° dan sudut maksimal 145°. Melalui encoder ini, kecepatan dan percepatan pergeseran lengan tangan bisa termonitor dan terekam, sehingga sesuai dengan anjuran ahli fisioterapi.

5. Limit Switch

Limit switch pada sistem CPM ini berfungsi sebagai pembatas maksimal dan minimal pergerakan tangan pada posisi lengan tangan lurus dan lengan tangan dilipat, sehingga pada mesin CPM ini dioperasikan maka limit switch sebagai sensor pengaman pergerakan penyangga lengan. Jadi apabila ada kesalahan atau error pada sistem yang mengakibatkan motor yang mengendalikan penyangga lengan tidak terkontrol pergerakannya, maka sebagai limit switch emergency switch off sistem yang berfungsi mematikan seluruh sistem kerja dari mesin CPM ini.

6. Microphone

Microphone pada sistem CPM ini berfungsi sebagai media komunikasi melalui suara antara pasien dengan mesin pada saat menjalani terapi. Pasien bisa menginformasikan kepada mesin melalui suara bahwa sudut pergerakan lengan tangan terlalu besar. Hal ini akan direspon oleh mengurangi sudut dan apabila pasien sudah merasa nyaman maka mesin menambah

sudut pergerakan tangan secara bertahap sesuai dengan setting sudut awal.

7. Load Cell Sensor

Sensor loadcell bekerja berdasarkan beban yang mengenai pada sensor. Pada aplikasi mesin CPM ini load cell sensor berfungsi untuk memberikan peringatan atau informasi kepada mesin, bahwa sudut yang diseting terapis terlalu kecil pada saat lengan tangan lurus dan sudut terlalu besar pada saat lengan tangan melipat. Sensor loadcell ini memiliki fungsi yang sama dengan microphone, yaitu memberikan umpan balik kepada mesin, bahwa pasien yang sedang menjalani terapi pada kondisi tidak nyaman, sehingga mesin CPM akan menyesuakannya.

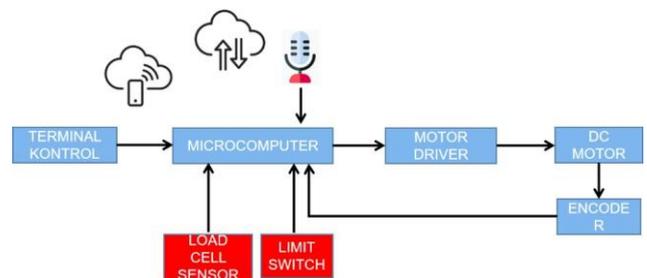
Pengaplikasian teknologi AI dengan memberikan pelatih sistem mesin CPM dengan inputan microphone dan sensor loadcell, sehingga sistem bisa beradaptasi dengan kondisi pasien yang sedang menjalani terapi.

8. Liquid Crystal Display (LCD)

Seperti pada sistem-sistem yang lainnya, LCD dalam sistem mesin CPM ini berfungsi untuk menginput parameter-parameter yang diperlukan pada suatu proses. Pada Mesin CPM ini, LCD digunakan sebagai media untuk memasukkan parameter yang dibutuhkan dalam proses terapi, parameter tersebut adalah Kecepatan pergerakan lengan tangan , sudut terapi, waktu terapi, melalui LCD ini dapat juga dilakukan memonitor sudut pergerakan lengan tangan pasien.

9. Smart Phone

Pada sistem CPM yang rancang ini, Smart phone mempunyai fungsi yang sama dengan display LCD, smart phone bisa dimanfaatkan untuk melakukan inputan data/ parameter yang diperlukan dalam proses terapi serta bisa digunakan untuk memonitor operasional dari CPM itu sendiri. Pemanfaatan smart phone sebagai pengganti LCD yang bisa dilakukan dari jarak jauh dengan menambahkan aplikasi yang tertanam di dalam smart phone. Sehingga ahli terapi bisa memonitor operasional alat dan kondisi pasien yang menjalani terapi.



Gambar 4.1 Rancangan Continuous Passive Motion (CPM) berbasisAI dan IoT

Sistem perancangan Continuous Passive Motion (CPM) yang berbasis AI dan IoT dapat dilihat pada gambar 4.1. Secara prinsip kerja bahwa sistem ini dirancang berdasarkan kebutuhan dan keluhan pasien yang sedang menjalani terapi patah tulang pada siku mengalami kesakitan, sehingga perlu dirancang peralatan terapi CPM berbasis AI dan IoT.

Dengan terwujudnya perancangan sistem CPM berbasis AI dan IoT ini diharapkan mesin bisa beradaptasi dengan pasien yang sedang menjalani terapi sehingga hasil yang diharapkan setelah pasien menjalani terapi menjadi lebih efektif dan efisien.

Pembelajaran yang dilakukan terhadap mesin CPM ini dengan cara melatih mesin mendapatkan umpan balik dari sensor loadcell dan microphone.

Pada saat pasien menjalani terapi patah tulang pada siku biasanya pasien akan mengalami kesakitan, maka secara reflektif pasien akan mengeluarkan suara keluhan rasa sakit atau menarik barang yang sedang dipegang. Dengan menggunakan 2 (dua) analogi tersebut maka perlu ditambahkan microphone untuk mendapatkan umpan balik dari pasien berupa suara dan sensor loadcell untuk umpan balik yang berasal dari tarikan tangan pasien.

Latihan yang diterapkan kepada mesin CPM pada saat mendapatkan umpan balik berupa suara pasien yang sedang mengalami kesakitan, biasanya pasien berkata "Aduh", "Sakit" dll. Umpan balik suara ini bisa ditambahkan manakala mesin tidak mengenali suara pasien yang sedang mengalami kesakitan pada saat menjalani terapi. Jadi pasien akan ditanya oleh ahli terapi, manakala pasien mengalami kesakitan kalimat/perkataan apa yang akan diucapkan, hal ini bisa direkam terlebih dahulu oleh mesin yang selanjutnya akan dimasukkan ke dalam data base di dalam mesin CPM. Dengan bertambahnya data base suara pasien yang mengalami kesakitan pada saat menjalani terapi maka mesin akan semakin pintar dalam menerima respon dari pasien yang mengalami kesakitan.

Selain memberikan latihan melalui umpan balik suara, sistem rancangan mesin CPM berbasis AI ini juga bisa dilatih dengan umpan balik dari sensor loadcell. Sebelum mesin dipergunakan oleh pasien untuk menjalani terapi, terlebih dahulu dilakukan uji kekuatan tarik tangan pasien yang akan menjalani terapi tersebut, sehingga dapat diketahuinya terlebih dahulu.

Sebelum menjalani terapi maka pasien diharapkan menjalani uji kuat tarik di mesin CPM ini, setelah menjalani uji kuat tarik tangan yang cedera maka mesin akan mengenali kuat tarik tangan pasien yang menjalani proses terapi. Apabila mesin dioperasikan dan pasien mengalami kesakitan pada saat terapi maka mesin akan mengurangi sudut lipat siku secara otomatis. Hal ini berlaku juga pada saat mesin mendapatkan inputan suara kesakitan dari pasien maka sudut lipat siku akan berkurang secara otomatis. Dan apabila pasien sudah merasa nyaman, maka sudut lipat siku akan bertambah secara bertahap sesuai setting yang sudah diinput oleh ahli terapi pada saat terapi akan dilakukan.

Gambar 4.2 merupakan ilustrasi rancangan CPM yang berbasis AI yang dilengkapi dengan sensor loadcell dan microphone.



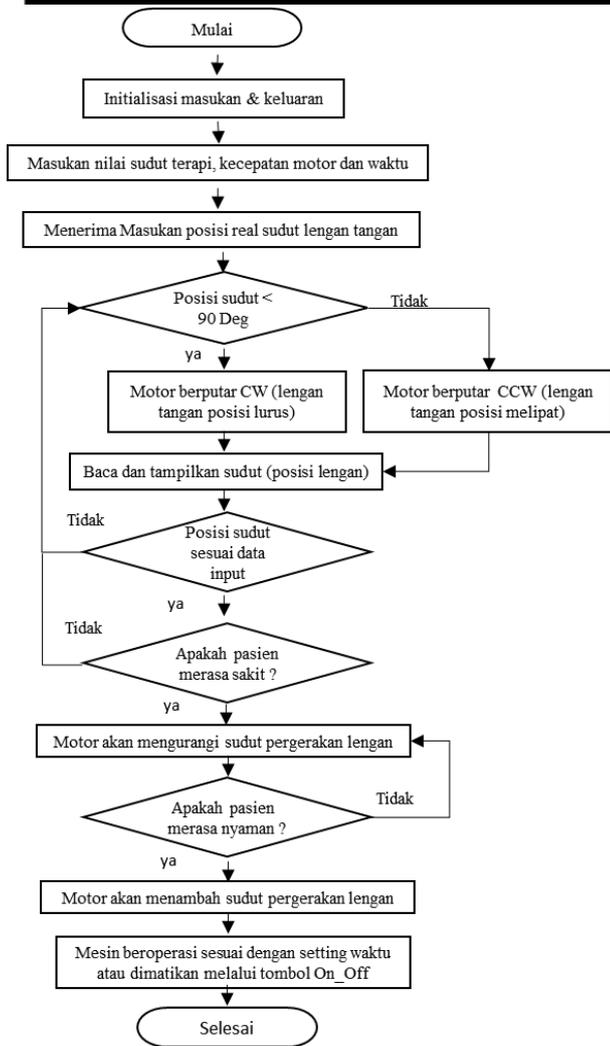
Gambar 4.2 Ilustrasi CPM yang dirancang

Pemanfaatan teknologi IoT dalam rancangan mesin CPM ini sangat membantu sekali ahli terapi untuk melakukan setting (memasukkan data terapi) dan melakukan monitoring terhadap pasien yang sedang menjalani terapi dari jarak jauh. Dengan adanya teknologi IoT ini ahli terapi bisa melakukan pengawasan terhadap beberapa pasien dari jarak jauh.

Untuk memaksimalkan kecanggihan rancangan sistem CPM yang berbasis IoT ini maka mikro komputer sebagai kontrol utama CPM harus terhubung dengan jaringan internet baik melalui jaringan LAN atau WIFI. Selain itu juga perlu disiapkan aplikasi yang ditanam dalam smartphone yang berbasis platform Android. Agar perangkat keras dapat berfungsi sebagaimana mestinya sesuai dengan yang diinginkan, maka harus dibuat perangkat lunak yang berisi algoritma dan tahapan pekerjaan dan di unggah ke mikrokomputer. Pada gambar 4.3 menjelaskan diagram alir algoritma pemrograman pada mikrokomputer.

Pada tahap awal sistem akan melakukan inialisasi input dan output yang terhubung dalam mesin CPM, selain itu mesin akan mendapatkan inputan data Kecepatan pergerakan lengan tangan, sudut terapi dan waktu lamanya terapi. Melalui encoder maka akan dimonitor posisi sudut terbaru, apabila posisi sudut kurang dari 90° maka motor berputar searah jarum jam (CW) atau memosisikan lengan tangan lurus, begitu sebaliknya apabila sudut terkini pada posisi lebih besar dari 90° maka motor akan berputar berlawanan dengan jarum jam (CCW) atau memosisikan lengan tangan dilipat.

Mesin akan selalu memonitor posisi lengan tangan melalui encoder, apabila posisi lengan tangan sdh pada posisi yang diinginkan oleh ahli terapi sesuai dengan setting sudut, maka mesin CPM akan bekerja terus menerus sesuai waktu yang ditetapkan. Mesin CPM akan menggerakkan lengan tangan pasien posisi lurus dan melipat secara konsisten. Apabila pasien merasa kesakitan maka akan ada umpan balik dari microphone dan/atau sensor loadcell sehingga mesin CPM akan mengurangi kecepatan motor dan sudut pergerakan lengan pasien. Kecepatan motor dan sudut pergerakan lengan pasien akan bertambah secara bertahap menuju data setting awal jika pasien sudah merasa nyaman pada saat menjalani terapi.



Gambar 4.3 Blok diagram perangkat lunak CPM yang berbasis AI dan IoT

V. PENGUJIAN SYSTEM

Pengujian perangkat keras terdiri dari kecepatan putar motor dan sudut posisi penyangga lengan tangan yang digunakan sebagai indikator pengontrolan sistem dan pengujian stabilitas.

Pengujian kecepatan motor dilakukan dengan membandingkan setting kecepatan motor pada LCD dengan kecepatan motor yang terukur melalui tachometer, data diambil pada saat kecepatan motor 10 rpm dengan banyak data 10 sampel. Berikut ini data hasil uji kecepatan motor yang ditampilkan pada tabel 5.1

Tabel 5.1 Data Pengujian Kecepatan Motor

No	Kecepatan Setting (Rpm)	Kecepatan Terukur (Rpm)
1	10	10
2	10	10
3	10	9
4	10	10
5	10	11

6	10	9
7	10	10
8	10	9
9	10	10
10	10	10

Selain melakukan pengujian kecepatan motor, untuk menguji keakuratan posisi penyangga lengan tangan pada mesin CPM, maka dilakukan pengujian posisi dengan cara membandingkan data setting (input) lengan tangan dari display LCD dengan sudut yang terbaca oleh encoder. Pengujian dilakukan pada sudut setting 20° dengan jumlah sampel sebanyak 10 data. Hasil pengujian sudut posisi lengan tangan dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Data Pengujian Posisi Sudut Lengan Tangan

No	Sudut Setting (Derajat)	Sudut Terukur (Derajat)
1	20	19
2	20	19
3	20	20
4	20	21
5	20	20
6	20	18
7	20	19
8	20	20
9	20	21
10	20	20

Dari data hasil pengujian dapat dilihat hasil unjuk kerja mesin CPM, dengan melakukan perhitungan rata-rata data hasil pengujian

$$\text{Rata-rata kecepatan} = \frac{10+10+9+10+11+9+10+9+10+10}{10}$$

$$= 9,8$$

$$\text{Rata-rata Sudut} = \frac{19+19+20+21+20+18+19+20+21+20}{10}$$

$$= 19,7$$

$$\text{Error Kecepatan} = \frac{10 - 9,8}{10} \times 100 \%$$

$$= 2 \%$$

$$\text{Error sudut} = \frac{20 - 19,7}{20} \times 100 \%$$

$$= 1,5 \%$$

Dari hasil analisa data pengujian kecepatan motor dan posisi sudut terdapat error sebesar 2% pada kecepatan motor dan 1,5% pada sudut pengaturan posisi penyangga lengan tangan pada mesin CPM ini.

KESIMPULAN

Untuk mempercepat proses penyembuhan pasien patah tulang pada siku dibutuhkan peralatan

bantu terapi yang berbasis IA dan IoT sehingga proses terapi bisa berjalan dengan efektif dan efisien.

REFERENSI

- [1] Nugraha, P. F. (2010). *Pengembangan desain CPM (Continuous Passive Motion) elbow sebagai alat orthose aktif bagi pasien pasca operasi tulang siku tangan menggunakan kendali Microcontroller AT 89C51*
- [2] Ho, H., Chen, T. (2006). Hybrid CPM/CAM physiotherapy device by use of active feedback control loop. *First International Conference on Innovative Computing, Information and Control Volume I (ICICIC'06)*, 146–149.
- [3] Umchid, S., Taraphongphan, P. (2016). Design and development of a smart continuous passive motion device for knee rehabilitation. *9th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON)*, 1–5.
- [4] O'Driscoll, S. W., Giori, N. J. (2000). Continuous passive motion (CPM): Theory and principles of clinical application. *Journal of rehabilitation research and development*, 37(2).
- [5] J. C. Gose, "Continuous passive motion in the postoperative treatment of patients with total knee replacement. A retrospective study," *Phys. Ther.*, vol. 67, no. 1, pp. 39–42, 1987.
- [6] Y. Fu, F. Zhang, S. Wang, and Q. Meng, "Development of an embedded control platform of a continuous passive motion machine," *IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst.*, pp. 1617–1622, 2006.
- [7] M. K. Saputra and A. A. Iskandar, "Development of automatic continuous passive motion therapeutic system," *Proc. - Int. Conf. Instrumentation, Commun. Inf. Technol. Biomed. Eng. 2011, ICICIBME 2011*, no. November, pp. 376–379, 2011
- [8] W. K. Song and J. Y. Song, "Improvement of upper extremity rehabilitation Robotic Exoskeleton, NREX," *2017 14th Int. Conf. Ubiquitous Robot. Ambient Intell. URAI 2017*, pp. 580–582, 2017
- [9] Selter R., *Continuous Passive Motion (CPM): Textbook of Disorders and Injuries of the Musculoskeletal System*. USA: Lippincott Williams & Wilkins, 1999
- [10] S. Miyaguchi, N. Matsunaga, K. Nojiri, and S. Kawaji, "Impedance control of CPM device with flex-/extension and pro-/supination of upper limbs," *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*, 2007.
- [11] S. Miyaguchi, N. Matsunaga, K. Nojiri, and S. Kawaji, "On effective movement in CPM for shoulder joint," *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2008
- [12] R. B. Salter, *Continuous Passive Motion (CPM): Textbook of Disorders and Injuries of the Musculoskeletal System*, Lippincott Williams & Wilkins, USA, 1999.
- [13] S. W. O'Driscoll and N. J Giori, "Continuous Passive Motion (CPM): theory and principles of clinical application," *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37 (2), 179 188, 2000.
- [14] Fajar Setiono, Faqih Rofii, Sabar Setiawidayat "Rancang Bangun Alat Terapi Lengan Continous Passive Motion (CPM) dengan Control Electromyograph (EMG) Untuk Pasien Pasca Operasi dan Stroke"
- [15] Antonius Hendro Noviyanto "Saving the Moving Position on the Continuous Passive Motion Machine for Rehabilitation of Shoulder Joints"
- [16] Antonius Hendro Noviyanto¹, Laurentia Deby Septilianingtyas², Dita Rahmawati³ "Design of a Continuous Passive Motion (CPM) Machine for Wrist Joint Therapy"
- [17] Husam Almusawi 1, Géza Husi 2 "Design and Development of Continuous Passive Motion (CPM) for Fingers and Wrist Grounded-Exoskeleton Rehabilitation System
- [18] Blue Cross Blue Shield Of Alabama. 2014. "Continuous Passive Motion Devices". Medical Policy.
- [19] Shawn, dkk. 2000. "Continuous Passive Motion (CPM) Theory And Principles Of Clinical Application". Mayo Clinic, Rochester.
- [20] Saringer, John. "Enginnering Aspect Of The Design And Construction Of Continuous Passive Motion Devices For Human"