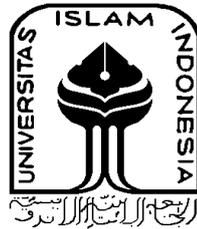


**RANCANG BANGUN ALAT BANTU TERAPI INFRAMERAH
PADA KASUS PATAH TULANG *TIBIA FIBULA***

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Dwi Agus Raharjo

No. Mahasiswa : 19525127

NIRM : 1907290268

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING
RANCANG BANGUN ALAT BANTU TERAPI INFRAMERAH
PADA KASUS PATAH TULANG *TIBIA FIBULA*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Dwi Agus Raharjo
No. Mahasiswa : 19525127
NIRM : 1907290268

Yogyakarta, 30 Januari 2024

Pembimbing I,



Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

Pembimbing II,



Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**RANCANG BANGUN ALAT BANTU TERAPI INFRAMERAH
PADA KASUS PATAH TULANG *TIBIA FIBULA***

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Dwi Agus Raharjo

No. Mahasiswa : 19525127

NIRM : 1907290268

Tim Penguji

Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP.

Ketua

Tanggal : 20/5/24

Yustiasi Purwaningrum, S.T., M.T.

Anggota I

Tanggal : 20/5/24

Fenny Pratama Putera, S.T., M.Eng.

Anggota II

Tanggal : 28/03/2024

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik Mesin



Dr. Ir. Muhammad Khafidh S.T., M.T., IPP

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi allah yang maha segalanya, dengan ini saya menyatakan bahwa karya ini merupakan hasil kerja keras saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang telah saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti bahwa pengakuan saya tidak benar serta melanggar peraturan yang sah dalam hak kekayaan intelektual maka saya bersedia mengikuti hukuman maupun sanksi apapun sesuai dengan hukum yang diberlakukan Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 01 April 2024




Dwi Agus Raharjo

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki dan rahmat-Nya, serta shalawat dan salam penulis hanturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa islam dari zaman jahilliah menuju zaman yang maju seperti yang penulis rasakan saat ini. Tak lupa juga doa serta dukungan yang telah diberikan oleh orang-orang tercinta, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan rasa syukur. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

Orang tua yang selalu senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP dan Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP selaku dosen pembimbing, penguji, dosen pengajar dan seluruh staff program studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing dan membagikan ilmunya kepada penulis secara ikhlas.

Rekan-rekan dari jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang senantiasa memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan khususnya pada bidang yang sesuai dengan topik penulis untuk masa yang akan datang.

HALAMAN MOTTO

"Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga."

(HR. Muslim)

“Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar maka kamu harus sanggup menerima perihnya kebodohan”

(Imam Syafi’i)

“Yesterday is History, tomorrow is a mystery, but today is a gift, that is why it’s called a present”

“Kemarin adalah sejarah, besok adalah misteri, hari ini adalah anugrah”

Maknanya; Pengalaman yang berlalu biarlah berlalu, jadikan pelajaran untuk bisa berbuat lebih baik dan jangan cemas hari esok yang penuh misteri, lakukan yang terbaik hari ini karena hari ini adalah anugerah.

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamu'alaikum warahmatullahi wa barokatuhu.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki dan rahmat-Nya, sehingga dengan atas izin-Nya laporan Tugas Akhir yang berjudul Rancang Bangun Alat Sepatu Ortopedi Inframerah Patah Tulang Kering ini dapat berjalan dengan lancar. Sholawat serta salam kita haturkan kepada nabi kita Muhammad SAW yang telah membawa manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang megah seperti hari ini.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin. Tugas akhir ini dilaksanakan sebagai syarat untuk mendapat gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Dengan bimbingan, dorongan serta dari berbagai pihak, akhirnya Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini penulis dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia serta dosen pembimbing 1 dalam Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP selaku dosen pembimbing 2 dalam Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen dan staff karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Kedua Orang Tua saya Bapak Heru Setya Budi dan Ibu Sumarni, serta kakak saya Iman Agus Raharjo selaku keluarga yang telah mendukung dan selalu memberikan doa kepada penulis.
5. Saya mengucapkan terimakasih kepada seseorang yang tidak bisa saya sebutkan namanya akan tetapi insyallah akan saya sebutkan dalam doa-doa saya. Ucapan terimakasih ini atas kebaikan serta dukungan yang telah diberikan ke penulis. Semoga kebaikan itu dibalas oleh Allah SWT.
6. Terimakasih kepada seluruh senior Teknik mesin yang telah mengajarkan pembelajaran yang berharga serta kebaikan kepada penulis.

7. Teman-teman seperjuangan panitia lapangan jelajah alam yang selalu menerima keluh kesah penulis dan selalu berbagi ilmu.
8. Semua teman-teman Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala bantuannya.

Semoga semua pihak yang telah membantu penulis selama melaksanakan Tugas Akhir dan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini mendapatkan balasan yang jauh lebih besar dari Allah SWT dan selalu diberikan kesehatan, dan kemudahan dalam segala urusannya.

Penulis menyadari bahwa didalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kesalahan sehingga jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk mencapai hasil yang lebih baik. Penulis juga berharap agar laporan ini dapat berguna bagi semua yang membacanya dan khususnya bagi penulis sendiri

Yogyakarta, 30 Januari 2024



Dwi Agus Raharjo

ABSTRAK

Patah tulang *tibia fibula* merupakan salah satu kasus patah tulang yang banyak terjadi di Indonesia. Pasca operasi patah tulang umumnya akan mengalami rasa nyeri yang sangat hebat. Penyembuhan terjadi secara bertahap dimana akan timbul penyatuan kedua ujung tulang yang patah dalam waktu 3 minggu hingga 6 bulan. Pengaruh suhu dingin mempengaruhi fisiologis seorang pasien patah tulang kering dimana dapat menimbulkan ketidaknyamanan yang bersifat individual. *Infrared* (IR) merupakan modalitas fisioterapi yang sering digunakan untuk penanganan nyeri pasca operasi. Penelitian ini fokus dalam pengembangan alat bantu terapi inframerah yang diintegrasikan dengan teknologi saat ini dengan mengacu terhadap cara kerja *fisioterapi infrared*. Perancangan dilakukan berdasarkan kebutuhan pengguna yang mengalami patah tulang *tibia fibula* dan kebutuhan fisioterapis. Kriteria produk dihasilkan dari survei dan diskusi langsung dengan pengguna. Berdasarkan hasil yang diperoleh, pada penelitian ini telah dihasilkan alat bantu terapi inframerah yang dilengkapi dengan mekanisme LED terapi inframerah sesuai kriteria pengguna patah tulang *tibia fibula* dan fisioterapis.

Kata Kunci : Infra merah, terapi, alat bantu, fisioterapi

ABSTRACT

Tibia fibula fracture is one of the most common fracture cases in Indonesia. After surgery for a fracture, you will generally experience very intense pain. Healing occurs gradually, where the two ends of the broken bone will unite within 3 weeks to 6 months. The effect of cold temperatures affects the physiology of a patient with a shin fracture which can cause individual discomfort. Infrared (IR) is a physiotherapy modality that is often used to treat post-operative pain. This research focuses on developing infrared therapy tools that are integrated with current technology by referring to how infrared physiotherapy works. The design was carried out based on the needs of users who experienced tibia fibula fractures and the needs of physiotherapists. Product criteria are generated from surveys and direct discussions with users. Based on the results obtained, in this research an infrared therapy aid has been produced which is equipped with an infrared therapy LED mechanism according to the criteria for shin fracture users and physiotherapists.

Keywords: Infrared, therapy, assistive devices, physiotherapy

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Pernyataan Keaslian	1
Halaman Persembahan	2
Halaman Motto	3
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	4
Abstrak	6
<i>Abstract</i>	7
Daftar Isi	8
Daftar Tabel.....	11
Daftar Gambar	12
Bab 1 Pendahuluan	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan Masalah.....	17
1.3 Batasan Masalah	17
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	17
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	18
1.6 Sistematika Penulisan	18
Bab 2 Tinjauan Pustaka	20
2.1 Kajian Pustaka	20
2.2 Dasar Teori	24
2.2.1 Definisi Fraktur	24
2.2.2 Pengaruh Cedera Fraktur	24
2.2.3 Terapi <i>Infrared</i> (IR).....	25
2.2.4 <i>Walker</i> (Alat Bantu Jalan)	26
2.2.5 Sistem Kendali.....	26
2.2.6 <i>Internet of Things</i> (IoT)	27
2.2.7 <i>Esp32 Bord</i>	27
2.2.8 Aplikasi <i>Blynk</i>	27

2.2.9	Sinar Inframerah	28
Bab 3	Metode Penelitian	29
3.1	Alur Penelitian	29
3.2	Identifikasi Kebutuhan Pengguna	30
3.2.1	Pengumpulan Data Kebutuhan	30
3.2.2	Pengumpulan Data Informasi	30
3.3	Kriteria Desain	31
3.4	Kriteria Produk	31
3.5	Perancangan Konsep Desain	32
3.6	Perancangan Sistem Kendali	32
3.6.1	Komponen Sistem Kendali	34
3.7	Alat dan Bahan	38
3.8	Diagram Alur Program	40
3.9	Rancang Antarmuka <i>Blynk</i>	41
3.10	Skema Rancangan Rangkaian Kendali	42
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	44
4.1	Hasil Analisis Kebutuhan	44
4.2	Hasil Perancangan Konsep Desain	48
4.2.1	Hasil perancangan konsep desain 1	48
4.2.2	Hasil perancangan konsep desain 2	49
4.2.3	Hasil perancangan konsep desain 3	50
4.3	Hasil Desain Terpilih	50
4.3.1	Hasil pemilihan desain	51
4.3.2	Hasil desain <i>solidwork</i>	52
4.4	Hasil Perancangan Konsep Desain	54
4.4.1	Hasil pembuatan alat	54
4.4.2	Hasil perancangan sistem kendali	57
4.5	Tata Cara Penggunaan Alat	60
4.6	Hasil Pengujian	63
4.6.1	Hasil <i>feedback google form</i> pengguna	66
4.6.2	Hasil <i>feedback google form</i> fisioterapis	69
4.6.3	Hasil ketercapaian kriteria desain	72

4.6.4	Kendala dan solusi.....	73
Bab 5	Penutup.....	74
5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	74
	Daftar Pustaka	76
	Lampiran 1 Skematik perancangan sistem kendali	77
	Lampiran 2 Program sistem kendali.....	78
	Lampiran 3 Gambar teknik.....	80
	Lampiran 4 Data antropometri Indonesia.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Peralatan yang digunakan.....	38
Tabel 3. 2 Bahan-bahan yang digunakan.....	39
Tabel 4. 1 Data hasil kebutuhan pengguna.....	44
Tabel 4. 2 Hasil konsep desain terpilih.....	51
Tabel 4. 3 Tatacara Penggunaan Alat.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Fraktur <i>tibia</i> dan <i>fibula</i>	14
Gambar 3. 1	Alur penelitian.	29
Gambar 3. 2	Alur keterhubungan perangkat.	33
Gambar 3. 3	Diagram alur kerja sistem.....	34
Gambar 3. 4	Web aplikasi <i>blynk</i>	35
Gambar 3. 5	Mikrokontroler <i>Esp32</i>	35
Gambar 3. 6	<i>Mosfet module</i>	36
Gambar 3. 7	Saklar <i>push button</i>	36
Gambar 3. 8	Baterai lithium 18650.	37
Gambar 3. 9	Tempat baterai lithium.....	37
Gambar 3. 10	LED terapi inframerah.....	38
Gambar 3. 11	Diagram alur pemograman.	41
Gambar 3. 12	Sketsa tampilan aplikasi <i>blynk</i>	42
Gambar 3. 13	Skema rancangan sistem kendali.	43
Gambar 4. 1	Hasil konsep desain 1.	49
Gambar 4. 2	Hasil konsep desain 2.	49
Gambar 4. 3	Hasil konsep desain 3.	50
Gambar 4. 4	Hasil desain terpilih.	53
Gambar 4. 5	Tampak samping.....	53
Gambar 4. 6	Tampak depan.....	54
Gambar 4. 7	Hasil pemotongan plat alumunium.....	54
Gambar 4. 8	Hasil tekukan <i>frame</i> alat bantu.	55
Gambar 4. 9	Hasil pengelasan alumunium.....	55
Gambar 4. 10	Hasil rangka utama alat bantu.....	56
Gambar 4. 11	Hasil rangka utama.	56
Gambar 4. 12	Hasil perakitan komponen.	58
Gambar 4. 13	Tampilan aplikasi <i>blynk</i> pada <i>smartphone</i>	58
Gambar 4. 14	Hasil perancangan sistem kendali.....	59
Gambar 4. 15	Hasil perancangan alat bantu terapi inframerah.	60
Gambar 4. 16	Informasi alat bantu terapi inframerah.	60

Gambar 4. 17 Proses pengujian bersama pengguna.	64
Gambar 4. 18 Proses pengujian bersama fisioterapis.	64
Gambar 4. 19 Hasil <i>feedback</i> pengujian <i>user</i>	66
Gambar 4. 20 Hasil feedback pengujian fisioterapis.	69
Gambar 4. 21 Hasil ketercapaian kriteria desain.	73

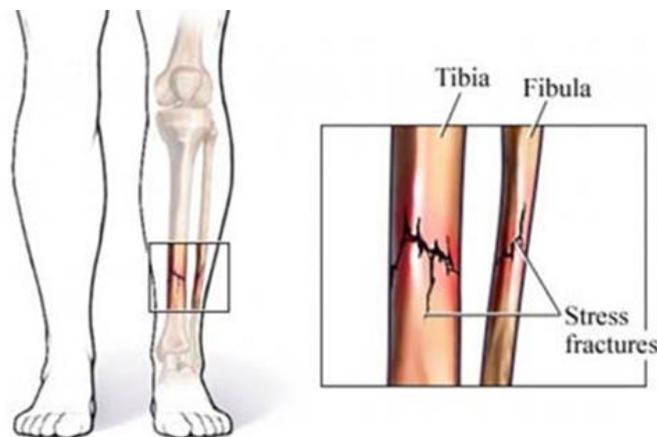
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data Riskesdas pada tahun 2018 terdapat sekitar 92.976 kejadian kecelakaan dengan jumlah yang mengalami fraktur yaitu sejumlah 5.122 jiwa (Depkes RI. 2018). Riskesdas menjelaskan tempat terjadinya kecelakaan paling besar terjadi pada lingkungan rumah sebesar 44,7%, dibandingkan dengan di jalan raya sebesar 31,4%, serta pada tempat bekerja sebesar 9,1% dan di sekolah sebesar 6,5%. Kemudian menurut data Badan Pusat Statistika jumlah kematian akibat kecelakaan lalu lintas akibat fraktur pada tahun 2020 sebanyak 25.266 orang (Badan Pusat Statistik, 2022). Hal ini terjadi karena kepadatan penduduk yang sangat banyak serta beberapa faktor seperti tingginya tingkat penggunaan kendaraan transportasi pribadi yang menjadikan tingkat kecelakaan juga tinggi [1].

Berdasarkan hasil riset Kesehatan Dasar oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan di Indonesia tercatat sebanyak 5,5% kejadian fraktur tercatat untuk prevelensi cedera menurut bagian tubuh, cedera pada bagian ekstremitas bawah memiliki prevelensi tertinggi yaitu 67,9% pada tahun 2018. Bagian ekstremitas bawah salah satunya adalah fraktur tibia dan fibula.



Gambar 1. 1 Fraktur tibia dan fibula.

Ketika seorang pasien terdiagnosis fraktur ada beberapa hal untuk tindakan medis yang harus dilakukan salah satunya yaitu tindakan bedah dari *Post Open Reduction Internal Fixation (ORIF)*. Post ORIF adalah serangkaian usaha yang

dilakukan untuk memperbaiki fraktur yang diikuti dengan fiksasi internal, biasanya menggunakan *plate and screw*. Tindakan ORIF juga berguna sebagai menstabilisasi tulang yang patah, serta direduksi dengan menggunakan *screw, plate*, paku, dan pin logam dalam pembedahan yang dilakukan aseptik [2]. Fraktur merupakan hilangnya kontinuitas tulang, baik yang bersifat total atau sebagian yang disebabkan oleh trauma fisik, kekuatan sudut, tenaga, keadaan tulang, dan jaringan lunak. Keluhan utama yang sering ditemukan pada pasien fraktur adalah nyeri [3].

Pasca operasi patah tulang *tibia fibula* umumnya akan mengalami rasa nyeri yang sangat hebat serta masa penyembuhan secara bertahap dimana akan timbul penyatuan kedua ujung tulang yang patah dalam waktu 3 minggu hingga 6 bulan. Sedangkan penyambungan tulang secara keseluruhan berlangsung selama 6 bulan hingga 1 tahun, bergantung pada usia, lokasi dan tingkat keparahan patah tulang, penanganan yang diberikan, serta kondisi medis pasien. Pengaruh lingkungan dingin akan juga mempengaruhi fisiologis seorang pasien patah tulang kering, nyeri merupakan sensasi ketidaknyamanan yang bersifat individual. Nyeri tidak lagi dipandang sebagai kondisi alami dari cedera atau trauma yang akan berkurang secara bertahap seiring waktu, karena nyeri yang tak mereda dapat menyebabkan komplikasi, peningkatan lama rawat inap di rumah sakit dan distress [3].

Rehabilitasi terhadap fraktur *tibia* dan *fibula* dapat direhabilitasi khusus dengan menggunakan *Fixation External*, merupakan sebuah alat yang bertujuan sebagai alat bantu imobilisasi terhadap bagian tubuh manusia setelah operasi. Dimana akan dilakukan beberapa minggu untuk menjaga kaki tetap berada pada posisinya. Berhubungan dengan kompleksitas dari penyembuhan fraktur tulang, penggunaan *fixation* diperlukan waktu sekitar 2-6 minggu pasca 4 operasi. Untuk penanganan akibat fraktur perlunya menggunakan gips agar membantu proses penyembuhan tulang yang patah. Dengan penggunaan gips maka tulang yang terjadi fraktur akan menyambung kembali sesuai dengan posisi letaknya semula. Namun gips memiliki sifat menyerap air dan bila itu terjadi akan timbul reaksi eksoterm dan gips akan menjadi keras. Sebelum menjadi keras, gips yang lembek dapat dibalutkan melingkari sepanjang ekstremitas dan dibentuk sesuai dengan bentuk ekstremitas. Namun kekurangan penggunaan gips dalam waktu lama (lebih

dari 3 hari) dapat menyebabkan berbagai penyakit kulit dan potensi cedera sendi karena struktur berat dan ventilasi yang buruk [7].

Fisioterapi merupakan tindakan rehabilitasi untuk memulihkan keterbatasan fisik akibat cedera atau penyakit, fisioterapi berkontribusi dalam membantu mengembalikan fungsi normal pada pasien yang mengalami *deconditioning* atau disebut penurunan kapasitas fungsional dari sistem tubuh karena suatu penyakit, operasi, dan trauma [2]. Terapi *infrared* (IR) adalah salah satu terapi yang menggunakan gelombang elektromagnetik yang bertujuan memberikan efek pemanasan jaringan *superfisial* pada struktur *musculoskeletal* (sistem tulang, sendi, otot, saraf, dan jaringan ikat) untuk memperlancar aliran darah dan mengurangi spasme otot. Namun terapi menggunakan *infrared* dalam pelaksanaannya masih bersifat khusus, maksudnya adalah harus datang ke tempat seperti klinik terapi, *homecare fisio*, ataupun klinik fisioterapi, sehingga bersifat secara bertahap dan berulang untuk memaksimalkan terapi *infrared* sehingga akan banyak mengeluarkan biaya terapi [4].

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus dalam pengembangan perancangan sebuah alat alternatif sebagai alat bantu pada kasus patah tulang *tibia fibula* yang akan diintegrasikan terhadap teknologi saat ini yaitu *Internet of Things* (IoT) dengan mengacu terhadap cara kerja terapi *infrared* serta menyerupai cara kerjanya. Konsep ini dilatar belakangi karena ditemukannya kendala terhadap penyandang patah tulang *tibia* pada saat lingkungan menjadi dingin memicu fisiologis seseorang sehingga menciptakan rasa ketidaknyamanan akibat suhu dingin, dan berdampak mempengaruhi kondisi kaki yang patah menjadi timbul rasa nyeri dan ngilu. Tujuan dibuatnya alat ini adalah untuk membantu seseorang yang mengalami patah tulang *tibia fibula* ataupun cedera *ankle injury* pada saat masa pemulihan (*recovery*) serta mengurangi keluhan terhadap rasa sakit, rasa nyeri, dan memberikan kenyamanan juga keamanan dalam penggunaan alat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang produk alat bantu terapi pada kasus patah tulang *tibia fibula* dengan mekanisme LED terapi inframerah?
2. Apakah dengan penambahan fungsi seperti LED terapi inframerah dapat menjaga suhu pada kaki yang patah tetap hangat?
3. Bagaimana merancang sistem kendali terhadap alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* yang dapat dijalankan menggunakan *smartphone*?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian atau perancangan ini terdapat batasan masalah pada pembahasan, agar dalam penelitian ini menjadi jelas dan tidak keluar dari pembahasan. Berikut merupakan batasan masalah dari penelitian ini:

1. Perancangan alat tersebut disesuaikan berdasarkan kriteria pengguna patah tulang *tibia fibula* dan fisioterapis terhadap kebutuhan dan keluhan yang dirasakan.
2. Pembahasan perancangan hanya berhubungan dengan kondisi patah tulang *tibia fibula* dan pengujian dilakukan secara langsung oleh pengguna penyandang patah tulang *tibia fibula*.
3. Perancangan desain menggunakan perangkat lunak *solidwork*.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Tujuan dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sebuah alat bantu berbasis LED terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*.
2. Penambahan komponen LED terapi inframerah pada alat bantu terapi agar menjaga kaki tetap hangat.

3. Membuat program pada mikrokontroler untuk menerima data yang dikirimkan melalui aplikasi *blynk* pada *smartphone* sehingga menghasilkan *output* perintah terhadap LED terapi inframerah.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat dari perancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat menjadi salah satu referensi dalam pengembangan produk kedepan terkait alternatif dalam penanganan patah tulang ketika masa pemulihan.
2. Penelitian ini sebagai bentuk respon mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia terhadap perkembangan mekanisme alat bantu dalam bidang rehabilitasi kesehatan.

1.6 Sistematika Penulisan

Bagian ini berisikan mengenai urutan dan sistematika penulisan laporan tugas akhir yang dilengkapi dengan ringkasan isi dari masing-masing bab dalam perancangan ini.

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bagian ini menjelaskan terkait latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini berisikan teori dan kajian pustaka yang mendukung pengerjaan tugas akhir.

BAB III: METODE PENELITIAN

Pada bagian ini berisikan alur perancangan, kriteria desain serta alat dan bahan yang digunakan dalam proses perancangan.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian berisikan tentang analisis data hasil perancangan yang telah dilakukan untuk mendapatkan suatu kesimpulan.

BAB V: PENUTUP

Pada bagian ini berisikan kesimpulan dari perancangan alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penulisan laporan tugas akhir ini mengutip dari beberapa kajian pustaka dari perancangan dan penelitian terdahulu, hal ini ditujukan sebagai acuan untuk perancangan yang penulis lakukan.

Berkembangnya teknologi pada dunia kesehatan memicu banyak perkembangan terhadap pembuatan produk-produk guna memenuhi kebutuhan tenaga kesehatan dalam operasionalnya. Pengembangan pada sektor alat bantu kesehatan mulai banyak dilakukan hal ini berguna sebagai alternatif untuk memudahkan seseorang pada saat membutuhkan alat bantu. Tak hanya itu pengembangan alat bantu untuk proses rehabilitasi juga sudah mulai banyak dikembangkan serta dibutuhkan dalam memenuhi kebutuhan rehabilitasi. rehabilitasi adalah keadaan untuk mengembalikan keadaan bilitasi fisik dari pasien yang berkurang dikarenakan suatu cedera. Salah satu contoh alat rehabilitasi yang kian berkembang adalah *Fixation External*. Kemudian juga salah satu bentuk penanganan rehabilitasi secara bertahap dalam tindakan pemulihan atau mengembalikan keadaan atau fisik adalah dengan fisioterapi.

Kajian penelitian pertama berjudul “*Penatalaksanaan Fisioterapi Pada Kondisi Post Orif Fraktur 1/3 Distal Radius Dengan Modalitas Infrared (Ir) Dan Terapi Latihan Di Rsud Bendan Kota Pekalongan*”. Fisioterapi merupakan tindakan yang bertujuan untuk merehabilitasi pemulihan keterbatasan fisik akibat cedera atau penyakit. Salah satu bentuk fisioterapi adalah tindakan terapi IR (*infrared*) pada penelitian problematik yang ditemui pada kasus *Post Orif Fraktur 1/3 Distal Radius* antara lain nyeri, spasme, oedema, keterbatasan lingkup gerak sendi (LGS), penurunan kekuatan otot dan gangguan kemampuan fungsional dalam kehidupan sehari-hari. *Infrared (IR)* merupakan modalitas fisioterapi yang sering digunakan untuk penanganan nyeri pasca operasi. Dari hasil penelitian ini juga menjelaskan bawasan terapi *infrared (IR)* dapat menurunkan nyeri pada kondisi *Post Orif Fraktur 1/3 Distal Radius Sinistra*, dapat menurunkan spasme

otot, dapat menurunkan oedema pada kondisi *Post Orif Fraktur 1/3 Distal Radius Sinistra* dan pemberian terapi latihan dapat meningkatkan kekuatan otot pada kondisi *Post Orif Fraktur 1/3 Distal Radius Sinistra*. [5]

Kajian penelitian kedua berjudul “*Kajian Sistematis External Fixation System. Jurnal Inovasi dan Teknologi Material*”. Menjelaskan bahwa *External fixation* adalah alternatif yang dilakukan tindakan medis terhadap pasien yang mengalami patah tulang, jika operasi bedah secara internal tidak dapat dilaksanakan maka dapat dilakukan fiksasi. Sistem *external fixation* memiliki klasifikasi yang terbagi menjadi beberapa tipe dan konfigurasi yang masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan tersendiri. Namun dalam kajian hasil terhadap beberapa kekurangan dapat diatasi dengan pemilihan material yang lebih kaku, contohnya seperti *stainless steel*, sehingga tegangan pada permukaan antara pin dan tulang dapat dikurangi. Antarmuka terhadap pin dan tulang merupakan bagian yang paling rentan dalam sistem *external fixation* dikarenakan bagian tersebut menerima beban yang paling tinggi. Maka dari itu, permukaan pin adalah bagian yang esensial, yang di mana selain harus terbuat dari material yang kuat dan kaku, juga memiliki sifat permukaan yang baik [6].

Kajian penelitian pustaka ke ketiga berjudul “*Rancang Bangun Fiksasi Eksternal Ankle Injury dengan Metode Rapid Prototyping*”. Mengenai pembuatan alat bantu berupa *walker boots* atau diketahui dengan alat bantu jalan yang berbentuk seperti sepatu serta dikenal dengan fiksasi eksternal. Pembuatan ini bertujuan sebagai Rehabilitasi orang dengan cedera fraktur tulang engkel dan *ankle sprain*. Alat ini berfokus untuk direhabilitasi khusus dengan menggunakan *cast fixation* setelah operasi dilakukan beberapa minggu untuk menjaga kaki tetap berada pada posisinya. Dalam pembuatan fiksasi eksternal untuk *ankle injury* dengan metode *proto typing 3D printing* dengan tujuan untuk meminimalkan iritasi yang diakibatkan penggunaan gips, serta membantu pasien untuk leluasa melakukan aktivitas yang berhubungan dengan air dan memaksimalkan proses penanganan lebih aman dan nyaman. Kemudian juga membandingkan urutan proses pemasangan gips dengan *3d cast* sehingga didapatkan kesimpulan dimana

pemasangan *3d cast fixation* membutuhkan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan *gips gypsum* dan *gips fiber* [7].

Fixation Exsternal adalah sebuah alat yang bertujuan sebagai alat bantu imobilisasi terhadap bagian tubuh manusia dalam posisi tertentu dan memberikan tekanan yang merata pada jaringan lunak yang terletak di dalamnya. Salah satu contohnya fiksasi eksternal adalah gips, gips bertujuan sebagai imobilisasi fraktur yang telah direduksi mengoreksi deformitas, memberikan tekanan yang merata pada jaringan lunak, serta mendukung stabilitas pada sendi yang mengalami kelemahan. Namun penggunaan gips memiliki kelemahan dimana penggunaan gips dalam waktu lama (lebih dari 3 hari) dapat menyebabkan berbagai penyakit kulit dan memiliki potensi cedera sendi karena struktur berat dan ventilasi yang buruk [7].

Kajian penelitian ke empat berjudul “*Perancangan Sistem Kendali Alat Bantu Rehabilitasi Kaki Dengan Dua Derajat Kebebasan* “. Penggunaan sistem kendali pada beberapa alat bantu terhadap kesehatan juga sudah mulai berkembang. Salah satu inovasi terbaru dalam pengembangan alat otomatis untuk rehabilitasi dalam penggunaan menggunakan sistem kendali dimana penggunaannya melibatkan beberapa komponen seperti mikrokontroler, motor penggerak, sensor, dan komponen lainnya. Konsep dasar dari sistem kendali adalah untuk menciptakan suatu kendali yang berfokus untuk alat bantu rehabilitasi kaki dengan dua derajat kebebasan yang mudah untuk dikendalikan dan digunakan dengan memiliki mekanisme keamanan bagi penggunaannya. Alat bantu rehabilitasi pada penelitian ini berfokus pada dua derajat kebebasan. Motor yang digunakan sebagai penggerak utama untuk menciptakan gerak *Flexion* dan *Ekstension* di bagian lutut dan menciptakan gerak *Dorsiflexion* dan *Platarflexion* pada *Ankle*. Motor tersebut harus dapat dikendalikan dengan mudah dan memiliki mekanisme keamanan agar tidak terjadi potensi cedera tambahan bagi penggunaannya. Dalam perancangan mekanisme tersebut dilakukan dengan perancangan secara perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras bertujuan menghubungkan komponen elektrik yang digunakan pada alat bantu rehabilitasi kaki ini sehingga dapat diprogram dan dikendalikan secara mandiri oleh pengguna. Sedangkan perancangan pada

perangkat lunak meliputi program terdiri dari pengaturan parameter kecepatan, sudut, dan waktu yang diterapkan oleh alat bantu rehabilitasi kaki dengan dua derajat kebebasan. Pada perancangan ini penggunaan mikrokontroler sangat berperan penting sebagai sistem kendali [8].

Pada kajian pustaka penelitian ke lima berjudul “*Sistem monitoring kesehatan berbasis internet of things (IoT)*”. Disamping dalam pengembangan alat bantu rehabilitasi dengan penggunaan sistem kendali otomatis ada juga sistem yang sudah dikembangkan yang dikenal dengan *Internet of Things* atau dikenal dengan sistem IoT. Sistem ini merupakan sebuah konsep yang terhubung dengan perangkat sebagai media komunikasi berbasis internet. Hubungannya adalah penggunaan kontrol yang dihubungkan melalui suatu aplikasi sehingga dapat menjalankan perintah melalui aplikasi untuk mengendalikan sistem kendali dari mikrokontroler sesuai dengan program yang dibuat. Salah satu aplikasi yang digunakan secara umum adalah aplikasi *blynk*. Dalam pembuatan sistem kesehatan berbasis *internet of things*. Di mana hasil penelitian ini adalah pembuatan *prototype* dengan usulan sistem IoT yang bertujuan sebagai sistem *monitoring* untuk denyut jantung yang digunakan oleh tenaga medis, Sistem *monitoring* kesehatan ini dapat mengirimkan informasi ke dokter yang bersangkutan bersama dengan informasi pasien. Sistem Monitoring Kesehatan Berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat memperlihatkan hasil denyut jantung pasien secara langsung di *smartphone*. Dengan demikian, sistem ini memiliki akses langsung 24 jam ke dokter untuk meninjau data yang dikirimkan dan membuat keputusan klinis mengenai pasien [9].

Pada kajian pustaka ke enam berjudul berjudul “*Implementasi Sistem Monitoring Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Menggunakan Sensor Pulse Dan Blynk Application Berbasis Internet Of Things*” penggunaan mekanisme sistem kendali sudah banyak berkembang pada dasarnya dalam penggunaan dengan konektivitas nirkabel pada hubungan yang terkoneksi oleh *WiFi* ataupun *bluetooth* pada *smartphone*. Konektivitas *bluetooth* dan *WiFi* pada nirkabel dinilai sangat mumpuni sebagai media komunikasi data dan akan mempermudah dalam pembuatan alat kendali jarak jauh. Dalam penggunaannya menggunakan

mikrokontroler *Lolin NodeMCU ESP8266* yang telah mendukung *WiFi*, dapat dihubungkan ke internet sehingga data dapat dikirim ke aplikasi *Blynk* sebagai *monitoring* terhadap detak jantung dan suhu tubuh yang dilengkapi pula dengan sensor *pulse* [10].

2.2 Dasar Teori

Dalam perancangan dan pembuatan alat bantu terapi inframerah membutuhkan beberapa teori untuk melandasi rangkaian proses yang dilakukan. Berikut ini beberapa teori yang melandasi perancangan dan pembuatan alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang kering.

2.2.1 Definisi Fraktur

Pada umumnya penyebab Fraktur *Tibia* dan *Fibula* terjadi karena terputusnya kontinuitas jaringan tulang yang disebabkan oleh kekuatan yang tiba-tiba dan berlebihan sehingga mengakibatkan adanya trauma langsung pada tulang. Tulang *tibia* merupakan tulang terbesar kedua pada tubuh yang terletak pada bagian depan kaki bawah dan dikenal dengan sebutan tulang kering. Patah tulang kering merupakan patahnya tulang *tibia* akibat terjadinya benturan atau hentakan yang sangat kuat sehingga menyebabkan fraktur atau patah tulang, kemudian *ankle injury* adalah cedera pada pergelangan kaki yang dikarenakan adanya jenis jaringan tulang, ligament, lalu tendon bagian tersebut mengalami kerusakan. Pergelangan kaki merupakan tempat tiga tulang bertemu yaitu *tibia*, *fibula* dan *talus*. Tulang tulang ini disatukan dari sendi pergelangan kaki oleh ligament. Tendon mengikat otot ke tulang untuk melakukan pekerjaan membuat pergelangan kaki dan kaki bergerak, dan membantu menjaga sendi agar tetap stabil[11].

2.2.2 Pengaruh Cedera Fraktur

Fraktur adalah ancaman potensial terhadap aktual integritas, fraktur biasanya disebabkan oleh trauma atau tenaga fisik. Seseorang akan mengalami gangguan rasa nyaman akibat adanya rasa nyeri dimana membuat ketidaknyamanan secara *verbal* maupun *nonverbal*. Nyeri dapat mengganggu serta mempengaruhi kemampuan seseorang untuk beristirahat, berkonsentrasi, dan

berkegiatan yang lain. Selain dampak nyeri pada pasien fraktur, pasien juga akan mengalami imobilisasi di mana pasien fraktur akan terganggu imobilisasi tidak bisa menggerakkan anggota tubuh yang sakit, pasien juga membutuhkan bantuan pada keluarga untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Gangguan terhadap mobilitas atau imobilitas merupakan keadaan dimana seseorang tidak dapat bergerak secara bebas karena kondisi yang mengganggu pergerakan (aktivitas), contohnya trauma tulang belakang, cedera otak berat disertai fraktur ekstremitas dan sebagainya. Gangguan mobilitas fisik merupakan keterbatasan dalam pergerakan fisik dari satu atau lebih ekstremitas secara mandiri. Upaya untuk pencegahan pada pasien fraktur adalah dengan dilakukan tindakan yang cepat dan tepat agar imobilisasi dapat dilakukan sesegara mungkin sebab pencegahan pada fragmen tulang yang menyebabkan nyeri. Rasa nyeri bisa timbul hampir pada setiap area fraktur. Bila tidak diatasi maka akan menimbulkan efek yang membahayakan serta mengganggu proses penyembuhan dan dapat meningkatkan angka morbiditas dan mortalitas. Oleh karena itu, perlu adanya upaya penanganan yang dijelaskan perawat terkait cara pencegahan infeksi lebih lanjut setelah dilakukan pembedahan serta meningkatkan pengetahuan pasien dan keluarga tentang nyeri yang dialami oleh pasien akibat teknik pembedahan dengan memberikan penyuluhan tentang teknik relaksasi napas dalam. Pada upaya *rehabilitatif*, perawat menganjurkan pasien untuk melakukan imobilisasi secara bertahap [3].

2.2.3 Terapi *Infrared* (IR)

Terapi *infrared* (IR) merupakan salah satu terapi yang menggunakan gelombang elektromagnetik memberikan efek pemanasan jaringan superfisial pada struktur *musculoskeletal* yaitu sistem yang terdiri dari tulang, sendi, otot, saraf, dan jaringan ikat untuk memperlancar aliran darah. *Infrared* (IR) adalah salah satu modalitas fisioterapi yang sering digunakan untuk penanganan nyeri pasca operasi. Radiasi *infrared* (IR) juga dapat meningkatkan aliran darah serta melemaskan jaringan sehingga dapat mengurangi rasa nyeri dan memaksimalkan aktivitas fungsional. Kemudian manfaat penggunaan sinar *infrared* (IR) adalah dapat mengurangi rasa nyeri yang efeknya berdampak pada fisiologis, Hal ini dikarenakan

adanya efek panas pada lapisan epidermis superfisial sehingga menimbulkan vasodilatasi yang akan meningkatkan sirkulasi darah di daerah tersebut. Tidak hanya itu dampak yang timbul juga adalah meningkatkan suplai oksigen serta pasokan nutrisi yang akan menghilangkan nyeri serta efek sedative pada ujung saraf yang akan menimbulkan penurunan spasme otot, sedangkan efek terapeutik dari *infrared* yaitu mengurangi nyeri, rileksasi otot dan meningkatkan suplai darah [5].

2.2.4 Walker (Alat Bantu Jalan)

Walker adalah alat bantu jalan yang digunakan pada penderita yang mengalami penurunan kekuatan otot dan patah tulang pada anggota gerak bawah serta gangguan keseimbangan, salah satu alat bantu jalan adalah *Walker* [12]. *Walker* merupakan jenis alat bantu jalan yang umum digunakan lansia. Meski begitu, alat ini pada dasarnya dapat digunakan oleh siapa saja, khususnya pasien gangguan otak atau masalah koordinasi dan keseimbangan. Dalam perkembangan alat bantu *walker* juga sudah banyak berkembang yang kemudian berinovasi menyesuaikan kebutuhan penggunaannya sebagai alat bantu dan juga alat rehabilitasi, salah satunya adalah *walker boots*. *Walker boots* memiliki konsep sebagai alat bantu yang didasari dengan metode eksternal fiksasi dimana pada pemasangannya pada bagian luar jaringan ataupun tulang yang patah, Hal ini bertujuan untuk mengimobilisasi bagian tubuh dalam posisi tertentu dan memberikan tekanan yang merata pada jaringan lunak yang terletak di dalamnya [7].

2.2.5 Sistem Kendali

Sistem kendali merupakan gabungan dari beberapa komponen yang terhubung antara satu komponen dengan satu komponen lainnya bertujuan untuk dapat mengendalikan suatu sistem [13]. Sistem kendali juga dapat dipahami sebagai hubungan antara komponen yang membentuk sebuah konfigurasi sistem, yang akan menghasilkan tanggapan sistem yang diharapkan atau dapat artikan sistem sebagai seperangkat komponen yang saling berhubungan antara satu sama lain untuk membentuk suatu keseluruhan yang utuh. Sistem kendali adalah hubungan antara bagian-bagian, yang merupakan dasar dari teori sistem [14].

2.2.6 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things adalah suatu jaringan komunikasi yang diletakan pada suatu alat dan juga sensor dimana saling memiliki keterkaitan yang dapat dihubungkan dengan satu sama lainnya. Jaringan IoT berperan sebagai sistem untuk mengumpulkan miliaran data dari berbagai perangkat yang berbeda-beda memiliki fungsi tertentu sebagai kegunaan yang dibutuhkan [10]. *Internet of Things* adalah suatu perangkat pintar dan internet yang berkembang saat ini untuk dapat memberikan solusi inovatif terhadap berbagai tantangan dan masalah pada kebutuhan bisnis, industri pemerintah dan publik atau swasta di seluruh dunia [15].

2.2.7 *Esp32 Bord*

NodeMCU ESP32 merupakan broad elektronik *development* kecil sebagai mikrokontroler yang mendukung *Internet of Things* (IoT), merupakan penerus dari ESP8266 yang terkenal espressif. ESP32 *Board* adalah papan mikrokontroler yang sudah memiliki konektivitas *WiFi* secara langsung pada *board*. ESP32 adalah *System on Chip* (SoC) dengan berkemampuan *WiFi* serta *Bluetooth* yang sangat kuat dengan jumlah *general purpose input/output* (GPIO) yang sangat banyak dan *board development* yang menunjukkan kekuatan dalam desain modul *Internet of Things* (IoT) yang sangat mudah diakses [16].

2.2.8 *Aplikasi Blynk*

Blynk merupakan sebuah layanan *server* yang digunakan untuk mendukung *project Internet of Things*. *Blynk* adalah sebuah platform yang bisa membangun *interface* sebagai pengendali dan memantau *hardware* dari *smartphone* seperti android dan ios. Fungsi aplikasi *blynk* adalah berguna untuk memonitoring perangkat keras secara jarak jauh menggunakan berbagai macam media komunikasi mulai dari *Bluetooth*, *Wi-Fi*, Internet, jaringan LAN sampai koneksi data internet nirkabel. *Blynk* bertujuan sebagai alternatif agar tidak menggunakan *coding* yang sangat panjang, dan membuat mudah dalam mengakses perangkat yang kita pakai melalui *smartphone* [10].

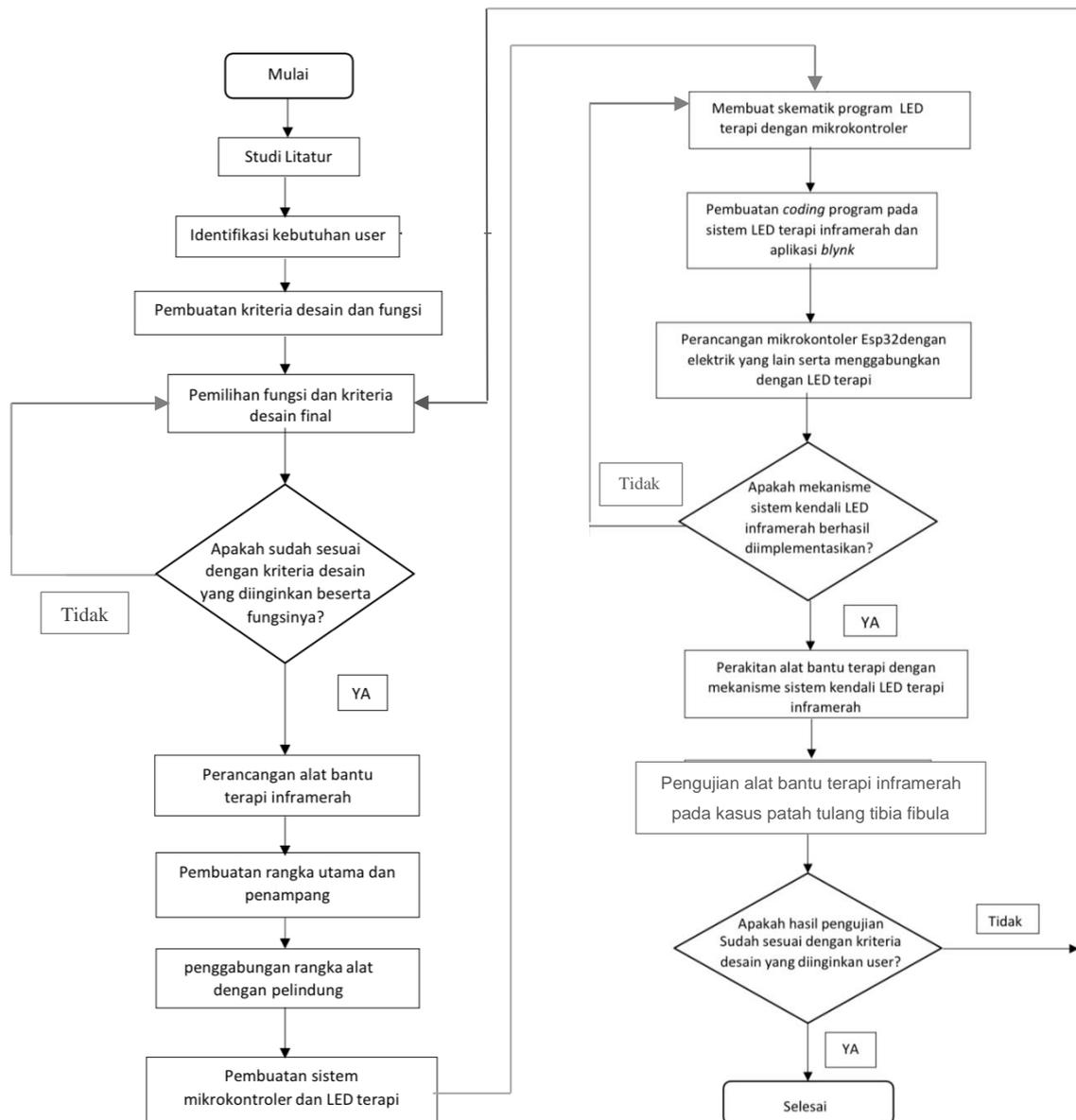
2.2.9 Sinar Inframerah

Inframerah tergolong dalam gelombang elektromagnetik dimana, gelombang elektromagnetik merupakan arah getar dan arah rambat gelombang medan listrik serta medan magnetik yang saling tegak lurus, sehingga gelombang elektromagnetik termasuk gelombang *transversal*. Namun, gelombang elektromagnetik adalah gelombang medan dan bukan gelombang partikel. Gelombang medan adalah gelombang elektromagnetik yang dapat merambat pada ruang hampa [17]. Kegunaan sinar inframerah pada kesehatan salah satunya yaitu dapat meningkatkan sirkulasi mikro serta bergetarnya molekul air akibat pengaruh inframerah sehingga akan menghasilkan panas yang menyebabkan pembuluh kapiler membesar, dan meningkatkan temperatur kulit, serta memperbaiki sirkulasi darah dan mengurangi tekanan Jantung. Kemudian penggunaan sinar inframerah dapat juga meningkatkan metabolisme tubuh. jika sirkulasi mikro dalam tubuh meningkat, racun dapat dibuang dari tubuh kita melalui metabolisme. Hal ini dapat mengurangi beban liver dan ginjal.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Gambar 3.1 merupakan alur penelitian dalam judul rancang bangun alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*.



Gambar 3. 1 Alur penelitian.

3.2 Identifikasi Kebutuhan Pengguna

Pada tahapan ini merupakan identifikasi kebutuhan pengguna yang mengalami patah tulang *tibia fibula* berdasarkan observasi lapangan terhadap kendala ataupun keluhan yang terjadi setelah pasca operasi dan pada saat masa pemulihan patah tulang. Sesuai dengan hasil observasi yang penulis lakukan di Universitas Islam Indonesia pada lima responden yang mengalami patah tulang pada bagian kaki mayoritas mengalami keluhan-keluhan yang dapat dijadikan dasar pembuatan alat ini. Untuk memastikan keluhan-keluhan tersebut, maka diambil data kebutuhan yang menjadi dasar terhadap observasi yang dilakukan dengan menggunakan kuesioner. Adapun kuesioner berisikan pertanyaan terkait keadaan responden setelah dilakukan operasi patah tulang. Kemudian data tersebut digolongkan sebagai data kebutuhan pengguna. Selanjutnya adalah pengumpulan data informasi dengan wawancara secara langsung dan juga menggunakan google formulir kepada fisioterapis yang berada di Yogyakarta. Hal ini bertujuan sebagai konsultasi terkait keterbolehan dalam pembuatan alat yang mencakup kualitas dan kuantitas alat bantu pada kasus patah tulang *tibia fibula*.

3.2.1 Pengumpulan Data Kebutuhan

Pengumpulan data kebutuhan pada tahapan ini adalah menggunakan survei penyebaran google formulir. Google formulir merupakan fitur untuk membuat kuesioner, kuis, atau tes secara daring dengan tujuan guna mengumpulkan informasi ataupun data. Kuesioner ini diberikan kepada pengguna yang mengalami patah tulang *tibia fibula*, dimana pengguna akan mengisi kuesioner berdasarkan pertanyaan yang ditanyakan dan kemudian dijawab sesuai dengan yang dirasakan ataupun dialami. Dari hasil data kuesioner kemudian diambil kesimpulan terkait data kebutuhan yang didapat guna menentukan kriteria desain perancangan alat bantu pada kasus patah tulang *tibia fibula*.

3.2.2 Pengumpulan Data Informasi

Pengumpulan data informasi dilakukan secara langsung bertatap muka seperti wawancara ataupun dengan menggunakan survei google formulir. Pada

tahapan ini dilakukannya wawancara dengan petugas kesehatan dalam bidang fisioterapi sebagai tujuan untuk mendapatkan informasi pendukung dalam perancangan alat terhadap patah tulang *tibia fibula*. Adapun hasil pengumpulan data ini digunakan sebagai menentukan kriteria desain perancangan yang akan dirancang.

3.3 Kriteria Desain

Sebelum menentukan kriteria desain alat bantu terapi inframerah dilakukan pengumpulan data kebutuhan pengguna serta informasi dan wawancara pendukung guna menunjang keberhasilan perancangan. Tahapan penentuan kriteria desain berdasarkan hasil dari data kebutuhan ataupun informasi yang telah diberikan kepada pengguna dan fisioterapis. Adapun hasil wawancara menentukan kriteria desain menggunakan alat bantu terapi inframerah adalah sebagai berikut:

1. Tinggi alat kurang lebih 38 - 40 cm disesuaikan berdasarkan panjang tulang tibia dewasa yaitu sekitar 15 inci atau sekitar 38 cm data di ambil berdasarkan antropometri Indonesia.
2. Ukuran alat menyesuaikan telapak kaki (dewasa) secara umum ukuran 40 (24,5-25 cm), 41 (25,5-26 cm), 42 (26-26,5 cm), 43 (26,5 – 27 cm) berdasarkan antropometri Indonesia.
3. Komponen alat dapat dilepas pasang guna unsur kebersihan.
4. Dapat mengurangi mobilitas gerak pada kaki.
5. Dapat melindungi kondisi kaki yang patah.
6. Mampu menopang atau menyangga untuk mempertahankan kekuatan otot.
7. Mampu digunakan pada kaki kiri dan kanan atau bersifat *universal*.

3.4 Kriteria Produk

Kemudian pada tahapan ini adalah kriteria produk pembuatan alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*. Kriteria produk ditentukan melalui hasil data kebutuhan serta data informasi yang diberikan tenaga kesehatan bidang fisioterapis sebagai pendukung terhadap keamanan yang sesuai dengan ketentuan dalam menangani patah tulang *tibia fibula*. Adapun hasil kriteria produk sebagai berikut:

1. Memberikan kenyamanan pada pengguna saat digunakan.
2. Mampu memberikan rasa hangat dan menjaga kondisi suhu pada bagian kaki yang patah.
3. Dapat diakses menggunakan *smartpone* agar mudah dalam penggunaan
4. Penggunaan LED inframerah dapat di atur dengan waktu yang dianjurkan yaitu 10-20 menit.
5. Berat alat kurang dari 2 kilogram.

3.5 Perancangan Konsep Desain

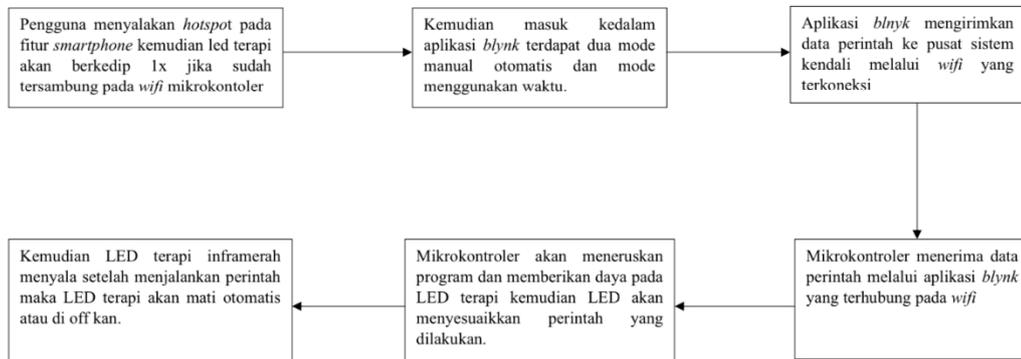
Konsep desain alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* didasari dengan kriteria desain dan juga kriteria produk dimana pada penyusunan konsep desain ini adalah berdasarkan kriteria tersebut. Tahapan pembuatan konsep desain terdapat 3 konsep desain yang dibuat beserta fungsi dan kegunaannya. Setelah dilakukan pembuatan konsep desain kemudian pada tahapan selanjutnya ditentukan kembali oleh pengguna dan fisioterapis, dimana konsep yang telah dibuat akan dipilih sesuai dengan kebutuhan penggunaan produk ataupun kesesuaian dari fisioterapis.

Setelah itu dilanjutkan proses pembuatan alat jika sudah jadi maka akan masuk kedalam tahapan pengujian alat yang akan dibahas pada bab selanjutnya. Perancangan dan pembuatan alat memiliki tujuan sebagai alat bantu dalam masa pemulihan dimana alat tersebut dilengkapi dengan mekanisme sistem kendali yang berguna sebagai pengontrol LED terapi agar dapat digunakan dalam kondisi atau keadaan lingkungan dingin.

3.6 Perancangan Sistem Kendali

Pada proses ini adalah perancangan perangkat lunak terkait sistem kendali pada mekanisme penggunaan LED terapi inframerah. Perancangan sistem kendali merupakan perancangan terhadap semua komponen agar saling berhubungan antara aplikasi *smartphone* dengan pusat sistem kendali. perancangan sistem kendali aplikasi yang digunakan adalah aplikasi *Blynk*, aplikasi ini akan mengirimkan perintah kepada pusat kendali dan pusat sistem kendali akan menerima data dari aplikasi kemudian meneruskan program dan memberikan daya

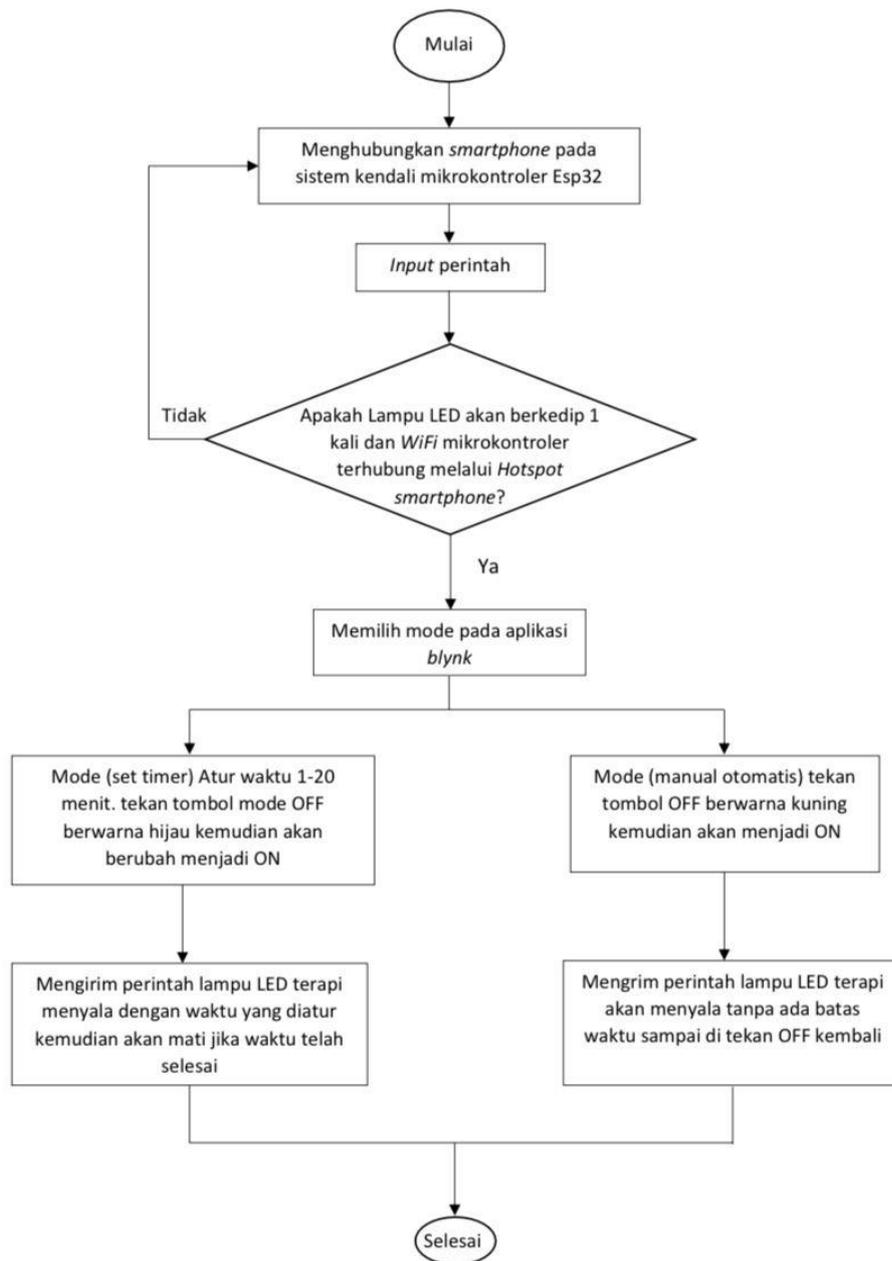
kepada *output* yaitu LED terapi inframerah. Adapun alur keterhubungan perangkat lunak dan sistem kendali dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Alur keterhubungan perangkat.

Kemudian dalam perancangan sistem kendali juga terdapat tahapan alur kerja aplikasi *blynk* dengan mekanisme sistem kendali dimana pada konsepnya menghubungkan *smartphone* dengan pusat sistem kendali menggunakan *hotspot smartphone* yang sudah di *setting* pada pusat sistem kendali agar otomatis terhubung dengan tanda LED terapi akan berkedip pertama sebagai *on/off* yang ditekan menggunakan *push botton* untuk menyalakan mekanisme sistem kendali.

kemudian kedipan kedua maka otomatis sudah tersambung pada *smartphone*. Lalu dalam aplikasi *blynk* terdapat dua mode yaitu mode pertama adalah pengaturan LED terapi menggunakan waktu, dimana durasinya adalah 0-20 menit. Kemudian mode kedua adalah mekanisme manual otomatis yaitu LED terapi akan menyala sendiri tanpa ada waktu dan akan terus menyala hingga di tekan off kembali baru LED akan mati. Pada Gambar 3.4 dapat dilihat terkait diagram alur kerja sistem kendali.



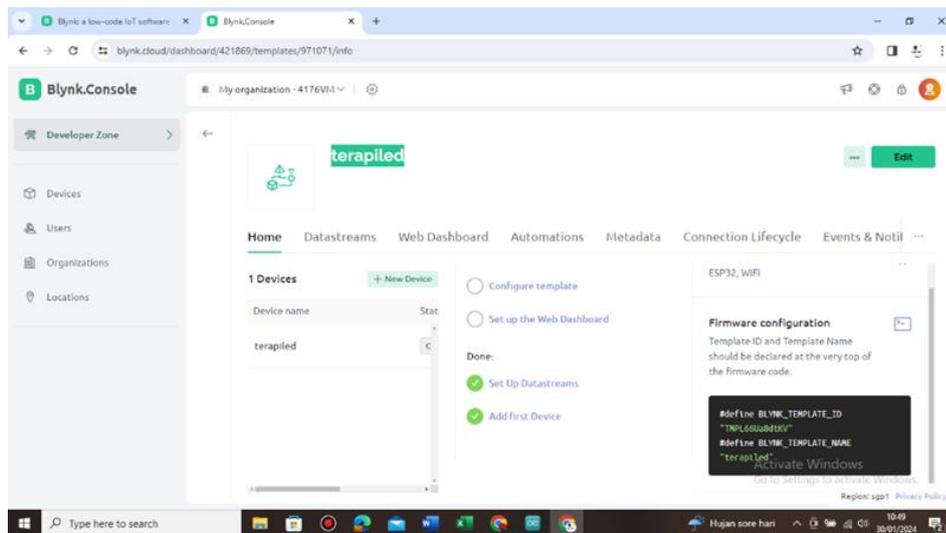
Gambar 3. 3 Diagram alur kerja sis.

3.6.1 Komponen Sistem Kendali

1. Aplikasi *Blynk*

Program aplikasi *blynk* dikoneksikan melalui *website* resmi untuk memproyeksikan program *Internet of Things* pada sistem kendali yang akan dibuat

dan digunakan. Aplikasi *blynk* merupakan sarana dalam menggunakan IoT yang dapat diakses tanpa harus membayar. Dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 4 Web aplikasi *blynk*.

2. Mikrokontroler *Esp32*

Esp32 merupakan pusat sistem kendali sebagai mikrokontroler yang dilengkapi dengan *Soc (System on Chip)* terpadu dengan *wifi*, *bluetooth*, dan internet. *Esp32* merupakan pusat kendali dalam penjalanan program yang akan digunakan dan telah didukung dengan sistem *Internet of Things (IoT)* mempermudah memproyeksikanya dengan penggunaan *smartphone* lewat aplikasi. Penggunaan komponen dapat dilihat pada Gambar 3.6 *Esp32*.



Gambar 3. 5 Mikrokontroler *Esp32*.

3. Modul *Mosfet*

Merupakan modul *mosfet* yang dapat digunakan untuk dapat menggerakkan beban dengan peralihan cepat. Beban yang dapat digerakan dapat berupa lampu, motor, kecepatan motor, dan ban listrik lainnya. Fungsinya sendiri pada rangkaian

adalah mengontrol tegangan dan arus. Komponen mosfet ini dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 6 *Mosfet module.*

4. Saklar *Push Button*

Merupakan salah satu jenis saklar yang menghubungkan dua titik atau lebih dengan cara ditekan, saat tombol ditekan maka akan memutus dua titik atau lebih dalam rangkaian. Dalam fungsi rangkaian kendali ini adalah sebagai komponen untuk menyalakan rangkaian kendali. Dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 7 *Saklar push button.*

5. Baterai lithium 18650

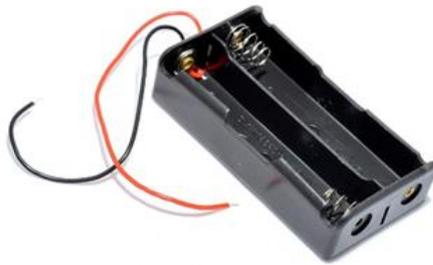
Baterai Lithium 18650 merupakan sebagai sumber daya dalam perjalanan sistem kendali tanpa adanya *power supply*. Hal ini bertujuan guna agar sistem kendali dapat digunakan dimana saja. Baterai lithium berbentuk silinder dengan diameter 18 mm dan Panjang 65 mm dapat dilihat Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3. 8 Baterai lithium 18650.

6. Tempat baterai 2x 18650

Berikut merupakan tempat baterai lithium yang fungsinya untuk di tempatkan baterai sebagai rangkaian untuk daya sistem kendali adapun komponen tempat baterai 2x 18650 dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 9 Tempat baterai lithium.

7. LED Terapi Inframerah

LED terapi inframerah merupakan mekanisme terapi yang bertujuan sebagai pemanas melalui pancaran sinar inframerah gelombang elektromagnetik yang memberikan efek pemanasan jaringan superfisial pada struktur jaringan kulit dan memperlancar aliran darah serta mengurangi spasme otot. LED terapi ini adalah *output* pada sistem kendali yang dihasilkan untuk menjaga kehangatan kaki yang patah. LED terapi inframerah dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 10 LED terapi inframerah.

3.7 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini, terdapat beberapa peralatan dan bahan yang digunakan untuk membantu penulis dalam melaksanakan pembuatan rancang bangun alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*. Dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3. 1 Peralatan yang digunakan.

No	Peralatan	Fungsi
1.	Laptop	Perangkat utama dalam melakukan tahap pra perancangan
2.	<i>Solidworks 2018</i>	Perangkat lunak untuk melakukan desain
3.	Gerindra Tangan	Berfungsi sebagai pemotong plat alumunium
4.	Mesin Drilling	Guna untuk memberikan lubang pada plat
5.	Alat Bending Manual	Sebagai penekuk pada plat alumunium

No	Peralatan	Fungsi
6.	Mesin Las Alumunium	Digunakan sebagai penggabung alumunium pada perancangan
7.	Solder	Guna menyambungkan kabel pada kelistrikan pada komponen
8.	Obeng	Sebagai Pelepas baut
9.	Mistar,	Digunakan sebagai pengukur skala pada ukuran perancangan
10.	Kikir dan Amplas	Sebagai penghalus pada finising produk dan merapikan alat yang digunakan

Tabel 3. 2 Bahan-bahan yang digunakan.

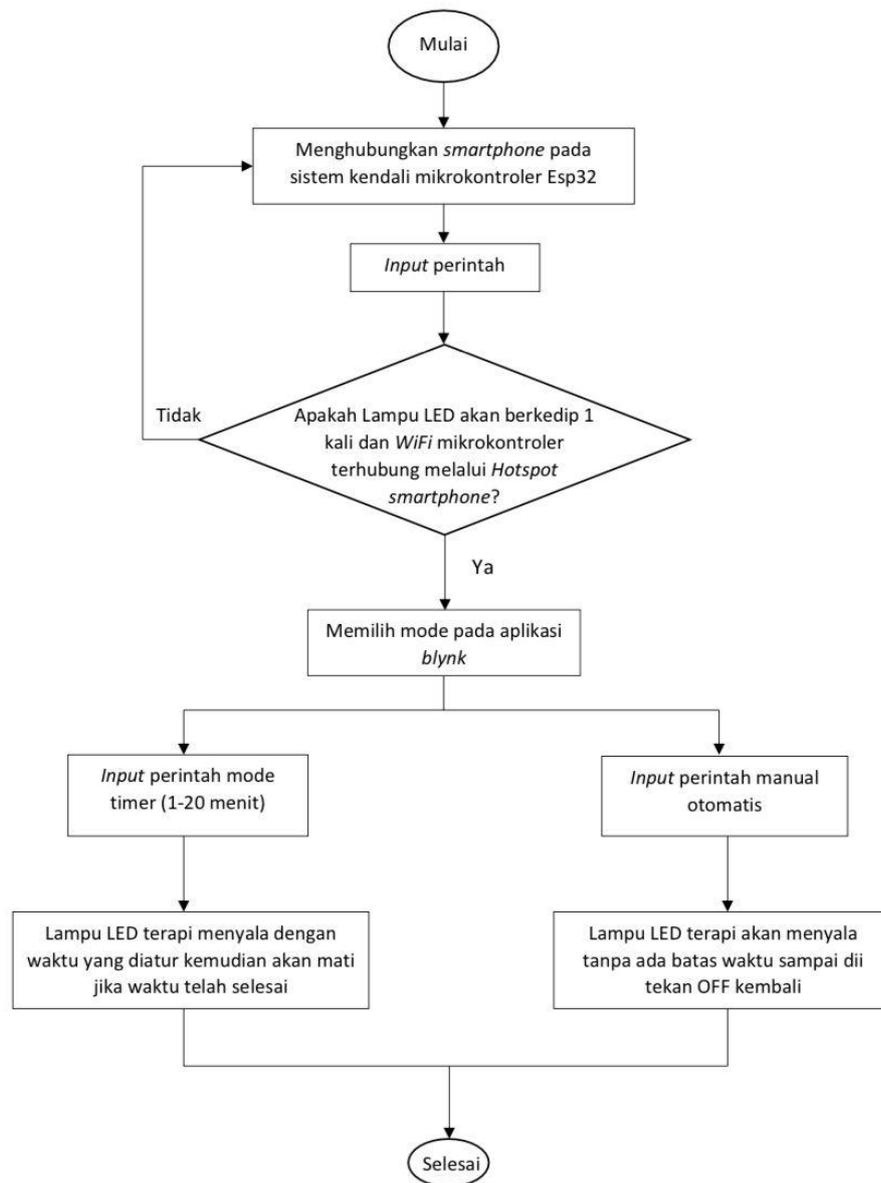
No	Bahan	Jumlah	Fungsi
1.	Plat Alumunium 2 mm (20x50 cm)	1	Digunakan sebagai rangka samping pelindung
2.	Plat Alumunium 3 mm (20x30 cm)	1	Digunakan sebagai alas bawah
3.	LED Fisioterapi Inframerah	1	Sebagai terapi pada bagian dalam <i>knee brace</i> pelindung kaki yang patah
4.	ESP32 IOT	1	Sebagai mikrokontroler untuk kendali dan penghubung dengan smartpone
5.	Batre Lithium	2	Sebagai daya listrik komponen alat
6.	Kaber jumper 20 cm	1	Penghubung kelistrikan komponen
7.	Mosfet Relay Switch PWM	1	Sebagai pestabil daya listrik untuk pada di tegangan rendah dan pengontrol arus.

No	Bahan	Jumlah	Fungsi
8.	Box Batrai 2x Sz 18650	1	Sebagai tempat komponen batrai
9.	Push Botton Warna Merah	1	Sebagai komponen utama dalam on/off pada rangkaian sistem kendali
10.	Busa Hitam ketebalan 2 mm dan 5 mm	1	Alas pelindung material alumunium
11.	<i>Velcro</i>	10	Sebagai pengerat <i>knee brace</i> pelindung patah tulang
12.	Pelindung Kaki <i>knee Brace</i>	1	Sebagai pelindung kaki yang patah yang dikhususkan untuk cedera
13.	Karet Alas Sepatu lembaran	1	Sebagai alas bawah sepatu agar tidak licin atau slip

3.8 Diagram Alur Program

Berikut merupakan rancangan diagram alur program pada rangkaian sistem kendali alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang kering. Program ini bertujuan sebagai pengirim perintah terhadap *output* yang diinginkan pengguna melalui sistem kendali mikrokontroler. Kode program dirancang dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan bahasan pemrograman yang disebut dengan bahasa pemrograman C.

Bahasa pemrograman C adalah *Coding* yaitu bahasa pemrograman yang memiliki langkah-langkah dengan menuliskan kode atau sekrip dalam bahasa pemrograman. Untuk tujuan dalam perancangan dengan penggunaan *coding* adalah sebagai komunikasi yang dilakukan oleh manusia kepada mesin komputer untuk melaksanakan tugas tertentu atau juga sebagai sarana untuk memecahkan masalah. Dapat dilihat berikut merupakan Gambar 3.11 diagram alur program alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*.

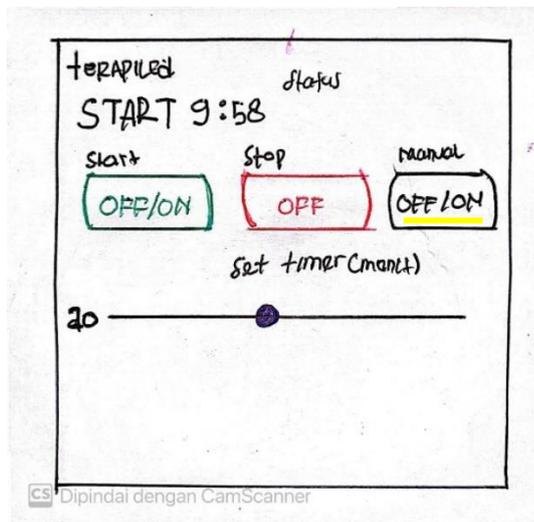


Gambar 3. 11 Diagram alur pemograman.

3.9 Rancangn Antarmuka *Blynk*

Pada aplikasi *blynk* yang akan dirancang terdapat beberapa tombol yang akan dibuat sesuai dengan kebutuhan dari rangkaian sistem kendali. Untuk dapat menjalankan aplikasi tersebut *smartphone* harus terhubungan dengan sistem kendali menggunakan *hotspot smartphone* yang kemudian terhubung dengan *wifi* mikrokontroler *esp32*. Setelah terhubung maka dapat masuk ke dalam aplikasi *blynk*. Kemudian fungsi dari tombol-tombol *icon* memiliki warna serta fungsi

masing-masing yang akan menjadi perintah untuk diteruskan pada sistem kendali. pada rancangan aplikasi ini terdapat 2 mode, mode pertama menggunakan *setting timer* (waktu) dengan dua tombol berwarna hijau dan merah serta icon seperti pengatur suara namun digunakan untuk mengatur waktu. Selanjutnya pada mode kedua adalah manual otomatis tanpa ada batas waktu menggunakan satu tompo berwarna kuning. Sketsa tampilan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 3.12.

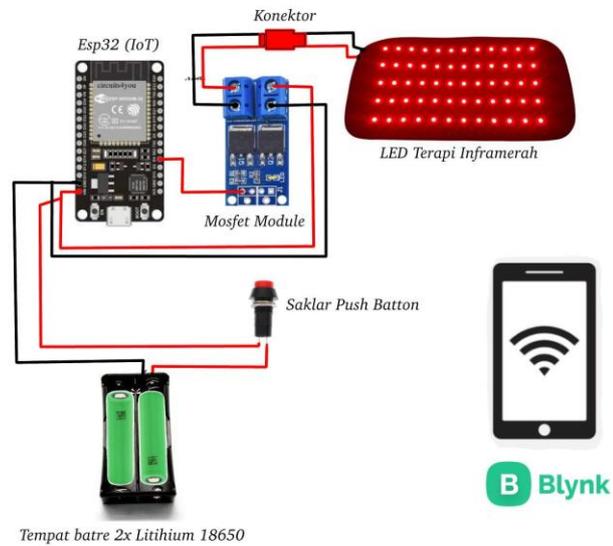


Gambar 3. 12 Sketsa tampilan aplikasi blynk

3.10 Skema Rancangan Rangkaian Kendali

Langkah selanjut adalah merancang perangkat keras sistem kendali dengan berdasarkan komponen-komponen yang akan digunakan untuk mencapai hasil luaran sesuai kebutuhan alat bantu pada kasus patah tulang *tibia fibula*. Pertama adalah penggunaan mikrokontroler *esp32* yang berfungsi sebagai pusat sistem kendali serta komponen utama pada rangkaian sistem yang didukung dengan terkoneksi *wifi* sebagai kebutuhan *Internet of Things*. Kemudian terdapat modul *mosfet* sebagai pengontrol untuk mengatur tegangan dan arus pada rangkaian. Lalu terdapat juga saklar *push botton* sebagai saklar sederhana yang berfungsi sebagai penghubung dan pemutus arus listrik untuk menyalakan sistem dengan cara kerja tekan *unlock* pada rangkaian sistem kendali. Setelah itu sumber daya pada rangkaian ini menggunakan baterai lithium dan box baterai *type 18650*. Pada rangkaian sistem kendali hasil luaran yang dibutuhkan adalah dengan pengguna

komponen LED terapi inframerah, bertujuan untuk dapat membantu menjaga kondisi kaki tetap hangat dan nyaman. Adapun hasil rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Skema rancangan sistem kendali.

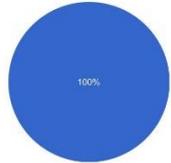
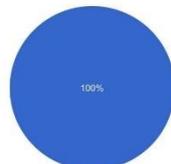
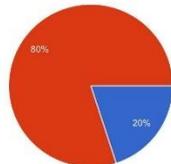
BAB 4

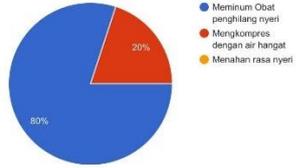
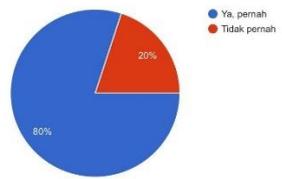
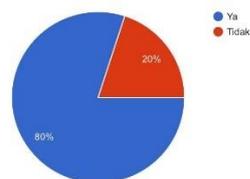
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Kebutuhan

Berdasarkan hasil kuesioner yang diperoleh dari pengguna mengacu terhadap beberapa pertanyaan yang diajukan selama proses pasca operasi serta pada masa pemulihan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data hasil kebutuhan pengguna.

No	Deskripsi	Data Diagram Lingkaran
1.	Hasil menunjukkan bahwa semua user mengalami nyeri yang sangat hebat paska operasi patah tulang kering. Pada kesimpulannya rasa nyeri merupakan keluhan yang dirasakan pasien.	<p>Pada saat pasca/setelah operasi apakah anda mengalami rasa nyeri yang sangat hebat? Copy</p> <p>5 responses</p>  <p>Legend: Ya, merasakan (100%), Tidak, merasakan (0%)</p>
2.	Hasil menunjukkan dalam pengendalian atau mengatasi rasa nyeri semua user patah tulang kering adalah dengan menggunakan obat penghilang nyeri. Pada kesimpulannya sebagai langkah pasca operasi dalam mengatasi nyeri adalah dengan minum obat	<p>Apakah untuk menghilangkan rasa nyeri tersebut dengan menggunakan obat? Copy</p> <p>5 responses</p>  <p>Legend: YA (100%), Tidak (0%)</p>
3.	Dari proses pengeringan luka pasca operasi patah tulang kering mayoritas menjawab dari 4 user adalah dua minggu - tiga minggu, sedangkan 1 user pada masa satu minggu - dua minggu. Disini menunjukkan proses pengeringan yang relatif lama.	<p>Berapa lama luka anda mengering pasca operasi dan tidak ada pembengkakan pada tulang yang di operasi? Copy</p> <p>5 responses</p>  <p>Legend: Satu minggu sampai Dua minggu (20%), Dua minggu sampai Tiga Minggu (80%), Satu bulan (0%), Dua Bulan (0%)</p>

No	Deskripsi	Data Diagram Lingkaran								
4.	<p>Dalam mengatasi rasa nyeri pada saat masa pemulihan (recovery) user mayoritas memilih mengatasi dengan menggunakan obat penghilang nyeri. Artinya user mengendalikan rasa nyeri adalah dengan minum obat. Oleh karena itu perlu alternatif lain dalam mengatasi hal tersebut.</p>	<p>Di masa pemulihan (recovery) ketika merasakan rasa nyeri apa yang anda lakukan untuk menghilangkan rasa nyeri tersebut?</p> <p>5 responses</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Persentase</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Minum Obat penghilang nyeri</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Mengompres dengan air hangat</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>Menahan rasa nyeri</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Kategori	Persentase	Minum Obat penghilang nyeri	80%	Mengompres dengan air hangat	20%	Menahan rasa nyeri	0%
Kategori	Persentase									
Minum Obat penghilang nyeri	80%									
Mengompres dengan air hangat	20%									
Menahan rasa nyeri	0%									
5.	<p>Hasil menunjukkan mayoritas user pernah melakukan mengompres kaki yang patah dengan air hangat. Dalam hal ini bertujuan terhadap penggunaan rasa hangat dapat dibutuhkan pada saat pemulihan oleh user patah ulang kering.</p>	<p>Apakah anda pernah mengompres bagian kaki yang patah dengan air hangat ?</p> <p>5 responses</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Persentase</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ya, pernah</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Tidak pernah</td> <td>20%</td> </tr> </tbody> </table>	Kategori	Persentase	Ya, pernah	80%	Tidak pernah	20%		
Kategori	Persentase									
Ya, pernah	80%									
Tidak pernah	20%									
6.	<p>Hasil menunjukkan mayoritas jawaban ya terhadap kenyamanan dalam pemberian air hangat membuat lebih nyaman atau rileks adalah benar. Kesimpulannya penggunaan rasa hangat membuat nyaman dan rileks pada kaki yang patah.</p>	<p>Apakah air hangat membuat kondisi kaki anda lebih nyaman dan rileks?</p> <p>5 responses</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Persentase</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ya</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>Tidak</td> <td>20%</td> </tr> </tbody> </table>	Kategori	Persentase	Ya	80%	Tidak	20%		
Kategori	Persentase									
Ya	80%									
Tidak	20%									
7.	<p>Hasil menunjukkan pada saat kondisi dingin atau lingkungan yang menjadi dingin user patah tulang kering semuanya menjawab ya, merasakan nyeri atau linu pada tulang yang patah. Kesimpulannya adalah pengaruh dingin juga berpengaruh terhadap kondisi patah tulang.</p>	<p>Apakah dalam kondisi lingkungan yang menjadi dingin membuat tulang anda yang patah merasakan nyeri/ngilu?</p> <p>5 responses</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori</th> <th>Persentase</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ya, merasakan</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Tidak merasakan</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Kategori	Persentase	Ya, merasakan	100%	Tidak merasakan	0%		
Kategori	Persentase									
Ya, merasakan	100%									
Tidak merasakan	0%									

No	Deskripsi	Data Diagram Lingkaran
8.	Hasil juga menunjukkan bahwasanya semua user patah tulang kering merasa ketidaknyamanan pada saat masa pemulihan karena dipengaruhi dengan keadaan dingin.	<p>Apakah kondisi dingin membuat keadaan anda merasa tidak nyaman semasa penyembuhan (recovery) pasca operasi patah tulang?</p> <p>5 responses</p> <p>Legend: Ya (Blue), Tidak (Red)</p>
9.	Pada kesimpulan ini menunjukkan bahwa user setuju dengan pengembangan alat untuk mengatasi beberapa kebutuhan serta keluhan yang dirasakan melalui pengembangan alat terkait patah tulang <i>tibia fibula</i> .	<p>Jika ada pengembangan alat untuk mengatasi kebutuhan pada saat pemulihan patah tulang (recovery) pada bagian kaki yang patah, apakah anda setuju dengan pengembangan tersebut?</p> <p>5 responses</p> <p>Legend: Ya, setuju (Blue), Tidak setuju (Red)</p>

Dari data kuesioner yang diberikan kepada 5 pengguna memiliki tujuan untuk mengetahui kendala ataupun beberapa keluhan yang dirasakan setelah pasca operasi dan juga masa pemulihan. Adapun hasil kesimpulan yang diperoleh dari kuisoner di atas adalah sebagai berikut:

1. Proses pengeringan luka pasca operasi rata-rata paling banyak adalah 2 minggu sampai 3 minggu.
2. Mayoritas responden mengalami nyeri yang sangat hebat pasca operasi patah tulang.
3. Mayoritas responden menggunakan obat untuk mengatasi rasa nyeri tersebut.
4. Pada masa pemulihan (*recovery*) keadaan dingin mempengaruhi ketidaknyamanan *user*.
5. Mayoritas responden mengalami nyeri dan ngilu pada tulang yang patah akibat lingkungan menjadi dingin.
6. Sebagian besar responden menjawab jika di kompres dengan air hangat membuat nyaman dan rileks.

7. Responden setuju dengan adanya pengembangan alat alternatif untuk patah tulang kering.

Adapun beberapa hasil wawancara yang dilakukan oleh penulis terhadap tenaga kesehatan fisioterapis terkait tujuan perancangan ini dilakukan untuk patah tulang *tibia fibula* sebagai pendukung dalam pengetahuan serta batasan-batasan yang boleh dilakukan terhadap perancangan untuk mengatasi beberapa keluhan yang dialami oleh responden patah tulang *tibia fibula*. Adapun hasil wawancara adalah sebagai berikut.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan pada fisioterapis pertama menjelaskan bahwa, penggunaan alat dapat digunakan setelah operasi patah tulang atau ketika masa akut pendarahan (inflamasi), pembengkakan dan luka pada kaki yang patah sudah tidak basah atau mengering. Secara fungsi kegunaan alat tersebut boleh digunakan namun pada dasarnya keutamaan dalam bidang fisioterapis lebih mengutamakan latihan.

Kemudian fisioterapis kedua juga menjelaskan bahwa, penggunaan alat dapat digunakan dengan syarat setelah operasi sudah tidak terjadi inflamasi ataupun pendarahan serta luka sudah mengering itu boleh digunakan. Lalu hubungannya dengan LED inframerah tentu itu akan sangat berfungsi dalam memenuhi kebutuhan *support fisisal* dengan memberikan rasa nyaman untuk menghilangkan trauma pada kaki yang patah serta mengurangi rasa nyeri pada lingkungan yang dingin juga masih diperbolehkan. Saran masukan terhadap fungsi alat adalah dapat mengurangi mobilitas gerak patah tulang agar tidak banyak pergerakan bertujuan untuk tidak menimbulkan adanya cedera tambahan.

Selain itu juga fisioterapis ketiga juga menjelaskan bahwa, penggunaan pen pada tulang membuat fisiologis orang yang patah tulang akan terkena tekanan karena rasa takut adanya pen pada tulang sehingga berdampak pada takutnya untuk menggerakkan, akibatnya membuat kaku dan keadaan menjadi tidak nyaman. Dengan penggunaan LED inframerah yang menyerupai gelombang *infrared* secara tidak langsung memiliki fungsi untuk memberikan rasa hangat. Sisi baiknya rasa hangat untuk tubuh atau metabolisme tubuh bisa melancarkan peredaran darah meskipun hanya memberikan rasa hangat. Dengan lancarnya metabolisme tubuh

atau peredaran darah otomatis rasa-rasa yang tidak nyaman seperti ketegangan otot, spasma otot, takut bergerak, akan menurun dan menimbulkan rasa nyaman.

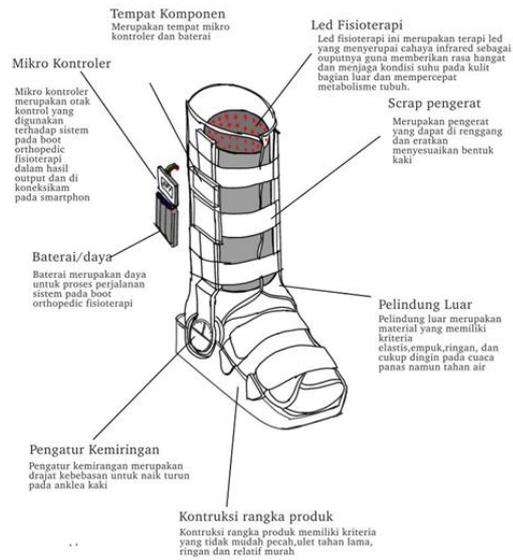
4.2 Hasil Perancangan Konsep Desain

4.2.1 Hasil perancangan konsep desain 1

Pada konsep desain perancangan yang pertama terdapat alas bawah sebagai tempat kaki kemudian dilengkapi dengan dua penampang tiang dan dilengkapi dengan pengunci untuk mengatur kemiringan dari tiang penampang. Kemudian dilengkapi dengan penggambungan pelindung kaki yang tertutup dari telapak kaki hingga tulang kering dibawah lutut. Perancangan ini juga sudah dilengkapi rangkaian sistem kendali beserta tempat kendali dan juga LED inframerah. Kriteria desain 1 merupakan sketsa awal yang masih berupa gambaran informasi terkait perancangan dan sudah disesuaikan dengan kriteria desain adalah sebagai berikut:

1. Tinggi alat kurang lebih 38 - 40 cm di sesuaikan berdasarkan panjang tulang kering dewasa yaitu sekitar 15 inci atau sekitar 38 cm, data diambil berdasarkan antropometri Indonesia.
2. Ukuran alat menyesuaikan telapak kaki pasien (dewasa) secara umum ukuran 40 (24,5-25 cm), 41 (25,5-26 cm), 42 (26-26,5 cm), 43 (26,5 – 27 cm) berdasarkan antropometri Indonesia.
3. Komponen alat dapat dilepas pasang, guna unsur kebersihan.
4. Dapat mengurangi mobilitas gerak pada kaki.
5. Dapat melindungi kondisi kaki yang patah.
6. Mampu menopang atau menyangga untuk mempertahankan kekuatan otot.
7. Mampu digunakan pada kaki kiri dan kanan atau bersifat *universal*.

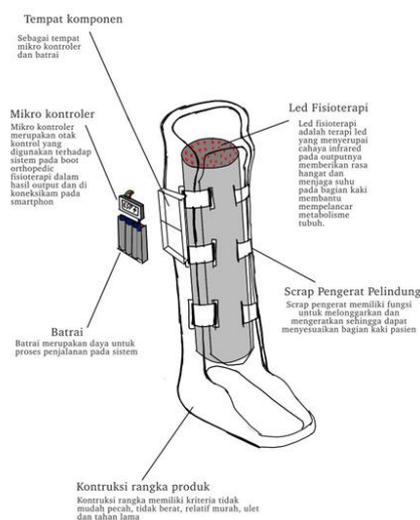
Berikut adalah hasil sketsa desain dari konsep desain 1 dimana dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil konsep desain 1.

4.2.2 Hasil perancangan konsep desain 2

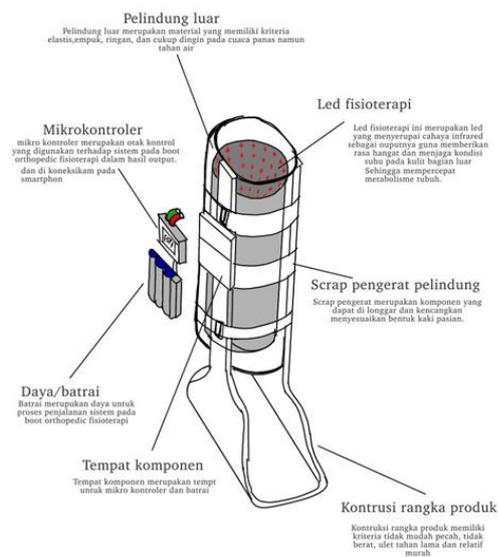
Konsep desain perancangan yang kedua memiliki perbedaan dimana rangka kaki tertutup dengan konstruksi setengah melingkar sebagai pelindung dan penyangga yang kaku. Kemudian bagian depan kaki juga tertutup dengan konstruksi seperti tameng serta sudah dilengkapi dengan rangkaian kendali serta tempat komponen sistem kendali dan juga LED inframerah. Kriteria desain ke 2 merupakan sketsa dan juga sudah disesuaikan dengan kriteria desain perancangan. Dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Hasil konsep desain 2.

4.2.3 Hasil perancangan konsep desain 3

Berikut hasil perancangan konsep desain 3 dimana rangka kontruksi alas terganggu menjadi satu dengan 2 tiang penampang dan dilengkapi dengan pelindung pada bagian tulang *tibia fibula* tidak sampai ke telapak kaki bawah. Lalu dilengkapi juga dengan rangkaian sistem kendali beserta tempat komponen sistem kendali serta LED inframerah pada bagian dalam. Kriteria desain ke 3 juga merupakan sketsa yang sudah disesuaikan dengan kriteria desain perancangan. Dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil konsep desain 3.

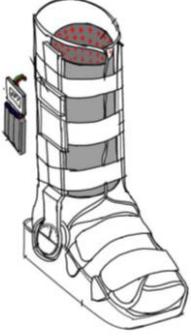
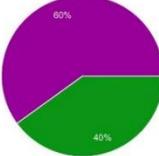
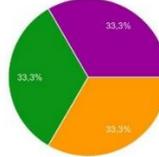
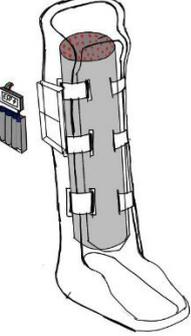
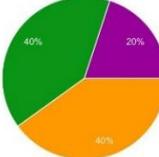
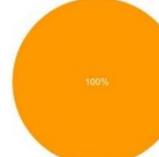
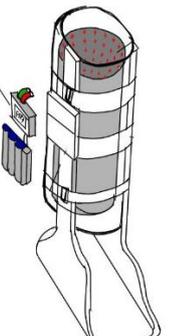
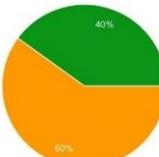
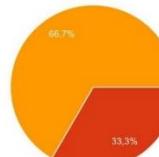
4.3 Hasil Desain Terpilih

Dalam penentuan konsep desain yang terpilih adalah berdasarkan pemilihan dan kesesuaian yang sesuai dengan 5 pengguna dan 3 fisioterapis oleh karenanya itu didalam penentuan juga diberikan beberapa pertanyaan serta diminta untuk memberi nilai kesesuaian terhadap tiga desain yang diberikan. Pada dasarnya yang menentukan serta memilih adalah pengguna serta fisioterapis melalui kuisioner yang diberikan. Setelah hasil sudah terpilih kemudian akan di desain melalui *software SolidWorks 2018*.

4.3.1 Hasil pemilihan desain

Berikut merupakan hasil pemilihan yang dilakukan oleh 5 pengguna dan 3 fisioterapis terhadap sketsa konsep desain dalam pembuatan alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*. Dapat dilihat melalui Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Hasil konsep desain terpilih.

No	Sketsa konsep desain	Hasil diagram lingkaran pengguna	Hasil diagram lingkaran fisioterapis
1.		<p>Berikan skala penilaian pada sketsa tersebut terhadap kesesuaian terhadap kriteria anda jika digunakan!?</p> <p>5 jawaban</p>  <ul style="list-style-type: none"> 1. Sangat tidak sesuai 2. Tidak sesuai 3. Cukup 4. Sudah sesuai 5. Sangat sudah sesuai 	<p>Berikan skala penilaian pada sketsa tersebut terhadap kesesuaian kriteria anda jika dipergunakan!?</p> <p>3 jawaban</p>  <ul style="list-style-type: none"> 1. sangat tidak sesuai 2. tidak sesuai 3. cukup 4. sudah sesuai 5. sangat sudah sesuai
2.		<p>Berikan skala penilaian pada sketsa tersebut terhadap kesesuaian terhadap kriteria anda jika digunakan!?</p> <p>5 jawaban</p>  <ul style="list-style-type: none"> 1. Sangat tidak sesuai 2. Tidak Sesuai 3. Cukup 4. Sudah Sesuai 5. Sangat sudah sesuai 	<p>Berikan skala penilaian pada sketsa tersebut terhadap kesesuaian kriteria anda jika dipergunakan!?</p> <p>3 jawaban</p>  <ul style="list-style-type: none"> 1. sangat tidak sesuai 2. tidak sesuai 3. cukup 4. sudah sesuai 5. sangat sudah sesuai
3.		<p>Berikan skala penilaian pada sketsa tersebut terhadap kesesuaian terhadap kriteria anda jika digunakan!?</p> <p>5 jawaban</p>  <ul style="list-style-type: none"> 1. Sangat tidak sesuai 2. tidak sesuai 3. cukup 4. Sudah sesuai 5. Sangat sudah sesuai 	<p>Berikan skala penilaian pada sketsa tersebut terhadap kesesuaian kriteria anda jika dipergunakan!?</p> <p>3 jawaban</p>  <ul style="list-style-type: none"> 1. sangat tidak sesuai 2. tidak sesuai 3. cukup 4. sudah sesuai 5. sangat tidak sesuai

Berdasarkan tabel 4.2 dalam pemilihan sketsa desain dapat dilihat pada diagram bulat hasil kuisioner yang di isi oleh pengguna dan fisioterapis dimana dalam pemilihan ketiga sketsa desain nilai tertinggi berada pada sketsa desain pertama yaitu total skala penilaian adalah 35 poin sedangkan sketsa kedua 28 poin dan sketsa ketiga adalah 22 poin. Maka hasil yang terpilih adalah konsep sketsa desain yang pertama berdasarkan jawaban dari 5 pengguna dan 3 fisioterapis.

4.3.2 Hasil desain *solidwork*

Tahap selanjutnya adalah pembuatan desain yang terpilih melalui *software solidwork 2018* terhadap beberapa ketentuan yang disesuaikan dengan sketsa konsep desain. Hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam pembuatan rancang bangun alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*. Adapun hasil desain terpilih dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6. Hasil desain disesuaikan dengan kriteria desain dan produk adalah sebagai berikut:

Kriteria desain:

1. Tinggi alat kurang lebih 38 - 40 cm disesuaikan berdasarkan panjang tulang kering dewasa yaitu sekitar 15 inci atau sekitar 38 cm.
2. Ukuran alat menyesuaikan telapak kaki pasien (dewasa) secara umum ukuran 40 (24,5-25 cm), 41 (25,5-26 cm), 42 (26-26,5 cm), 43 (26,5 – 27 cm).
3. Komponen alat dapat dilepas pasang guna unsur kebersihan.
4. Dapat mengurangi mobilitas gerak pada kaki.
5. Dapat melindungi kondisi kaki yang patah.
6. Mampu menopang atau menyangga untu mempertahankan kekuatan otot.
7. Mampu digunakan pada kaki kiri dan kanan atau bersifat *universal*.

Kriteria produk:

1. Memberikan kenyamanan pada pengguna saat digunakan.
2. Mampu memberikan rasa hangat dan menjaga kondisi suhu pada bagian kaki yang patah.
3. Dapat diakses menggunakan *smartpone* agar mudah dalam penggunaan
4. Penggunaan LED inframerah dapat diatur dengan waktu yang dianjurkan yaitu 10-20 menit

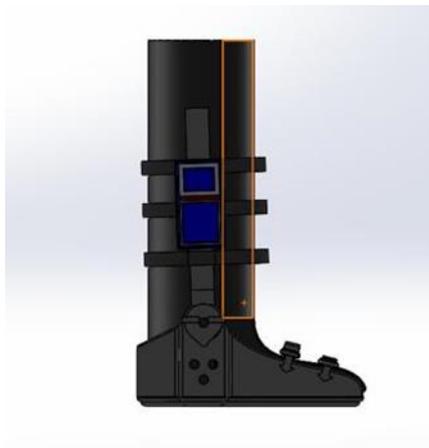
5. Berat alat kurang dari 2 kg.

Skala perancangan alat:

1. Tinggi alat secara keseluruhan adalah 40,5 cm.
2. Panjang telapak alas adalah 28 cm.
3. Lebar telapak alas adalah 12,5 cm.
4. Panjang penampang dari adalah 30 cm.
5. Diameter pengunci 3,25 cm.
6. Box sistem kendali lebar 7,5 cm dan panjang 10 cm.



Gambar 4. 4 Hasil desain terpilih.



Gambar 4. 5 Tampak samping.



Gambar 4. 6 Tampak depan.

4.4 Hasil Perancangan Konsep Desain

4.4.1 Hasil pembuatan alat

Proses pembuatan alat bantu terapi inframerah dilakukan di labolaturium proses produksi Universitas Islam Indonesia. Bagian pertama yang diproses adalah pembuatan alas bawah sepatu dengan dilakukanya pembuatan mall yang ditaruh pada material plat aluminium ketebalan 2 mm dan juga 3 mm. kemudian dilakukan pemotongan menggunakan gerinda potong agar membentuk alas alat bantu terapi. Dapat dilihat pada Gambar 4.7 hasil pemotongan pada plat aluminium.



Gambar 4. 7 Hasil pemotongan plat alumunium.

Setelah melakukan pemotongan dalam pembuatan alas tahap selanjutnya adalah menekuk bagian sisi belakang alat bantu terapi dengan alat tekuk manual. Tujuan dilakukan penekukan adalah guna menyesuaikan *frame* sepatu pada bagian sisi belakang agar sesuai dengan desain yang dibuat adapun hasil tekukan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Hasil tekukan frame alat bantu.

Setelah dilakukan penekukan pada komponen *frame* sepatu kemudian tahapan selanjutnya adalah melakukan pembuatan *frame* penampang yang akan digabungkan pada alas sepatu. Terdapat dua *frame* pendek yang akan dipatenkan dengan pengelasan khusus aluminium hal ini bertujuan sebagai kekakuan serta kekokohan penampang nantinya jika digabungkan dengan *frame* yang panjang agar tidak mudah geser ataupun patah jika terkena beban yang berat. Untuk hasil alas sepatu dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Hasil pengelasan aluminium.

Setelah itu pembuatan *frame* panjang penampang serta pengunci pada bagian *frame* agar dapat diatur kemiringannya menyesuaikan kaki. Tujuan *frame* penampang adalah guna sebagai penyangga yang berguna untuk mengurangi mobilitas gerak pada tulang yang patah, adapun hasil dalam pembuatan tahapan ini adalah rangka komponen utama pada alat dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Hasil rangka utama alat bantu.

Kemudian dilakukan penyempurnaan pada komponen utama alas sepatu dengan *frame* penampang. Penyempurnaan ini juga melalui tahap pengecatan, pelapisan, busa hitam pada alas, serta pemasangan *Velcro* penempel kain, dan juga pengerat pada bagian bawah kaki. Busa hitam adalah sebagai pelindung agar tidak langsung terkena oleh aluminium sebagai material penggunaan. *Velcro* berfungsi sebagai pengerat kain nantinya yang akan di padukan dengan *knee brace* material khusus cedera kaki atau patah tulang Pada tahapan ini kurang dilakukan pemasangan karet alas pada pembuatan. Untuk hasil pengerjaan dapat dilihat Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Hasil rangka utama.

4.4.2 Hasil perancangan sistem kendali

Selanjutnya proses pembuatan mekanis sistem kendali, dalam pembuatan terdapat beberapa komponen yaitu mikrokontoler *Esp32*, Kabel Jumper, *Mosfet*, *Push Botton*, Baterai Lithium 18650, Box Baterai *size* 18650, dan LED terapi inframerah. Semua komponen dirakit menjadi satu dan sebagai rangkaian sistem kendali. Mikrokontroler *esp32* berfungsi sebagai pusat kendali dalam menerima perintah serta meneruskan pada program untuk hasil *output* adalah LED terapi inframerah.

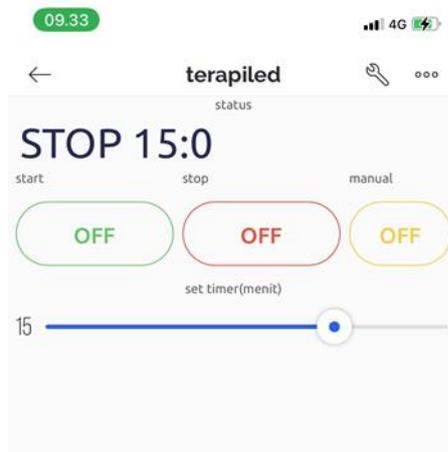
Esp32 memiliki peran penting pada perancangan sistem kendali dikarenakan sebagai pusat kendali terhadap hasil sistem. Kemudian *mosfet* merupakan komponen yang berfungsi sebagai pengatur daya tinggi namun juga sebagai resistansi rendah. Pada dasarnya sebagai pengatur arus pada rangkaian sistem kendali. Lalu baterai lithium dan juga box baterai adalah sebagai sumber daya terhadap rangkaian sistem kendali dan juga LED terapi inframerah, tanpa adanya sumber daya tidak dapat digunakan. *Push botton* digunakan sebagai komponen untuk mengaktifkan pusat kendali dan mekanisme sistem kendali serta mematikan sistem.

Fungsi LED terapi inframerah merupakan sebagai penghangat pada sekitar kaki yang patah dan menjadi *support fisial* pada lapisan luar kulit untuk tetap hangat. LED terapi inframerah adalah ouput hasil dari mekanisme sistem kendali dimana *output* hasilnya adalah dapat menyala dengan menggunakan aplikasi *blnyk* dan terdapat dua mode, mode pertama adalah LED dapat diatur waktu, sedangkan mode kedua LED dapat diaktifkan dengan manual otomatis yaitu tanpa adanya waktu dan untuk mematikan tinggal ditekan tombol OFF. Berikut adalah hasil skematik sistem kendali dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Hasil perakitan komponen.

Selanjutnya adalah cara kerja penggunaan aplikasi *blynk* dalam penggunaan LED terapi inframerah. Aplikasi *blynk* merupakan aplikasi yang umum digunakan dalam pembuata sistem kendali dan IoT dimana aplikasi ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang kita inginkan. Fungsi aplikasi *blynk* digunakan untuk *memonitoring* perangkat keras secara jarak jauh menggunakan berbagai macam media komunikasi mulai dari *Bluetooth*, *Wi-Fi*, internet, jaringan LAN sampai koneksi data internet nirkabel. Dapat dilihat pada Gambar 4.13 penjelasan mengenai aplikasi *blynk*.



Gambar 4. 13 Tampilan aplikasi *blynk* pada *smartphone*.

Gambar diatas merupakan tampilan aplikasi *blynk* penggunaan pada alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* yang sudah berbasis

IoT dimana penggunaannya adalah menggunakan internet dalam sistem *monitoring* LED terapi inframerah. Pada tampilan aplikasi terdapat dua mode, mode pertama adalah *setting timer* (menit) dalam bentuk seperti pengaturan *volume* dengan tampilan waktu pada bagian atas disamping kata (STOP), merupakan waktu yang diatur dimana waktu yang dibuat dari 1 menit sampai 20 menit, pengguna dapat mengatur berapa lama ingin menggunakan waktu tersebut namun maksimal hanya 20 menit, kemudian tombol OFF hijau adalah start waktu untuk memulai penggunaan dan akan menjadi ON ketika ditekan dan akan OFF otomatis setelah waktu habis. Mode kedua adalah manual otomatis dimana lampu dapat menyala tanpa ada batas waktu. Kemudian untuk tombol startnya adalah OFF berwarna kuning yang akan berubah menjadi ON ketika ditekan atau memulai menggunakan mode manual otomatis. Kemudian berikut adalah hasil perancangan sistem kendali dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Hasil perancangan sistem kendali.

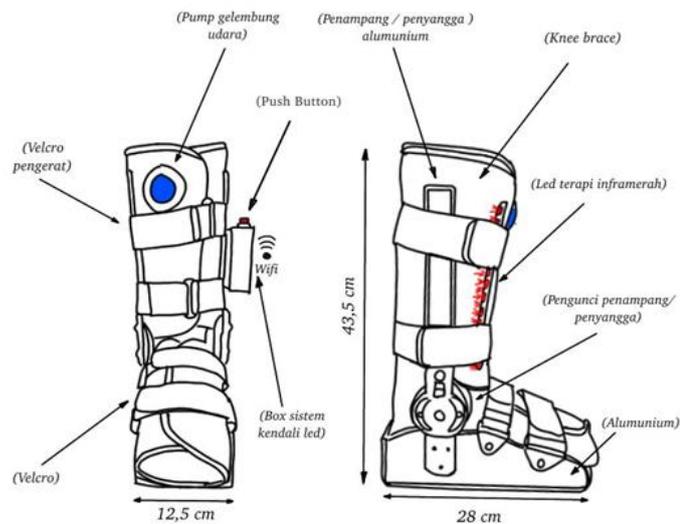
Pada tahapan ini merupakan hasil perakitan alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*. Perakitan dari alat bantu terapi inframerah dengan sistem kendali dimana dalam perakitan sendiri menggabungkan seluruh komponen yang sudah dibuat dengan penggunaan material pengikat kain yaitu *Velcro* sehingga seluruh komponen dapat terpasang serta dapat dilepas kembali apabila ingin di cuci ataupun dibersihkan. Lalu perakitan ini telah memenuhi unsur kriteria produk dan kriteria desain. Berikut hasil akhir perancangan dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Hasil perancangan alat bantu terapi inframerah.

4.5 Tata Cara Penggunaan Alat

Berikut merupakan informasi alat serta cara penggunaan alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*, kompoenen alat dapat dilepas pasang secara keseluruhan meliputi pelindung *knee brees* dapat dilihat pada Gambar 4.16 serta tatacara penggunaan alat dapat dilihat pada tabel 4.3.

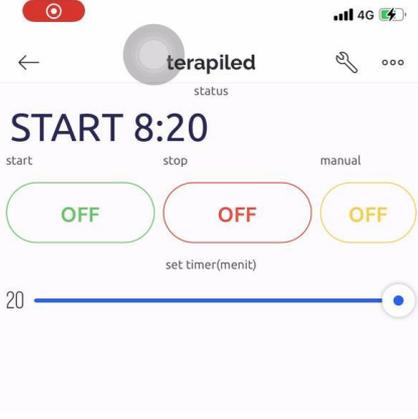


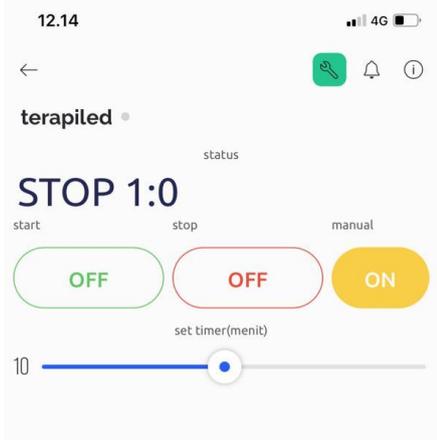
Berat Alat Mencapai : 1.67 Kg

Gambar 4. 16 Informasi alat bantu terapi inframerah.

Tabel 4. 3 Tatacara Penggunaan Alat

No	Tatacara penggunaan	Petunjuk gambar
1.	Buka pengeras kain (<i>Velcro</i>) secara bergantian dari pengeras atas kemudian pengeras kaki bagian bawah lalu buka pelindung (<i>knee brace</i>).	
2.	Jika sudah langkah kedua masukan kaki pada pelindung (<i>knee Brace</i>) kemudian atur posisi LED terapi inframerah sesuai kebutuhan	
3.	Kemudian tutup pelindung (<i>knee brace</i>) eratkan pengeras pelindung jika sudah tertutup, atur pengeras kain (<i>Velcro</i>) sesuai kebutuhan pada bagian atas serta kaki bagian bawah	
4.	Jika sudah diertakan semua pengguna dapat mengaktifkan sistem otomatis LED dengan cara menekan <i>Push Batton</i> satu kali kemudian lampu LED akan berkedip satu kali menandakan sistem kendali sudah aktif.	

No	Tatacara penggunaan	Petunjuk gambar
5.	<p>Lalu pengguna dapat mengaktifkan <i>hotspot</i> pada <i>smartphone</i> yang kemudian akan tersambung otomatis pada sistem kendali dan ditandai dengan kedipan lampu LED sebanyak 1 kali menandakan sudah terhubung dengan <i>smartphone</i></p>	
6.	<p>Pengguna dapat masuk kedalam aplikasi <i>Blynk</i> kemudian dapat memilih dua mode yang berada pada tampilan aplikasi <i>Blynk</i></p>	
7.	<p>Mode pertama adalah menggunakan waktu 1 sampai 20 menit pengguna dapat mengatur waktu tersebut sesuai dengan keinginan dan akan menyala setelah ditekan tombol OFF berwarna hijau. jika sudah mencapai diantara waktu tersebut maka LED terapi inframerah akan otomatis mati.</p>	

No	Tatacara penggunaan	Petunjuk gambar
8.	Mode kedua adalah manual otomatis yang dimana pengguna dapat menyalakan LED dengan menekan tombol OFF berwarna kuning kemudian akan berubah menjadi ON dan lampu akan menyala tanpa ada batas waktu. Lalu jika ingin dimatikan silahkan tekan tombol ON berwarna kuning dan akan berubah menjadi OFF menandakan lampu sudah mati	
9.	Jika ingin dilepas tinggal silahkan buka pengelat kain (<i>Velcro</i>) kemudian buka pelindung <i>knee brace</i> dan keluarkan kaki. Kemudian tekan <i>push batton</i> kembali untuk mematikan sistem kendali.	

4.6 Hasil Pengujian

Pada pengujian yang dilakukan penelitian ini penulis melakukan dua pengujian alat secara langsung terhadap pengguna patah tulang dan fisioterapis. Pengujian dilakukan dengan menggunakan secara langsung alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* terhadap pengguna, kemudian diberikan kuisioner pertanyaan terkait alat bantu terapi inframerah pengguna dapat memberikan *feedback* mengenai penggunaan alat apakah sudah sesuai dan layak ketika digunakan. Lalu pengujian kedua bersama tenaga kesehatan *fisioterapis* dimana dalam pengujian ini fisioterapis dapat melihat secara langsung serta memperhatikan mekanisme alat dan cara kerja. Setelah itu fisioterapis akan memberikan *feedback* terkait alat bantu terapi inframerah melalui kuisioner yang

diberikan. Adapun hasil pengujian alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18.



Gambar 4. 17 Proses pengujian bersama pengguna.



Gambar 4. 18 Proses pengujian bersama fisioterapis.

Setelah dilakukan proses pengujian bersama pengguna (user) dan fisioterapi terhadap penggunaan alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*, kemudian pengguna dan fisioterapi diberi *google form* yang sudah dibuat terkait aspek yang ditanyakan. Adapun pertanyaan pengguna adalah sebagai berikut:

1. Apakah produk alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* ini sudah memenuhi kriteria standar kelayakan dalam pengoprasianya sesuai keinginan anda?
2. Apakah produk tersebut sudah sesuai untuk dapat melindungi serta mengurangi mobilitas gerak pada kaki tulang yang patah?

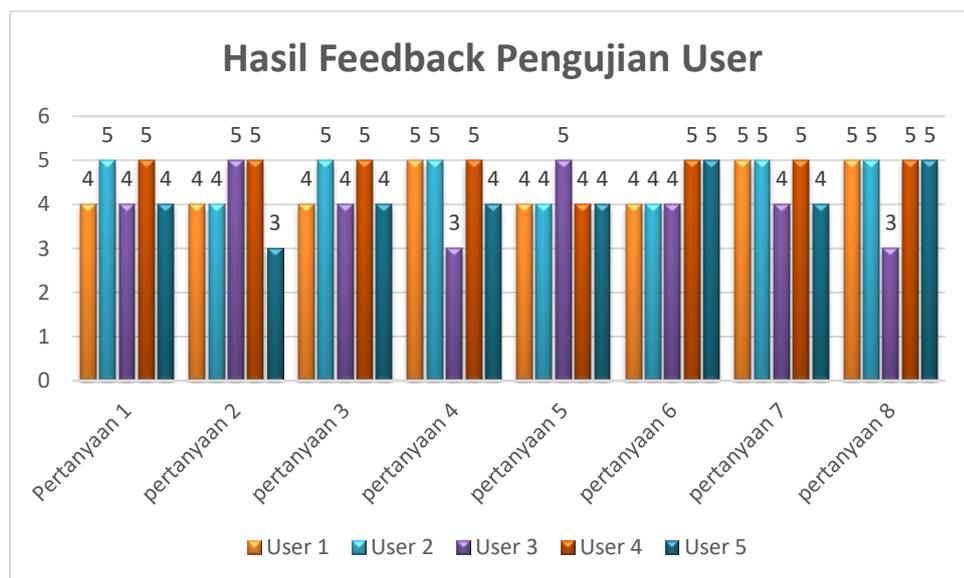
3. Dengan adanya penambahan LED fisioterapi yang menyerupai *infrared* memancarkan cahaya merah untuk memberikan rasa hangat dan menjaga kondisi suhu pada bagian kaki yang patah menurut anda apakah sudah sesuai dengan kriteria yang anda inginkan?
4. Apakah dalam penggunaan alat tersebut mudah?
5. Apakah alat tersebut ringan untuk dibawa kemana-mana?
6. Apakah alat tersebut sudah sesuai dengan kriteria yang diinginkan sebelumnya?
7. Apakah sistem otomatis LED *infrared* fisioterapi yang dikontrol menggunakan *smartphone* pada alat atau produk tersebut sudah sesuai dan dapat berfungsi?
8. Apakah Alat/Produk sepatu orthopedi fisioterapi patah tulang sudah aman dan sesuai untuk digunakan oleh orang yang mengalami patah tulang *tibia fibula*?
9. Kritik dan saran perbaikan

Kemudian pertanyaan tenaga kesehatan fisioterapis sebagai berikut:

1. Apakah produk alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* ini sudah memenuhi kriteria standar kelayakan dalam pengoperasiannya?
2. Pada bagian penyangga/ penopang alat tersebut apakah sudah sesuai untuk mempertahankan kekuatan otot agar dapat menahan berat badan pasien?
3. Apakah produk tersebut sudah sesuai untuk dapat melindungi serta mengurangi mobilitas gerak pada kaki tulang yang patah?
4. Dengan adanya penambahan LED fisioterapi yang menyerupai *infrared* memancarkan cahaya merah untuk memberikan rasa hangat dan menjaga kondisi suhu pada bagian kaki yang patah menurut anda apakah sudah sesuai?
5. Apakah dalam penggunaan alat tersebut mudah?
6. Apakah alat tersebut dikategorikan ringan untuk dapat digunakan pada pasien patah tulang *tibia fibula*?
7. Apakah alat tersebut sudah sesuai dengan kriteria yang diinginkan sebelumnya?
8. Apakah sistem otomatis LED *infrared* fisioterapi yang dikontrol menggunakan *smartphone* pada alat atau produk tersebut sudah sesuai dan dapat berfungsi?
9. Menurut anda apakah alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* sudah aman dan sesuai untuk digunakan oleh orang yang mengalami patah tulang?
10. Kritik dan saran perbaikan alat.

4.6.1 Hasil *feedback google form* pengguna

Hasil pengujian ini dilakukan dengan lima orang pengguna (*user*) yang mengalami patah tulang *tibia fibula*. Dalam pengujian alat ke lima *user* akan menggunakan alat bantu terapi inframerah setelah itu kemudian akan memberikan hasil *feedback* melalui *google form* yang diberikan. Adapun *google form* berisikan pertanyaan diatas teruntuk pertanyaan terhadap pengguna lalu untuk setiap pertanyaan memiliki skala penilaian 1-5 yang dimana 1 adalah sangat tidak sesuai, 2 tidak sesuai, 3 cukup, 4 sudah sesuai dan 5 sudah sangat sesuai. Kemudian hasil *feedback* ke lima pengguna (*user*) dapat dilihat pada gambar 4.19 sebagai berikut.



Gambar 4. 19 Hasil *feedback* pengujian *user*.

Penjelasan hasil data di atas adalah sebagai berikut:

1. Apakah produk alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* ini sudah memenuhi kriteria standar kelayakan dalam pengoprasianya sesuai keinginan anda?

Pembahasan: pada pertanyaan pertama ke lima user memberikan skala penilaian 4 dan 5 artinya (sudah sesuai) dan (sudah sangat sesuai). Hasil ini menunjukkan bahwa kesuaian terkait kriteria standart kelayakan dan pengoprasianya sudah sesuai dengan kelima pengguna (User).

2. Apakah produk tersebut sudah sesuai untuk dapat melindungi serta mengurangi mobilitas gerak pada kaki tulang yang patah?

Pembahasan: kemudian pada pertanyaan ke dua ke lima user memberikan nilai satu pada skala 3 (cukup), dua nilai skala 4 (sudah sesuai) dan dua nilai skala 5 (sudah sangat sesuai). Berdasarkan hasil penilaian menunjukkan setelah dilakukan penggunaan alat bantu terapi inframerah secara langsung user memberikan jawaban bahwa kegunaanya alat dapat mengurangi mobilitas gerak serta dapat sebagai pelindung pada kaki tulang yang patah.

3. Dengan adanya penambahan LED fisioterapi yang menyerupai *infrared* memancarkan cahaya merah untuk memberikan rasa hangat dan menjaga kondisi suhu pada bagian kaki yang patah menurut anda apakah sudah sesuai dengan kriteria yang anda inginkan?

Pembahasan: pada pertanyaan ke tiga hasil skala penilaian sama dengan pertanyaan satu yaitu 4 dan 5 artinya (sudah sesuai - sudah sangat sesuai) berdasarkan jawaban dari 5 user menunjukkan kesuaian terkait adanya LED terapi inframerah yang bertujuan secara fungsinya untuk menimbulkan rasa hangat melalui pancaran sinar LED terapi inframerah.

4. Apakah dalam penggunaan alat tersebut mudah?

Pembahasan: Pada pertanyaan ke empat hasil skala penilaiannya adalah satu nilai pada skala 3 (cukup) dan satu nilai skala 4 (sudah sesuai) dan 3 pada skala 5 (sudah sangat sesuai). Hasil penilaian ini menunjukkan bahwa dalam penggunaan alat masih tergolong mudah dan tidak sulit digunakan.

5. Apakah alat tersebut ringan untuk dibawa kemana-mana?

Pembahasan: Pada pertanyaan ke lima hasil skala penilaian empat user memberikan nilai pada skala 4 (sudah sesuai) kemudian satu jawaban user skala 5 (sudah sangat sesuai) menunjukkan alat bantu terapi inframerah tergolong ringan karena masih dibawah 2 Kilogram sehingga dapat dibawa bepergian kemana-mana.

6. Apakah alat tersebut sudah sesuai dengan kriteria yang diinginkan sebelumnya?

Pembahasan: Pada pertanyaan ke enam hasil penilaian tiga pengguna pada skala 4 (sudah sesuai) kemudian 2 pengguna pada skala 5 (sangat sudah sesuai) hasil ini menunjukkan bahwa perancangan dan pembuatan alat ini sudah sesuai dengan kriteria keinginan user patah tulang *tibia fibula*.

7. Apakah sistem otomatis LED *infrared* fisioterapi yang dikontrol menggunakan *smartphone* pada alat atau produk tersebut sudah sesuai dan dapat berfungsi?

Pembahasan: kemudian pada hasil pertanyaan ke tujuh skala penilaian dua pengguna berada pada 4 (sudah sesuai) lalu tiga pengguna memberikan skala 5 (sudah sangat sesuai). Hasil ini menunjukkan dengan adanya sistem otomatis pada LED terapi inframerah yang dikontrol menggunakan *smartphone* sudah sesuai serta dapat berfungsi sesuai dengan kegunaannya.

8. Apakah alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* sudah aman dan sesuai untuk digunakan oleh orang yang mengalami patah tulang?

Pembahasan: Pada hasil skala penilaian terakhir ke delapan satu pengguna pada satu skala 4 (sudah sesuai) dan 4 pengguna lain skala 5 (sudah sangat sesuai). Berdasarkan hasil ini menunjukkan bahwa pada saat digunakan oleh pengguna patah tulang *tibia fibula* alat bantu terapi inframerah tergolong sudah aman dan sesuai jika digunakan untuk patah tulang.

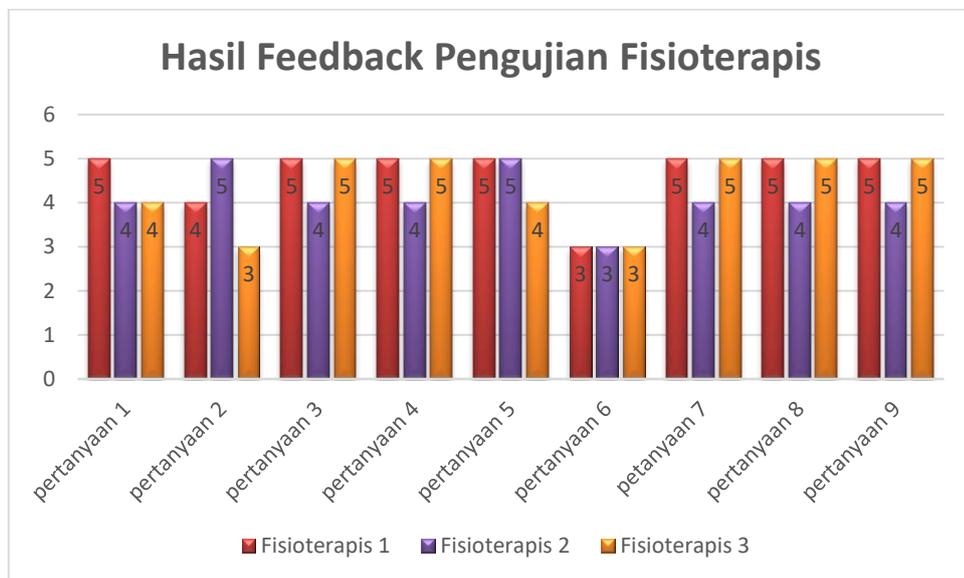
9. Kritik dan saran perbaikan

Pembahasan: Sudah cukup baik untuk proses mendukung *recovery* patah tulang, Sudah bagus alat serta fungsinya, bisa dikembangkan lagi, *Overall* alat sudah sesuai dengan yang diharapkan dan berjalan sesuai dengan fungsinya, Cukup untuk pengembangan lebih lanjut dan menyesuaikan kriteria pengguna.

Hasil kesimpulan dari penjelasan data diatas sebagian besar penilaian berada pada skala penilaian 4 dan 5 terhadap delapan pertanyaan dimana artinya sudah sesuai dan sudah sangat sesuai. Hal ini menunjukkan kepuasan pada hasil pengujian alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* dari proses penggunaan alat, fungsi mekanisme alat, *output* rasa hangat dari LED terapi inframerah, penggunaan menggunakan *smartphone*, dan alat yang kategorinya cukup ringan. Tidak hanya skala penilaian yang diberikan oleh pengguna, terdapat juga saran dan masukan serta tanggapan yang diberikan ke lima pengguna terhadap alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula* ini dalam pengembangan kedepan.

4.6.2 Hasil *feedback google form* fisioterapis

Pada hasil berikut merupakan hasil pengujian terhadap alat bantu terapi inframerah yang dilakukan oleh tiga tenaga kesehatan fisioterapis. Proses pengujian ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung mengenai bahan serta fungsi dan mekanisme pemakaian. Setelah dilakukan pengamatan pengujian alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*, *fisioterapis* akan memberikan *feedback* melalui *google form* yang diberikan serta menjawab pertanyaan pada *google form*. Adapun pertanyaan berbeda sedikit dengan pertanyaan pengguna. lalu untuk setiap pertanyaan memiliki skala penilaian 1-5 yang dimana 1 adalah (sangat tidak sesuai), 2 (tidak sesuai), 3 (cukup), 4 (sudah sesuai), dan 5 (sudah sangat sesuai). Kemudian hasil jawaban *feedback google form* fisioterapis dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 20 Hasil feeback pengujian fisioterapis.

Penjelasan hasil data di atas adalah sebagai berikut:

1. Apakah produk alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang tulang *tibia fibula* ini sudah memenuhi kriteria standar kelayakan dalam pengoprasiannya?
Pembahasan: Dari hasil data *feedback fisioterapis* diatas dapat dilihat pada pertanyaan 1 terkait skala penilaiannya berada di skala 4 dan 5 yang berarti (sudah sesuai dan sudah sangat sesuai) menunjukkan bahwa alat tersebut sudah memenuhi kriteria standar kelayakan dalam pengoprasiannya.

2. Pada bagian penyangga atau penopang alat tersebut apakah sudah sesuai untuk mempertahankan kekuatan otot agar dapat menahan berat badan pasien?

Pembahasan: kemudian hasil dari pertanyaan ke dua terhadap skala penilaiannya berada pada satu jawaban skala 3 (cukup), satu jawaban pada skala 4 (sudah sesuai), dan satu jawaban skala 5 (sudah sangat sesuai). Berdasarkan hasil di atas menunjukkan bahwa penyangga atau penopang guna mempertahankan kekuatan otot agar dapat menahan berat badan pasien dirasa sudah cukup dan sudah sesuai untuk dengan fungsinya.

3. Apakah produk tersebut sudah sesuai untuk dapat melindungi serta mengurangi mobilitas gerak pada kaki tulang yang patah?

Pembahasan: pada pertanyaan ke tiga hasil skala penilaian fisioterapis dua jawaban terhadap skala 5 (sudah sangat sesuai) dan satu jawaban pada skala 4 (sudah sesuai). Berdasarkan hasil nilai skala di atas menunjukkan kesesuaian alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang tulang *tibia fibula* yang dimana mampu melindungi serta dapat mengurangi mobilitas gerak pada kaki.

4. Dengan adanya penambahan LED fisioterapi yang menyerupai *infrared* memancarkan cahaya merah untuk memberikan rasa hangat dan menjaga kondisi suhu pada bagian kaki yang patah menurut anda apakah sudah sesuai?

Pembahasan: pada pertanyaan ke empat memiliki kesamaan skala penilaiannya berada pada 4 dan 5 yaitu (sudah sesuai dan sudah sangat sesuai) yang menunjukkan bahwa dengan adanya LED terapi inframerah dapat memberikan rasa hangat serta menjaga suhu pada bagian kaki yang patah tetap hangat karena adanya pancaran sinar dari LED terapi inframerah.

5. Apakah dalam penggunaan alat tersebut mudah?

Pembahasan: pertanyaan ke lima berada pada skala (sudah sesuai dan sudah sangat sesuai) sama seperti pertanyaan ke 4 yang dimana nilai nya adalah (4 dan 5). Berdasarkan pengujian yang dilihat secara langsung menunjukkan alat bantu terapi inframerah tergolong dalam penggunaan yang mudah dari hasil jawaban diatas.

6. Apakah alat tersebut dikategorikan ringan untuk dapat digunakan pada pasien patah tulang tulang *tibia fibula*?

Pembahasan: kemudian pada pertanyaan ke 6 hasil skala yang diberikan serentak adalah 3 (cukup) hal ini terkait berat alat dimana tidak terlalu ringan dan tidak teralalu berat sehingga menjelaskan bahwa alat tersebut cukup dapat digunakan pada pasien patah tulang tulang *tibia fibula*.

7. Apakah alat tersebut sudah sesuai dengan kriteria yang diinginkan sebelumnya?
Pembahasan: sedangkan pertanyaan ke 7 skala penilaiannya berada 4 dan 5 yaitu (sudah sesuai dan sudah sangat sesuai) menunjukkan kesesuaian berdasarkan dengan kriteria yang diinginkan.

8. Apakah sistem otomatis LED terapi inframerah yang dikontrol menggunakan *smartphone* pada alat atau produk tersebut sudah sesuai dan dapat berfungsi?
Pembahasan: pertanyaan ke 8 skala penilaiannya berada 4 dan 5 yaitu (sudah sesuai dan sudah sangat sesuai) berdasarkan jawaban ini menunjukkan bahwa sistem otomatis LED inframerah yang dapat dikontrol menggunakan *smartphone* dapat berfungsi serta sudah sesuai dengan penggunaannya.

9. Menurut anda apakah produk alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang tulang *tibia fibula* sudah aman dan sesuai untuk digunakan oleh orang yang mengalami patah tulang?

Pembahasan: Dari hasil data *feedback fisioterapis* diatas dapat dilihat pada pertanyaan 9 terkait skala penilaiannya berada di skala 4 dan 5 yang berarti (sudah sesuai dan sudah sangat sesuai) menunjukkan bahwa alat tersebut sudah aman dan sesuai untuk digunakan oleh orang yang mengalami patah tulang tulang *tibia fibula*.

10. Kritik dan saran perbaikan alat

Pembahasan: Beban alat bisa dikurangi lagi, lebih baik untuk nama tidak usah menggunakan kata fisioterapi, lebih baik Sepatu Ortopedi Inframerah.

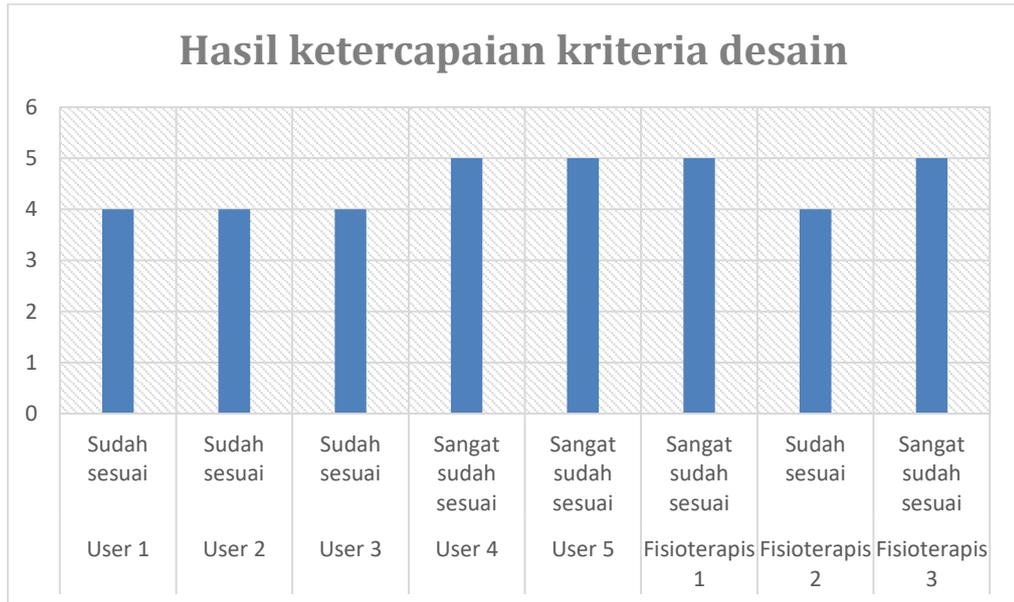
Kemudian hasil kesimpulan dari data diatas setelah dilakukan proses pengujian yang dengan pengamatan secara langsung mengenai alat bantu terapi inframerah hasil *feedback fisioterapis* menunjukkan rata-rata skala nilai pada 4 dan 5 yang dimana dapat disimpulkan sudah sesuai dan sudah sangat sesuai terkait rancang bangun alat bantu terapi inframerah dan terdapat pada pertanyaan ke 6 untuk hasil skala berada pada skala 3 yaitu cukup hal ini berkaitan teradap berat alat yang dirasa cukup karena tidak terlalu berat dan tidak terlalu ringan.

4.6.3 Hasil ketercapaian kriteria desain

Pada hasil *feedback* diatas dapat kita ketahui menunjukkan bahwa perancangan alat telah sesuai dengan kriteria desain dimana perancangan alat bantu terapi inframerah telah menyesuaikan dengan kriteria desain dan kriteria produk. Adapun kriteria desain yang terpenuhi adalah sebagai berikut:

1. Tinggi alat sudah sesuai dengan kriteria pertama yaitu ukuran secara keseluruhan 40,5 cm dan sesuai berdasarkan panjang tulang kering dewasa yaitu sekitar 15 inci atau sekitar 38 cm.
2. Kesesuaian ukuran pada alas kaki alat bantu dimana pengguna dapat menggunakan dengan ukuran kaki 40, 41, 42 dan 43.
3. Penggunaan alat dapat dilepas pasang sehingga dapat dicuci ataupun dibersihkan dan dapat dipasang kembali.
4. Telah sesuai untuk dapat mengurangi mobilitas gerak pada kaki hal ini karena pengerat berbahan *velcro* yang dapat menyesuaikan kaki sehingga fungsi mobilisasi telah sesuai.
5. Kesesuaian terhadap melindungi kondisi kaki yang patah dalam penggunaan kain *knee brace* secara kusus digunakan terhadap cedera patah tulang ataupun lainnya.
6. Terdapat dua tiang penampang berfungsi sebagai penyangga serta mempertahankan kekuatan otot pada kaki.
7. Alat bantu terapi inframerah dapat digunakan pada kaki kiri ataupun kanan sehingga bersifat *universal*.

Berikut merupakan *feedback* ketercapaian kriteria desain berdasarkan penilaian user dan fisioterapis dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 21 Hasil ketercapaian kriteria desain.

4.6.4 Kendala dan solusi

Berikut merupakan hasil ringkasan beberapa proses kendala dan solusi selama pelaksanaan pembuatan alat bantu terapi inframerah pada kasus patah tulang *tibia fibula*:

1. Kendala dalam proses tekuk pada bagaian *frame* alas pada alat bantu karena menggunakan alat bending manual dan pada pengunci alat beberapa teralalu kurang presisi sehingga membuat tekukan kurang rapi. Untuk solusinya kemudian dilakukan tekuk bending secara berulang dan merapikan dengan palu dan gerinda agar menjadi lebih rapi.
2. Potongan lekukan pada *frame* mengalami kesulitan karena alat potong tidak dapat menyesuaikan alur lekukan karena menggunakan gerinda dan sifat material aluminium yang ulet sehingga berdampak pada waktu pemotongan. Solusinya tetap menggunakan gerindra tangan serta menggunakan kikir untuk merapikan.
3. Perancangan sistem kendali yang terkendala pada *charger* dimana membuat sistem kendali menjadi eror dan susah menyala apabila *chargernya* tidak terpasang. Sehingga untuk solusinya terjadi perobakan yaitu menggunakan *charger* eksternal pada pengisian baterai.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, dan analisis pada Rancang Bangun Alat Bantu Terapi Inframerah pada Kasus Patah Tulang *Tibia Fibula* yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah berhasil dalam perancangan serta pembuatan alat bantu terapi yang dilengkapi dengan mekanisme LED terapi inframerah sesuai kriteria pengguna patah tulang *tibia fibula* dan fisioterapis.
2. Hasil terkait adanya penambahan fungsi LED terapi inframerah pada alat menunjukkan bahwa timbul rasa hangat yang terjadi karena pancaran cahaya LED terapi inframerah ketika digunakan sehingga membuat kaki tetap hangat.
3. Hasil perancangan sistem kendali telah berhasil terhadap penggunaan alat bantu terapi inframerah dimana dapat dikendalikan menggunakan *smartphone*, sehingga memudahkan pengguna dalam menggunakannya.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Pada perancangan Alat Bantu Terapi Inframerah pada Kasus Patah Tulang *Tibia Fibula* terdapat beberapa saran masukan untuk perbaikan alat agar menjadi lebih baik untuk penelitian kedepannya, adapun saran penelitian kedepan adalah sebagai berikut:

1. Mekanisme sistem kendali dapat dikembangkan dan dimaksimalkan lagi dengan sistem yang dapat diakses oleh semua *smartphone* serta tipe apapun, karena pada penelitian ini masih berfokus pada *smartphone* yang diprogram secara khusus pada program sistem kendali.
2. Perancangan sistem kendali dapat dikembangkan kembali agar terlihat lebih ramping dan minimalis. Pada hasil penelitian rancang bangun ini masih terlihat beberapa kurang minimalis salah satunya adalah box komponen sistem kendali, untuk kedepannya dapat lebih diminimaliskan.

3. Perencanaan desain juga mulai harus dikembangkan lagi agar lebih estetik dan inovatif untuk dilihat serta nyaman digunakan, penggunaan material dapat juga divariasikan dengan material plastik ataupun karbon agar berat alat dapat berkurang dan lebih ringan dari sebelumnya namun tetap kuat atau kokoh ketika digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

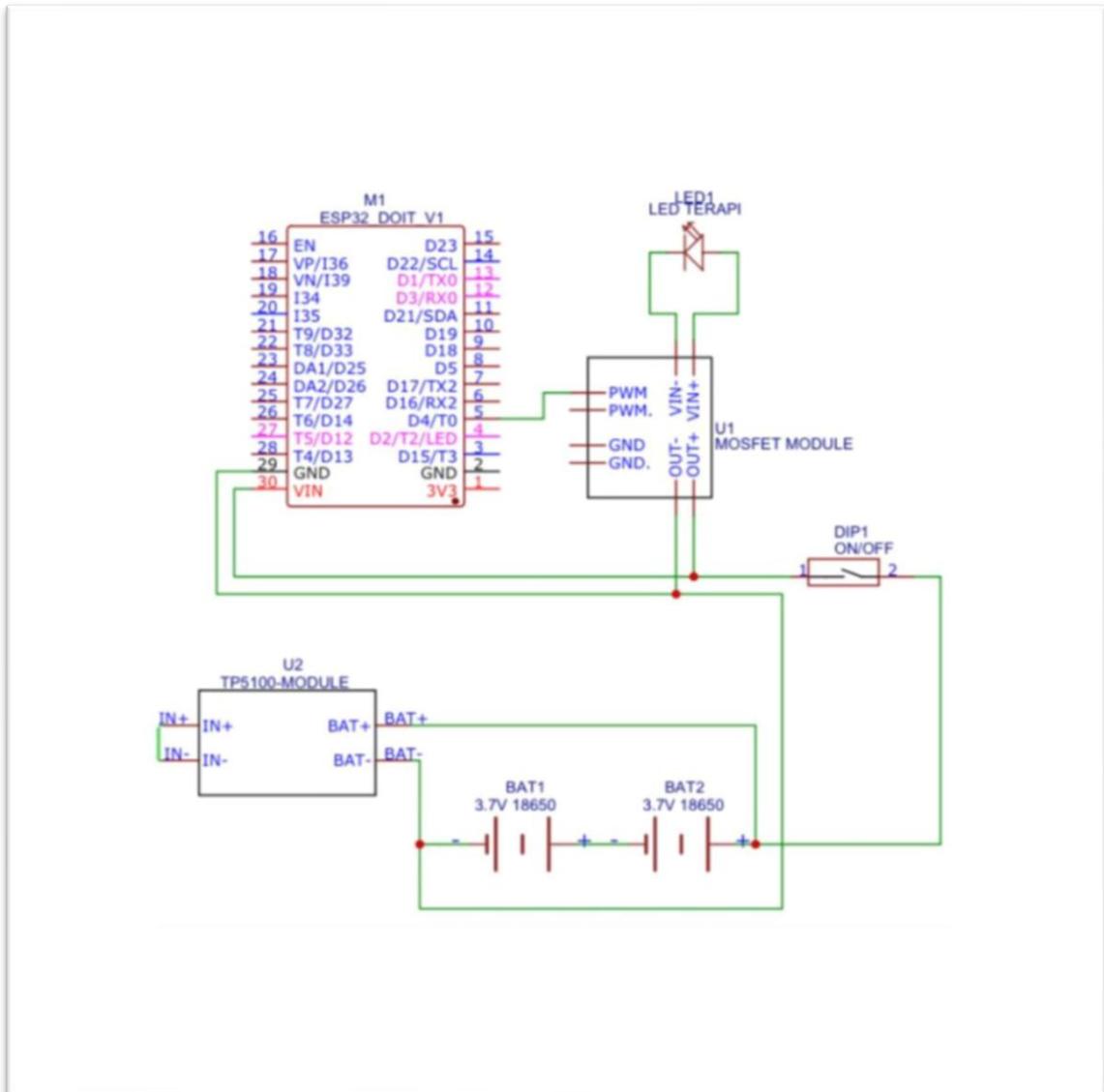
- [1] Damayanti, K. D. (2023). *ASUHAN KEPERAWATAN NYERI AKUT DENGAN KOMPRES DINGIN COLD PACK PADA PASIEN FRAKTUR TERTUTUP DI IGD RSUD BALI MANDARA* (Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes Denpasar Jurusan Keperawatan 2023).
- [2] Bintari, N. J., Fatmarizka, T., & Pradana, A. (2023, September). Manajemen Fisioterapi pada Kasus Post-Operative Fraktur Supracondylar Humerus: Studi Kasus. In *Prosiding University Research Colloquium* (pp. 6-14).
- [3] Gontung, A. T., Egam, P. P., & Karongkong, H. H. (2012). *Orthopaedic dan Traumatology Center di Manado “Sustainable Healthcare Architecture”* (Doctoral dissertation, Sam Ratulangi University).
- [4] Rismawati, Putri. (2020). Penatalaksanaan Fisioterapi pada Frozen Shoulder Dekstra E.C Tendinitis. KTI. Universitas Widya Husada Semarang
- [5] Sari, A., & Rakasiwi, A. M. (2022). Penatalaksanaan Fisioterapi Pada Kondisi Post Orif Fraktur 1/3 Distal Radius Dengan Modalitas Infrared (Ir) Dan Terapi Latihan Di Rsud Bendan Kota Pekalongan. *Jurnal Keperawatan Mandira Cendikia*, 1(2), 57-63.
- [6] Saudi, A. U., Azahra, S. A., Kozin, M., & Setyadi, I. (2021). Kajian Sistematis External Fixation System. *Jurnal Inovasi dan Teknologi Material*, 2(2), 15-23. Kajian pustaka
- [7] Lestari, L. W. (2019). *Rancang Bangun Fiksasi Eksternal Ankle Injury dengan Metode Rapid Prototyping* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [8] SAMPURNO, S. T. (2021). Perancangan Sistem Kendali Alat Bantu Rehabilitasi Kaki Dengan Dua Derajat Kebebasan.
- [9] Ratna, S. (2020). Sistem monitoring kesehatan berbasis internet of things (IoT). *AL ULUM: JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI*, 5(2), 83-87.
- [10] Putra, I. A., Muayyadi, A. A., & Perdana, D. (2023). Implementasi Sistem Monitoring Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Menggunakan Sensor Pulse

Dan Blynk Application Berbasis Internet Of Things. eProceedings of Engineering, 9(6).

- [11] Ichsan, H. P. (2020). PENATALAKSANAAN TERAPI LATIHAN PADA KASUS POST OPEN REDUCTION INTERNAL FIXATION FRAKTUR TIBIA DI RS PKU MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA (Doctoral dissertation, Universitas Widya Dharma Klaten).
- [12] Djumhariyanto, D. (2016). Pengembangan Alat Bantu Jalan (Walker) Dengan Metode Quality Function Deployment (QFD). Jurnal Flywheel, 7(1), 35-44.
- [13] Susanto, T., Riskiono, S. D., Rikendry, R., & Nurkholis, A. (2020). Implementasi Kendali Lqr Untuk Pengendalian Sikap Longitudinal Pesawat Flying Wing. *Electro Luceat*, 6(2), 245- 254.
- [14] Susilo, D., Sari, C., & Krisna, G. W. (2021). Sistem Kendali Lampu Pada Smart Home Berbasis IOT (Internet of Things). Jurnal ELECTRA: Electrical Engineering Articles, 2(1), 23-30.
- [15] Barri, M. H., & Pramudita, B. A. (2022). Sistem Kendali dan Pemantauan Alat Listrik Rumah Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Blynk
- [16] DENDI, R. (2022). SISTEM MONITORING KUALITAS AIR BUDIDAYA IKAN KOI (*Cyprinus carpio*) MENGGUNAKAN NODEMCU ESP32 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DENGAN APLIKASI BLYNK
- [17] Rianti, E. D. D. (2022). Utilization of infrared radiation to human health. Jurnal Ilmiah Kedokteran Wijaya Kusuma, 2(1), 1-12.

LAMPIRAN 1

SKEMATIK PERANCANGAN SISTEM KENDALI



LAMPIRAN 2

PROGRAM SISTEM KENDALI

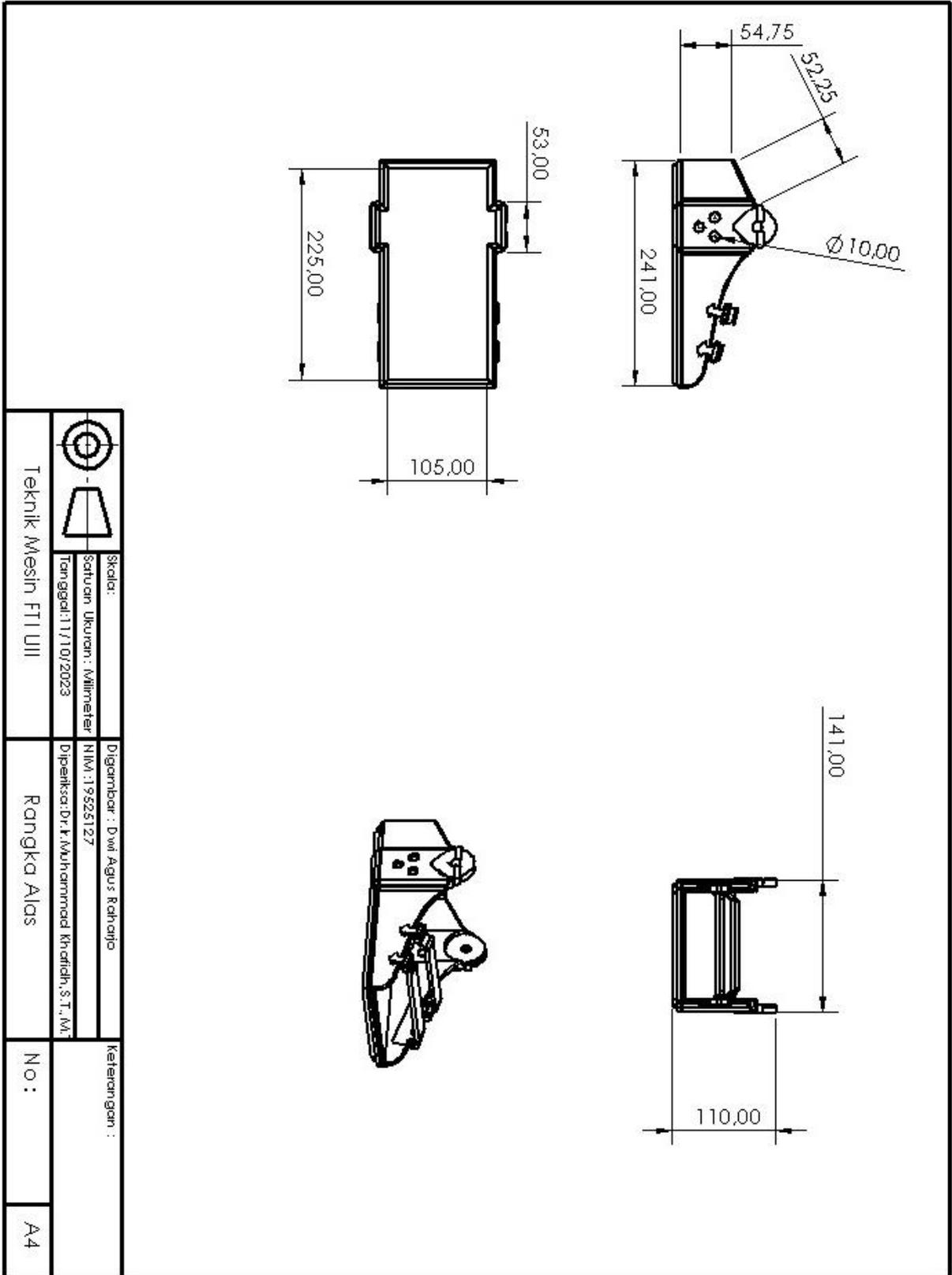


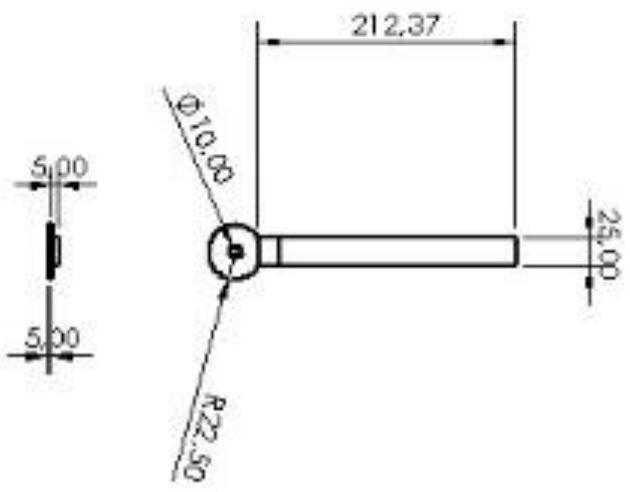
```
esp32_blynk (1) | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Select Board

esp32_blynk (1).ino
1
2 // Email: Dwiagusraharjo01@gmail.com
3 // Pass: Teknikmesin19
4
5 #define led 2
6 #define ledterapi 4
7
8 #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL66Ua8dtKV"
9 #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "terapiled"
10 #define BLYNK_AUTH_TOKEN "QzNa2J7XQwH9BjkIbNePfYEATCEDk0aJ"
11
12 #define BLYNK_PRINT Serial
13 #include <WiFi.h>
14 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
15 BlynkTimer timer;
16 int runtimer;
17 int settimer=1;
18 int menit=0,detik=0;
19 int start=0;
20 String status="STOP";
21
22 char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
23 char ssid[] = "iPhone"; // type your wifi name
24 char pass[] = "87654321"; // type your wifi password
25
26 // baca tombol
27 BLYNK_WRITE(V0){
28     int blynkinput = param.asInt();
29     settimer=blynkinput;
30     Serial.println(blynkinput);
31 }
32
33 BLYNK_WRITE(V1){
34     int blynkinput = param.asInt();
35     if(blynkinput==1){
36         start=1;
37         menit=0;
38         detik=0;
39         digitalWrite(ledterapi,start);
40     }
41     Serial.println(blynkinput);
42 }
43
44 BLYNK_WRITE(V2){
45     int blynkinput = param.asInt();
46     if(blynkinput==1)start=0;
47     digitalWrite(ledterapi,start);
48     Serial.println(blynkinput);
49 }
50
```

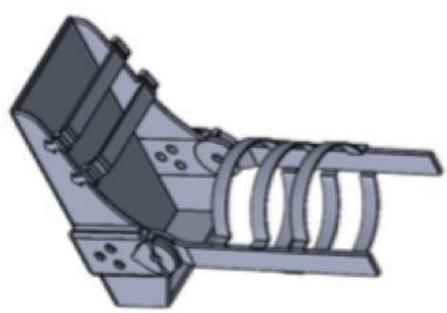
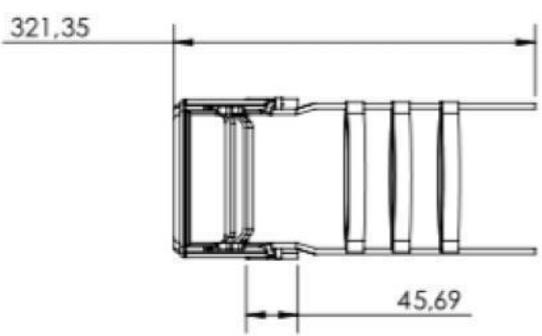
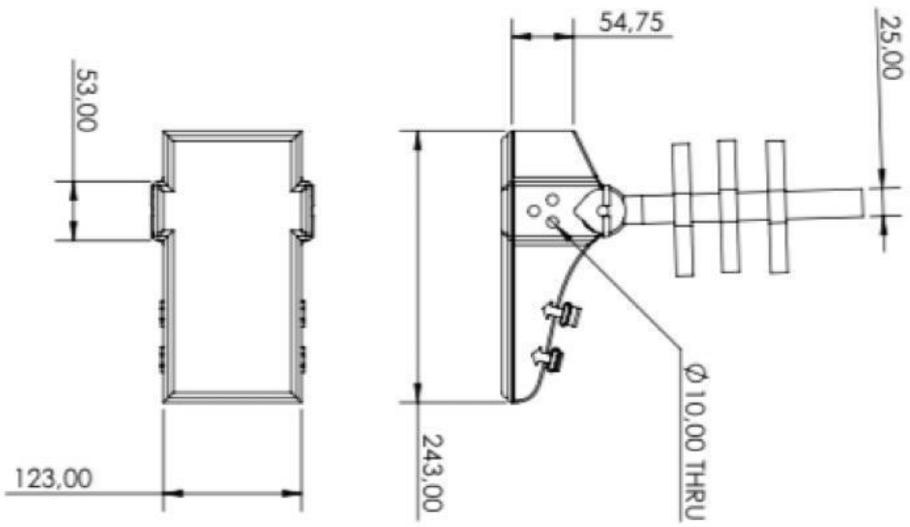
```
esp32_blynk (1).ino
50
51 BLYNK_WRITE(V4){
52   int blynkinput = param.asInt();
53   if(blynkinput==1)digitalWrite(ledterapi,1);
54   if(blynkinput==0)digitalWrite(ledterapi,0);
55   Serial.println(blynkinput);
56 }
57
58 void tasktimer(){
59   digitalWrite(led, digitalRead(led)^1);
60   if(start==1){
61     detik++;
62     if(detik>59){detik=0;menit++;}
63     if(menit>=settimer){
64       start=0;
65       digitalWrite(ledterapi,start);
66       Blynk.logEvent("notif","Terapi Telah Selesai !");
67     }
68     status="START ";
69   }
70   else{
71     status="STOP ";
72   }
73   status+=String(menit);
74   status+=" ";
75   status+=String(detik);
76
77   Blynk.virtualWrite(V3, status);
78   Serial.println(status);
79   Serial.print(menit);
80   Serial.print(":");
81   Serial.print(detik);
82   Serial.print(" ");
83   if(start==1) Serial.print("start");
84   else Serial.print("stop");
85   Serial.println();
86 }
87
88
89 void setup()
90 {
91   pinMode(ledterapi,OUTPUT);
92   pinMode(led,OUTPUT);
93   digitalWrite(ledterapi,1);
94   Serial.begin(9600);
95   Serial.println("starting");
96   delay(200);
97   digitalWrite(ledterapi,0);
98   Serial.println();
99   Serial.println("konek wifi");
100  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
101  timer.setInterval(1000, tasktimer);
102  digitalWrite(ledterapi,1);
103  delay(200);
104  digitalWrite(ledterapi,0);
105  Serial.println("ready");
106 }
107
108 void loop()
109 {
110   Blynk.run();
111   timer.run();
112 }
113
Output
```

LAMPIRAN 3 GAMBAR TEKNIK



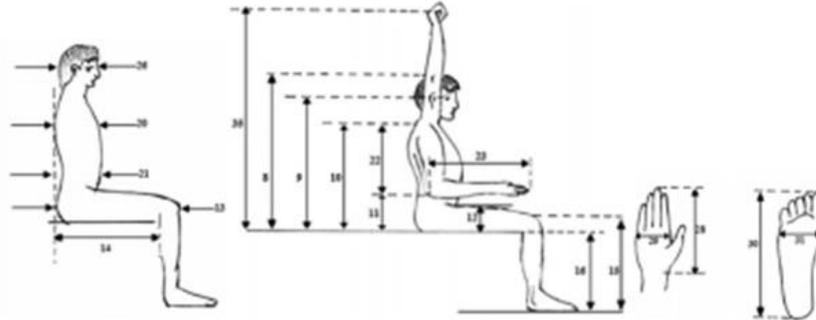


	Nama: Saifan Akwan - Alhama Muz Tanggal: 11/10/2021	Disambar: Prof. Agus Rocharjo NIM: 191151317	Keterangan:	
	Teknik Mesin FTI UIR	Tiang Penyangga	No:	Ad



	Skala:	Digambar : Dwi Agus Raharjo	Keterangan :
	Satuan Ukuran : Milimeter Tanggal : 11/10/2023	NIM : 19525127 Diperiksa/Dra : Muhammad Khalifah, S.T., MT	
Teknik Mesin FTI UII		Assembly ALL	No :
			A4

LAMPIRAN 4 DATA ANTROPOMETRI INDONESIA



Dimension	Male citizens				Male Chinese				Female citizens				Female Chinese			
	5th	50th	95th	SD	5th	50th	95th	SD	5th	50th	95th	SD	5th	50th	95th	SD
1. Stature	162	172	183	6.23	165	171	180	4.81	150	159	169	5.76	151	159	166	5.06
2. Eye height	151	160	172	6.3	153	160	169	5.08	139	148	158	6.12	137	146	158	6.73
3. Shoulder height	134	143	155	6.41	134	143	151	5.05	123	132	141	5.91	123	132	139	5.43
4. Elbow height	99	107	114	5.12	99	106	112	4.29	91	99	108	6.4	92	98	107	5.35
5. Hip height	83	95	105	6.76	81	94	103	6.48	78	88	97	5.91	79	90	96	5.68
6. Knuckle height	68	75	82	4.75	69	74	80	5.13	63	70	78	4.37	64	69	77	3.89
7. Fingertip height	58	64	71	4.82	59	64	70	5.13	54	60	65	3.67	53	60	68	3.99
8. Sitting height	80	89	96	5.24	85	90	96	6.55	78	83	90	4.7	79	84	88	2.97
9. Sitting eye height	69	76	84	4.58	72	78	85	6.54	67	73	80	5.83	68	72	79	3.64
10. Sitting shoulder height	52	59	67	6.27	55	61	72	7.15	51	56	63	4.94	52	57	64	3.67
11. Sitting elbow height	19	24	30	4.74	19	25	31	7.13	19	25	32	5.19	21	24	30	3.24
12. Thigh thickness	12	16	22	3.59	13	16	20	2.76	11	15	19	3.22	12	15	19	2.81
13. Buttock-knee length	48	56	64	4.89	49	57	64	4.83	45	53	60	4.81	48	53	60	4.06
14. Buttock-popliteal length	40	46	54	4.82	38	47	56	5.36	37	43	51	4.21	39	44	52	3.97
15. Knee height	46	54	62	5.21	44	53	61	5.65	43	50	60	5.27	42	49	60	5.38
16. Popliteal height	38	44	49	3.78	36	44	50	5.36	38	44	50	3.92	36	43	47	3.85
17. Shoulder breadth (bideltoid)	36	45	52	4.66	38	45	50	4.6	37	43	53	5.43	40	44	53	4.97
18. Shoulder breadth (biacromial)	31	37	43	3.61	33	38	44	3.83	33	38	44	3.56	34	38	44	3.18
19. Hip breadth	28	35	43	4.41	30	35	44	4.09	29	35	45	7.22	30	34	42	4.21
20. Chest (bust) depth	16	21	27	3.5	17	22	27	4.02	17	21	28	3.38	19	23	28	3.61
21. Abdominal depth	15	21	29	4.46	15	21	30	5.19	14	18	25	3.44	15	20	26	3.93
22. Shoulder-elbow length	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
23. Elbow-fingertip length	42	47	56	4.55	41	46	53	4.27	37	43	50	4.27	37	42	47	3.72
24. Upper limb length	68	76	84	6.39	68	75	85	5.06	62	70	77	4.69	64	68	74	3.92
25. Shoulder-grip length	56	65	73	6.29	59	66	74	5.13	54	60	68	4.3	54	60	68	4.64
26. Head length	17	20	24	2.21	17	20	24	2.58	15	18	22	3.95	15	19	22	2.13
27. Head breadth	15	18	22	2.06	15	18	21	1.89	14	17	21	2.48	14	18	21	2.11
28. Hand length	17	19	22	1.64	15	19	22	2.42	16	18	20	1.72	17	18	20	2.16
29. Hand breadth	7	9	11	1.09	8	9	11	0.89	6	8	10	4.85	6	8	9	0.73
30. Foot length	22	25	29	2.58	11	25	28	4.43	21	23	26	2.63	21	23	26	2.3
31. Foot breadth	8	10	12	3.96	8	10	12	1.16	7	9	11	2.2	7	9	10	1.08
32. Span	158	172	186	8.5	155	171	182	8.73	146	156	170	7.61	150	159	168	6.52
33. Elbow span	78	86	96	5.97	79	87	94	4.36	73	79	89	5.38	73	81	88	4.53
34. Vertical grip reach (standing)	192	206	221	10.54	197	206	222	7.74	174	186	204	9.1	176	189	202	8.07
35. Vertical grip reach (sitting)	112	122	136	7.9	116	123	130	5.18	101	113	124	7.2	106	115	128	10.25
36. Forward grip reach	64	73	81	5.89	66	74	81	4.7	61	67	76	4.39	60	67	74	4.76
37. Body weight (kg)	50	63	89.25	13.19	53.05	63	93.45	13.35	39.80	53	80	11.68	41.90	55	70.40	9.49