

**PEMBUATAN MODEL KAFO (*KNEE ANKLE FOOT  
ORTHOSIS*) BERDASARKAN ANTROPOMETRI TUBUH  
ORANG INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhammad Farid Abdurrahman**

**No. Mahasiswa : 14525074**

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

**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PEMBUATAN MODEL KAFO (*KNEE ANKLE FOOT  
ORTHOSIS*) BERDASARKAN ANTROPOMETRI TUBUH  
ORANG INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

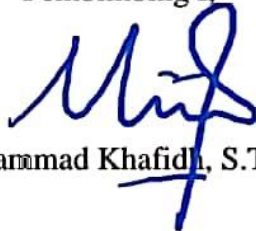
**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhammad Farid Abdurrahman**

**No. Mahasiswa : 14525074**

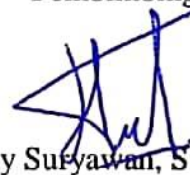
Yogyakarta, 20 Desember 2020

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Donny Sufyawan, S.T., M.Eng.

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

### PEMBUATAN MODEL KAFO (*KNEE ANKLE FOOT ORTHOSIS*) BERDASARKAN ANTROPOMETRI TUBUH ORANG INDONESIA

#### TUGAS AKHIR


Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Farid Abdurrahman  
No. Mahasiswa : 14525074

Tim Penguji

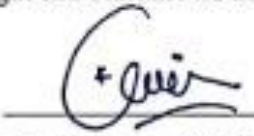
Donny Suryawan, S.T., M.Eng.

Ketua

  
Tanggal : 22 Januari 2021

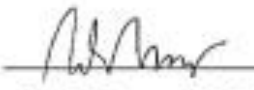
Muhammad Faizun, S.T., M.Eng, Ph.D.

Anggota I

  
Tanggal : 22 Januari 2021

Agung Nugroho Adi S.T., M.T.

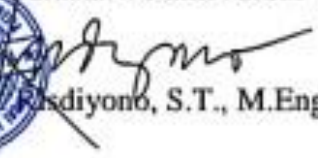
Anggota II

  
Tanggal : 22 Januari 2021

Mengetahui

Durusan Teknik Mesin



  
Agusdiyono, S.T., M.Eng.

## PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini merupakan pekerjaan saya sendiri kecuali kutipan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima saksi yang telah di tentukan.

Yogyakarta, 20 Desember 2020



Muhammad Farid Abdurrahman

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Orang tua dan keluarga saya yang selalu mensupport dan mendoakan saya
2. Bapak Dr. Risdiyono, ST, M.Eng selaku ketua prodi Teknik Mesin
3. Bapak Donny Suryawan, S.T., M.Eng dan bapak Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing
4. Mahasiswa teknik mesin UII
5. Teman teman saya yang membantu menyelesaikan tugas akhir ini



HALAMAN MOTTO

***DUIT***

***(Doa + Usaha +***

***Ikhtiar +***

***Tawakkal) =***

***Suatu proses***

***kehidupan***

## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH



*“Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh”*

*“Alhamdulillahirobbilalamin”* puji dan syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta’ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga laporan tugas akhir ini terselesaikan, sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad *Shalallahu’alaihi wasalam* yang telah merubah zaman jahiliyah menjadi zaman yang lebih baik seperti sekarang ini dan juga menjadi panutan bagi umat manusia. Laporan ini di kerjakan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada program studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Dalam pengerjaan laporan tugas akhir ini, penelenti mendapatkan banyak bantuan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Keluarga tercinta, terutama abi dan umi saya yang selalu mensupport dan mendoakan saya dalam menempuh pendidikan.
2. Bapak Dr. Risdiyono ST, M.Eng selaku ketua prodi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Donny Suryawan, S.T., M.Eng dan bapak Dr. Muhammad Khafid, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing yang selalu membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir.
4. Seluruh dosen Teknik Mesin yang telah memberikan ilmunya selama proses perkuliahan.
5. Teman teman Teknik Mesin 2014 yang telah memberi dukungan dalam banyak hal.
6. Kontrakan curuq soleh yang telah memberi semangat dalam pengerjaan tugas akhir
7. Anggota CENTRIS FTI UII yang telah saya jadikan pengingat dan motivasi dalam berbagai hal

Dalam penyusunan laporan ini penelenti menyusun sebaik baiknya namun sebagai manusia penelenti tidak lepas dari kesalahan. Maka dari itu penelenti

mengharapkan kritik dan saran yang bertujuan untuk membangun demi laporan yang lebih baik. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan pembaca.

*“Wassalamualaikum Warahatullahi Wabarakatuh”*

Yogyakarta, 20 Desember 2020

Muhammad Farid Abdurrahman





## ABSTRAK

KAFO (*Knee Ankle Foot Orthosis*) adalah alat bantu gerak yang mempunyai fungsi untuk mengoreksi anggota tubuh bagian bawah mulai dari telapak kaki sampai atas lutut. Beberapa keluhan adalah ketidaknyamanan pada KAFO tersebut. Desain KAFO telah dibuat menggunakan *software* 3D dan di analisis dengan beban menggunakan berat badan orang Indonesia dengan safety factor 4. Pengujian berdasarkan pada *The Maximum Energy of Distortion Theory (Von Mises Theory)*. Yang selanjutnya dilakukan adalah merealisasikan pembuatan KAFO dengan memperhatikan pemilihan material, proses manufaktur, kenyamanan dan keamanan pada KAFO tersebut. Sebelum melakukan proses produksi dilakukan review ulang terhadap desain yang sudah ada. Pengujian dilakukan kepada penyandang disabilitas yang lemah pada anggota tubuh bagian bawan dan mendapat feedback untuk dijadikan evaluasi. Dalam pengujian, KAFO dapat menahan orang dengan beban 71 kg dalam posisi berjalan.

Kata kunci: KAFO, *Orthosis*, Manufaktur

## **ABSTRACT**

*KAFO (Knee Ankle Foot Orthosis) is a movement aid that has a function to correct lower limbs from the soles of the feet to above the knees. some complaint are discomfort KAFO. KAFO design has been made by software 3D and do analysis with Indonesian human body weight for load and use 4 for safety factor. Testing basen on The Maximum Energy of Distortion Theory (Von Mises Theory). And then do realize make KAFO with seeing focused chose material, manufactur processing, comfortable, and safety in this KAFO. Before do the manufactur processing doing review the design. Testing with disabilities people who weak on lower body and get feedback for evaluation. in the test KAFO can hold people with wight 71 kg in the walking condition.*

*Key words : KAFO, Orthosis, Manufactur*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iii
Pernyataan Keaslian .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih .....	vii
Abstrak .....	ix
<i>Abstract</i> .....	x
Daftar Isi .....	xi
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Gambar .....	xv
Daftar Notasi.....	xvii
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 KAFO(Knee Ankle Foot Orthosis).....	6
2.2.2 Antropometri .....	6
2.2.3 Aluminium.....	9
2.2.4 Permesinan .....	12
2.2.5 Bending.....	14
Bab 3 Metode Penelitian.....	15
3.1 Alur Penelitian .....	15

3.1.1	Studi Pustaka .....	16
3.1.2	Mempelajari desain.....	16
3.1.3	Perbaikan Desain dan Analisis .....	16
3.1.4	Pembuatan Produk.....	16
3.1.5	Pengujian Produk.....	16
3.2	Mempelajari Desain .....	16
3.3	Perbaikan pada desain KAFO.....	17
3.4	Alat dan Bahan.....	18
3.4.1	Alat .....	18
3.4.2	Bahan .....	18
3.5	Pemilihan material dan Penentuan Proses Mnufaktor .....	19
3.5.1	Pemilihan Material .....	19
3.5.2	Proses Manufaktur pada <i>Shank, Footplate</i> dan <i>Thigh</i> .....	20
3.5.3	Proses Manufaktur pada <i>Knee joint</i> dan <i>Ankle joint</i> .....	21
3.5.4	Proses <i>Finishing</i> .....	22
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	23
4.1	Hasil Perbaikan Desain .....	23
4.2	Hasil Pembuatan produk.....	29
4.2.1	<i>Shank, Thigh</i> dan <i>Footplate</i> .....	29
4.2.2	<i>Knee joint</i> dan <i>Ankle joint</i> .....	32
4.3	Proses <i>Finishing Part</i> .....	32
4.4	Assembly produk .....	32
4.4.1	<i>Semi Assembly</i> .....	33
4.4.2	<i>Full Assembly</i> .....	34
4.5	Pengujian KAFO.....	36
4.5.1	Cara Pemakaian .....	36
4.5.2	Pengujian pada Pasien Disabilitas .....	38
4.6	Analisis dan Pembahasan.....	39
4.6.1	Analisis <i>Review Pengguna</i> .....	39
4.6.2	Spesifikasi KAFO.....	40
4.6.3	Perkiraan Harga Produk.....	41
4.6.4	Analisis Perbandingan Produk .....	41

Bab 5 Penutup.....	46
5.1    Kesimpulan .....	46
5.2    Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	46
Daftar Pustaka .....	47



## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Antropometri masyarakat Indonesia yang didapat dari interpolasi masyarakat British dan Hongkong .....	7
Tabel 2-2 Antropometri kaki orang Indonesia yang didapat dari interpolasi data Dempster (1955), Reynolds (1978), dan Nurmianto (1991). .....	8
Tabel 2-3 klasifikasi paduan aluminium (Surdia and Saito, 1999) .....	11
Tabel 3-1 Kriteria desain (Zamzamy, 2018) .....	17
Tabel 3-2 Alat.....	18
Tabel 3-3 Bahan.....	18
Tabel 3-4 material pada bahan pembuatan KAFO .....	19
Tabel 3-5 Kekuatan material bahan KAFO .....	20
Tabel 4-1 kekuatan aluminium.....	27
Tabel 4-2 Perkiraan biaya pembuatan produk .....	41
Tabel 4-3 Perbandingan produk .....	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 KAFO (Yakimovich et al., 2006).....	6
Gambar 2-2 Antropometri tubuh orang Indonesia .....	8
Gambar 2-3 Antropometri kaki .....	9
Gambar 2-4 Mesin CNC milling (Widiantoro et al., 2017).....	12
Gambar 2-5 <i>Waterjet cutting</i> .....	13
Gambar 2-6 Proses Bending.....	14
Gambar 3-1 Desain awal .....	17
Gambar 3-2 file untuk <i>waterjet</i> .....	21
Gambar 4-1 Lekuk pada lutut (Marrieb and Mallat, 2001).....	23
Gambar 4-2 Perubahan desain pada lekuk lutut, (a) desain sebelumnya, (b) hasil perbaikan desain .....	24
Gambar 4-3(a). Alternatif desain 1, (b). Alternatif desain 2, (c). Alternatif desain 3 .....	24
Gambar 4-4 Perubahan desain pada <i>footplate</i> , (a) desain sebelumnya, (b) hasil perbaikan desain. ....	25
Gambar 4-5 Dorsofleksi ankle (Cael, 2010).....	26
Gambar 4-6 hasil desain ankle joint .....	26
Gambar 4-7 Perubahan desain pada <i>ankle joint</i> , (a) desain sebelumnya, (b) hasil perbaikan desain. ....	26
Gambar 4-8 Desain Akhir.....	28
Gambar 4-9 Hasil Simulasi.....	29
Gambar 4-10 Proses <i>waterjet cutting</i> .....	30
Gambar 4-11 Proses pembuatan ulir .....	30
Gambar 4-12 Proses bending.....	31
Gambar 4-13 hasil pembuatan <i>Shank, Thigh</i> dan <i>Footplate</i> .....	31
Gambar 4-14 Hasil pembuatan <i>ankle joint</i> dan <i>knee joint</i> .....	32
Gambar 4-15 Hasil <i>finishing part</i> .....	32
Gambar 4-16 Assembly pada <i>belt</i> dengan <i>thigh</i> dan <i>shank</i> tengah.....	33
Gambar 4-17 Assembly <i>knee joint</i> dengan <i>shank</i> tengah dan <i>shank atas</i> dengan <i>knee joint</i> .....	33

Gambar 4-18 Assembly <i>footplate</i> , <i>ankle joint</i> dan <i>shank</i> bawah .....	34
Gambar 4-19 Assembly <i>shank</i> atas dengan <i>thig</i> , (a) tinggi minimal, (b) tinggi maksimal.....	34
Gambar 4-20 Assembly <i>shank</i> tengah dan <i>shank</i> bawah, (a) tinggi minimal, (b) tinggi maksimal. ....	35
Gambar 4-21 Hasil akhir KAFO .....	36
Gambar 4-22 Pemakaian KAFO 1.....	36
Gambar 4-23 Pemakaian KAFO 2.....	37
Gambar 4-24 Pemakaian KAFO 3.....	37
Gambar 4-25 Pemakaian KAFO 4.....	37
Gambar 4-26 Pengujian KAFO 1 .....	38
Gambar 4-27 Pengujian KAFO 2 .....	38
Gambar 4-28 Tinggi KAFO .....	40
Gambar 4-29 perbandingan produk bagian paha.....	42
Gambar 4-30 perbandingan produk bagian lutut sampai betis .....	42
Gambar 4-31 perbandingan KAFO bagian lutut sampai betis .....	43
Gambar 4-32 perbandingan keseluruhan.....	44
Gambar 4-33 Produk pembanding 1.....	44
Gambar 4-34 Produk pembanding 2.....	45



## DAFTAR NOTASI

- F = Gaya (N)  
SF = Safety factor  
A = Luas alas ( $mm^2$ )



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Berdasarkan Susenas (Survei Sosial Ekonomi Nasional) 2012 tercatat ada 5.822.212 jiwa penyandang disabilitas yang terdapat di Indonesia, dan berdasarkan umur pada data Riskesdas (Riset Kesehatan Dasar) 2013 Badan Litbangkes (Penelitian dan Pengembangan Kesehatan) Kementerian Kesehatan peningkatan penyandang disabilitas meningkat berbanding lurus terhadap umur dari penyandang disabilitas dengan nilai tertinggi yaitu 55.9% untuk usia lebih dari 75 tahun. Sedangkan berdasarkan data Susenas tahun 2012 terdapat 206.688 jiwa penyandang disabilitas yang masih dalam usia produktif. Berdasarkan persentase umur lebih dari 10 tahun yang mengalami kesulitan fungsional terdapat 1.62% penduduk mengalami kesulitan dalam berjalan serta menaiki tangga. Kesulitan berjalan jarak jauh juga merupakan salah satu komponen disabilitas yang tertinggi berdasarkan Riskesdas 2013 yaitu dengan 6.8% dari jumlah penyandang disabilitas di Indonesia dengan usia lebih dari 15 tahun.

Kesulitan dalam berjalan jarak jauh serta menaiki tangga merupakan salah satu dari berbagai kesulitan yang diakibatkan adanya gangguan pada anggota gerak tubuh bagian bawah. Anggota gerak bawah sendiri memiliki fungsi utama sebagai *support* dan alat penggerak tubuh. Keterbatasan berjalan yang disebabkan gangguan pada anggota gerak tubuh bagian bawah dapat mengakibatkan peningkatan pengeluaran energi sebesar 89% lebih tinggi dibanding dengan pejalan kaki norma (Lobe s Herdiman et al., 2012). Gangguan pada anggota gerak bagian bawah sendiri dapat terjadi karena banyak faktor seperti masalah rangka, kelemahan otot dan juga kelumpuhan. Sehingga untuk mengeliminasi atau mengurangi keterbatasan tersebut di perlukan alat bantu gerak bagian bawah atau yang dikenal dengan orthosis kaki. Orthosis kaki mempunyai berbagai macam jenis disesuaikan dengan permasalahan yang ada.

*Knee Ankle Foot Orthosis* (KAFO) adalah orthosis yang mengkoreksi dari mulai telapak kaki sampai dengan paha. KAFO sendiri mempunyai fungsi dari

mulai menyangga berat badan tubuh, mencegah kecacatan dan degenerasi pada lutut yang lebih lanjut, mengkoreksi kecacatan dan mengontrol atau mengatur gerakan yang terjadi pada tungkai.

Produk KAFO yang ada di Indonesia saat ini masih banyak ditemukan kekurangan, khususnya dalam mengakomodasi kebutuhan dan keinginan pengguna. Beberapa faktor yang menjadi keluhan adalah terlalu kaku pada sambungan, tidak praktis serta kurang nyaman, bagian-bagian yang dikeluhkan diantaranya adalah bagian lutut, dimana pada bagian lutut KAFO mempunyai fungsi pengunci pada *knee joint* (Lobe s Herdiman et al., 2012)

Salah satu yang menjadi parameter adalah kenyamanan. Banyak faktor yang menentukan kenyamanan, salah satunya adalah ergonomi. Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan dan elemen-elemen lain dalam suatu sistem dan pekerjaan yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode untuk merancang suatu sistem yang optimal, dilihat dari sisi manusia dan kinerjanya. Salah satu data yang digunakan dalam ergonomi adalah data antropometri, data antropometri dapat digunakan dalam perancangan suatu sistem kerja yang sasarannya adalah sistem kerja yang efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien (Nurmianto, 2004)

Pengunci kaku serta efisiensi dalam mekanisme pengunci pada *knee joint* menjadi salah satu permasalahan yang perlu diselesaikan. Produksi massal pada KAFO diperlukan untuk dapat memenuhi kebutuhan konsumen khususnya di Indonesia. Untuk itu perlu adanya penyesuaian KAFO berdasarkan antropometri orang Indonesia. Pernyataan tersebut menunjukkan masih perlunya pengembangan yang dilakukan (Zamzamy, 2018)

Desain baru telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan perhitungan dan berdasarkan antropometri orang Indonesia. Model kafo juga telah dibuat dengan menggunakan 3d printing. Pada tahapan selanjutnya adalah merealisasikan seluruh bagian kafo dengan material yang sesuai dengan spesifikasi, tentunya yang aman dan nyaman untuk digunakan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, umusan masalah yang di perlukan sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan KAFO yang sudah ada dapat terealisasi?
2. Apakah KAFO yang sudah dibuat aman dan nyaman untuk digunakan?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang di perlukan untuk membatasi penelitian, yaitu:

1. Perancangan berdasarkan antropometri orang Indonesia.
2. Tidak melakukan perhitungan
3. Desain menggunakan software autodesk inventor 2019

## **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

1. Realisasi perancangan KAFO dengan memperhatikan proses manufaktur dan pemilihan material yang tepat pada masing masing part kafo.
2. Menjamin KAFO yang telah dibuat aman dan nyaman untuk digunakan dengan beban 60kg.

## **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

1. Perancangan ini dapat dijadikan salah satu alternatif solusi bagi penyandang disabilitas untuk dapat mengeliminasi keterbatasan gerak tubuh khususnya bagian bawah perut
2. Perancangan ini dapat menjadi salah satu referensi untuk pengembangan produk bagi dunia industri yang khususnya bergerak dalam bidang *orthotic* bawah perut.
3. Perancangan ini dapat menjadi salah satu referensi untuk perancangan atau penelitian sejenis dalam universitas serta dapat menunjukkan kontribusi universitas dalam menanggulangi permasalahan sosial di masyarakat. Khususnya dalam penyandang disabilitas bagian bawah perut.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab I membahas mengenai gambaran umum dari perancangan, yang menyajikan Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Perancangan, Manfaat Perancangan, serta Sistematika Penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab II membahas mengenai teori yang melandasi perancangan yang diambil dari kutipan buku yang berkaitan dengan topik pembahasan serta beberapa literature *review* yang berhubungan dengan perancangan.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab III membahas mengenai metode yang digunakan dalam perancangan dari mulai Alur Penelitian atau Perancangan, Peralatan dan Bahan, serta Perancangan.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab IV membahas mengenai Hasil Perancangan serta Hasil Pengujian yang kemudian akan dianalisis.

### **BAB V PENUTUP**

Bab V membahas mengenai kesimpulan yang didapat pada keseluruhan perancangan serta Saran yang bertujuan untuk memperbaiki penelitian atau perancangan selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Berdasarkan perancangan sebelumnya yang telah merancang KAFO berdasarkan rata-rata antropometri tubuh orang Indonesia yang melibatkan kenyamanan berdasarkan faktor ergonomi dan KAFO yang lebih praktis. Perancangan menggunakan pemodelan pada *software* CAD selanjutnya dilakukan analisis berdasarkan beban yang diberikan. Beban yang diberikan diasumsikan berat rata-rata orang Indonesia dengan *safety factor* 4. Pengujian berdasarkan pada *The Maximum Energy of Distortion Theory (Von Mises Theory)*. KAFO mempunyai rentang panjang 751mm – 792mm. KAFO mampu menahan beban pengguna dengan kondisi lumpuh sebesar 60kg . (Zamzamy, 2018)

Alat bantu jalan KAFO di peruntukan untuk orang yang menderita lemah pada kaki bagian bawah. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Trifani et al., 2018) 80 % penderita polio atau kelemahan pada tubuh bagian bawah rentan jatuh saat berjalan.

Perancangan kafo juga pernah dilakukan (Lobe s Herdiman et al., 2012) pada penelitian tersebut peneliti menggunakan metode FAST (Function Analysis System Technique) untuk melakukan perbaikan rancangan desain.

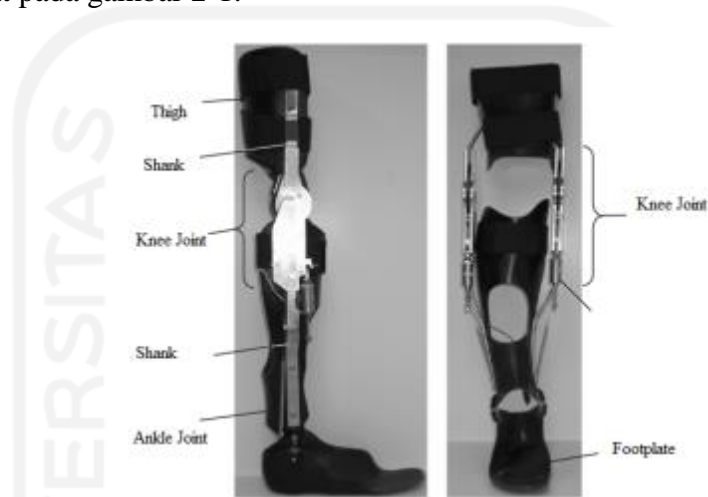
Salah satu yang menentukan bentuk KAFO adalah antropometri. Mulai dari panjang dan lekuk kafo yang akan dibuat, penelitian tentang antropometri pernah dilakukan oleh (Syaifudin and Alatas, 1996) yang meneliti tentang antropometri manusia jawa dalam rangka penyusunan manusia acuan indonesia.

Kenyamanan merupakan parameter yang dapat diukur berdasarkan banyak faktor. Salah satunya adalah kenyamanan berdasarkan faktor ergonomi. Antropometri merupakan salah satu bagian yang menunjang ergonomi, khususnya dalam perancangan suatu peralatan berdasarkan prinsip-prinsip ergonomi. Data antropometri dapat digunakan dalam perancangan suatu sistem kerja yang sarasanya adalah sistem kerja yang efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien (Nurmianto, 2004)

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 KAFO(Knee Ankle Foot Orthosis)

Orthosis memiliki beberapa jenis, salah satunya adalah KAFO yang mempunyai fungsi untuk mengoreksi anggota tubuh bagian bawah mulai dari telapak kaki sampai atas lutut (Lobe s Herdiman et al., 2012) KAFO juga bertujuan untuk mencegah degenerasi pada sendi lutut. KAFO pada umumnya dapat dilihat pada gambar 2-1.



Gambar 2-1 KAFO (Yakimovich et al., 2006)

Seperti yang tertera pada gambar 2-1 berikut adalah bagian bagian dari kafo pada umumnya:

1. *Thigh- Thigh* adalah bagian atas kafo yang menahan bagian paha.
2. *Shank- Shank* adalah bagian kafo yang menyambungkan antara *thigh* dengan *knee joint* dan *knee joint* dengan *ankle joint*.
3. *Knee joint- Knee joint* adalah penahan pada bagian lutut dan mendukung pergerakan lutut.
4. *Ankle joint- Ankle joint* adalah bagian yang mendukung pergerakan ankle.
5. *Footplate- Footplate* adalah bagian untuk meletakkan telapak kaki.

### 2.2.2 Antropometri

Antropometri berasal dari kata “anthropos” yang berarti manusia dan “metron” yang berarti ukuran. Maka antropometri memiliki arti ukuran tubuh manusia dan upaya evaluasi untuk melaksanakan kegiatan dengan mudah dan

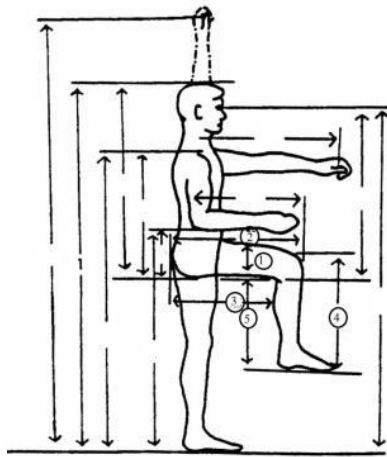
gerakan yang sederhana. Antropometri memiliki peranan penting dalam perancangan produk yang nanti dapat membuat system kerja lebih nyaman, aman dan efektif. Apabila antropometri tidak sesuai akan memberikan dampak ketidaknyamanan bagi pengguna produk tersebut. Yang lebih parahnya lagi dapat berdampak cedera atau kecelakaan kerja.

Penerapan antropometri dapat dilakukan jika terdapat nilai mean (rata-rata), dan SD (standar deviasi) dari suatu distribusi normal seperti yang terlihat pada Tabel 2-2. Dalam penerapan antropometri adalah sebuah kesalahan jika menganggap bahwa semua dimensi adalah merupakan rata-rata, sebagai contoh jangkauan kedepan pengguna rata-rata (50 persentil) dalam penyesuaian pemasangan suatu alat kontrol akan menghasilkan bahwa 50% populasi tidak akan mampu menjangkaunya. Dengan kata lain jika seseorang mempunyai dimensi rata-rata populasi, maka belum tentu dia berada pada rata-rata populasi untuk dimensi lainnya (Nurmianto, 2004)

Tabel 2-1 Antropometri masyarakat Indonesia yang didapat dari interpolasi masyarakat British dan Hongkong

NO	DIMENSI TUBUH	PRIA				WANITA			
		5%	X	95%	S.D	5%	X	95%	S.D
1	Tebal Paha	117	140	163	14	115	140	165	15
2	Jarak dari Pantat ke Lutut	500	545	590	27	488	537	586	30
3	Jarak dari Lipat Lutut ke Pantat	405	450	495	27	488	537	586	30
4	Tinggi Lutut	448	496	544	29	428	472	516	27
5	Tinggi Lipat Lutut	361	403	445	26	337	382	428	28



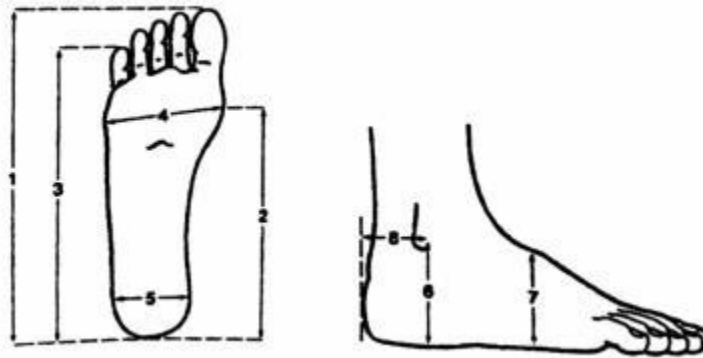


Gambar 2-2 Antropometri tubuh orang Indonesia  
(Nurmianto, 2004)

Dimana X= nilai rata-rata (*mean*), T= nilai standar deviasi (S.D), 5%= nilai 5 persentil, 95%= nilai 95 persentil. Dalam perancangan KAFO diperlukan antropometri tubuh bagian bawah perut khususnya kaki yang lebih detail seperti yang terlihat pada Tabel 2-3.

Tabel 2-2 Antropometri kaki orang Indonesia yang didapat dari interpolasi data Dempster (1955), Reynolds (1978), dan Nurmianto (1991).  
(Zamzamy, 2018)

NO	DIMENSI TUBUH	PRIA				WANITA			
		5%	X	95%	S.D	5%	X	95%	S.D
1	Panjang Telapak Kaki	230	248	266	11	212	230	248	11
2	Panjang Telapak Lengan Kaki	165	178	191	8	158	171	184	8
3	Panjang Kaki Sampai Jari Kelingking	186	201	216	9	178	191	204	8
4	Lebar Kaki	82	89	96	4	81	88	95	4
5	Lebar Tangkai Kaki	61	66	71	3	49	54	59	3
6	Tinggi Mata Kaki	61	66	71	3	59	64	69	3
7	Tinggi Bagian Tengah Kaki	68	75	82	4	64	69	74	3
8	Jarak Horisontal Tangkai Mata Kaki	49	52	55	2	46	49	52	2



Gambar 2-3 Antropometri kaki  
(Nurmianto, 2004)

### 2.2.3 Aluminium

Aluminium ditemukan pada tahun 1809 oleh Sir Humphrey Davy sebagai suatu unsur. Kemudian pada tahun 1825 aluminium direduksi pertama kali oleh H.C. Oersted. Pada tahun 1886 secara industri Paul Heroult di Prancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat dengan terpisah memperoleh logam aluminium dari alumina menggunakan cara elektrolisis dari garamnya yang terfusi (Surdia and Saito, 1999)

Aluminium merupakan logam ringan dengan ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik. Kekuatan mekanik aluminium meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Ni (Surdia and Saito, 1999). Penggunaan Aluminium antara lain untuk pembuatan kabel, kerangka kapal terbang, mobil dan berbagai produk peralatan rumah tangga. Senyawanya dapat digunakan sebagai obat, penjernih air, fotografi serta sebagai ramuan cat, bahan pewarna, ampelas dan permata sintesis. Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan hingga abu-abu, tergantung kekasaran permukaannya. Kekuatan tarik Aluminium murni adalah 90MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik berkisar hingga 600 MPa. Aluminium memiliki berat sekitar satu pertiga baja, mudah ditebuk, diperlakukan dengan mesin, dicor, ditarik (drawing), dan diekstrusi.

Aluminium terdapat 2 macam, yaitu:

**a. Aluminium murni**

Aluminium murni memiliki massa jenis  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Kurang lebih sepertiga dari berat jenis baja ( $7,83 \text{ gram/cm}^3$ ), tembaga ( $8,93 \text{ gram/cm}^3$ ). Ketahanan korosi pada aluminium berubah tergantung kemurniaannya. Untuk kemurnian AL 99% atau lebih pada umumnya dapat digunakan bertahun-tahun.

**b. Aluminium paduan**

**1. Aluminium seri 1**

Aluminium seri 1 yaitu yang elemen paduan utamanya besi dan silikon. Memiliki 65 % hantaran listrik tembaga.

**2. Aluminium seri 2**

Aluminium seri 2 memiliki paduan tembaga (Cu) Al-Cu. Ketahanan korosi pada aluminium paduan Cu buruk. Apabila ketahanan korosi diperlukan diperlukan lapisan Al murni atau paduan yang tahan korosi. Paduan ini dapat dilakukan heat treatment terutama yang mengandung (2,5 – 5%) Cu.

**3. Aluminium seri 3**

Aluminium 3 memiliki paduan Al-Mn, paduan ini tidak mengurangi ketahanan korosi pada aluminium. Aluminium dengan paduan Mn ini tidak dapat dikeraskan dengan proses heat treatment.

**4. Aluminium seri 4**

Aluminium seri 4 memiliki paduan Al-Si. Paduan ini sangat baik kecairannya. Memiliki permukaan yang bagus, tanpa kegetasan panas, baik untuk paduan cor, ketahanan korosi yang juga bagus, ringan, koefisien muai yang kecil dan penghantar listrik yang cukup baik.

**5. Aluminium seri 5**

Aluminium seri 5 memiliki paduan Al-Mg. Paduan Al-Mg mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, disebut hidronalium dan juga dikenal dengan paduan tahan korosi. Paduan 2-3% Mg mudah di tempa dan di ekstrusi. Paduan 5052 yang biasa di

pakai sebagai bahan tempaan dan paduan 5056 yang paling kuat dalam sistim ini.

#### 6. Aluminium seri 6

Aluminium seri 6 memiliki paduan Al-Mg-Si. Paduan dalam sistim ini kurang kuat sebagai bahan tempaan dan ekstrusi. Namun sangat baik untuk mampu bentuk dalam temperature biasa. Magnesium dan Silikon membentuk senyawa  $Mg_2Si$  (Magnesium Silisida) yang memberikan kekuatan tinggi pada paduan ini setelah proses heat treatment. Seri 6053, 6061, 6063 memiliki sifat tahan korosi yang baik dari pada heat treatable aluminium lainnya.

#### 7. Aluminium seri 7

Aluminium seri 7 memiliki paduan Al-Mg-Zn. Paduan ini memiliki kekuatan tarik lebih dari 504 MPa, paduan ini sering digunakan untuk kerangka pesawat, paduan ini dinamakan ultra duralumin.

Tabel 2-3 klasifikasi paduan aluminium (Surdia and Saito, 1999)

Standar AA	Standar Alcoa Terdahulu	Keterangan
1001	1S	Al murni 99,5% atau di atasnya
1100	2S	Al murni 99,0% atau di atasnya
2010-2029	10S-29S	Cu merupakan unsur paduan utama
3003-3009	3S-9S	Mn merupakan unsur paduan utama
4030-4039	30S-39S	Si merupakan unsur paduan utama
5050-5086	50S-69S	Mg merupakan unsur paduan utama
6061-6069		$Mg_2Si$ merupakan unsur paduan utama
7070-7079	70S-79S	Zn merupakan unsur paduan utama

Cara membaca seri aluminium dengan standar internasional. Biasanya pengkodean dari seri aluminium terdiri dari empat angka, yaitu :

- a. Angka pertama = menunjukkan seri kelompok paduan 20
- b. Angka kedua = menunjukan modifikasi paduan murni atau batas ketidakmurnian
  - Angka 0 menunjukkan paduan yang murni
  - Angka 1-9 menunjukkan minimum presentase Al

c. Dua angka terakhir = minimum presentase Al

## 2.2.4 Permesinan

Pemesinan adalah suatu proses produksi dengan menggunakan mesin perkakas dengan memanfaatkan gerakan relatif antara pahat dengan benda kerja sehingga menghasilkan suatu produk sesuai dengan hasil geometri yang diinginkan. Proses pemesinan dilakukan dengan cara memotong bagian benda kerja yang tidak digunakan dengan menggunakan pahat (*cutting* Teknik Pemesinan 36 tool), sehingga terbentuk permukaan benda kerja menjadi komponen yang dikehendaki. Pahat yang digunakan pada satu jenis mesin perkakas akan bergerak dengan gerakan yang relatif tertentu (berputar atau bergeser) disesuaikan dengan bentuk benda kerja yang akan dibuat. Dalam penelitian ini terdapat 2 proses pemesinan, yaitu proses CNC milling dan *waterjet cutting*.

### 2.2.4.1 CNC Milling

Mesin Milling CNC adalah mesin milling adalah salah satu dari berbagai macam mesin CNC. CNC milling memiliki pergerakan meja mesin (sumbu X dan Y) serta spindle (rumah cutter) dikendalikan oleh suatu program. Program tersebut berisi langkah-langkah perintah yang harus dijalankan oleh mesin CNC. Program tersebut bisa dibuat langsung pada mesin CNC (huruf per huruf, angka per angka), yang hasil programnya disebut dengan program NC, atau dibuat menggunakan PC plus *software* khusus untuk membuat program NC. Program seperti ini disebut dengan CAM. Seperti yang ada pada gambar 2-4



Gambar 2-4 Mesin CNC milling (Widiantoro et al., 2017)

Secara garis besar mesin CNC milling digolongkan menjadi dua, yaitu CNC milling TU (Training Unit) dan PU (Production Unit). Keduanya mempunyai prinsip kerja yang sama, namun berbeda dalam penggunaannya. Mesin CNC milling TU digunakan untuk mengerjakan pekerjaan ringan atau tidak terlalu rumit, sedangkan mesin CNC milling PU digunakan untuk mengerjakan pekerjaan masal karena dilengkapi dengan aksesoris yang lebih kompleks seperti chuck otomatis dan toolpost otomatis (Nugroho and Saputro, 2012)

#### **2.2.4.2 Waterjet cutting**

Pemesinan water jet termasuk proses pemotongan dingin, sehingga tidak timbul panas. Dengan demikian tidak terjadi kerusakan akibat panas seperti distorsi termal, HAZ (*Heat Affected Zone*), tegangan termal (*thermal stress*) pada permukaan yang dipotong. Water jet sebagai pahat potong (*cutting tool*) mempunyai daya potong yang hampir tidak terbatas, karena water jet dapat memotong berbagai material dari yang lunak hingga yang keras, dari yang ulet hingga yang tangguh dengan tingkat ekonomis yang tinggi. Oleh karena itu WJM berkembang pesat dalam industri arsitektur, ruang angkasa, otomotif, manufaktur, makanan dan buahbuahan, board and paper product, tambang batu bara dan lain sebagainya. Seperti yang ada pada gambar 2-5

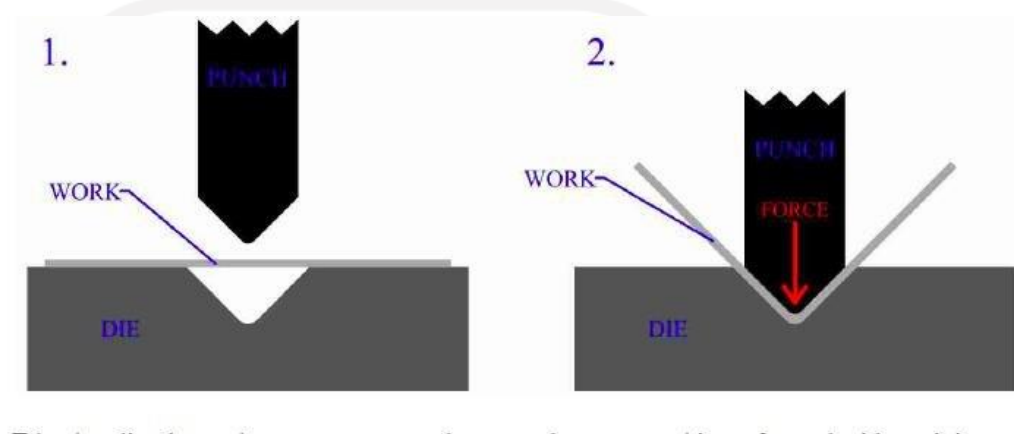


Gambar 2-5 *Waterjet cutting*

Sumber: PT. Jogja Citra Kreasi

### 2.2.5 Bending

Bendeing adalah proses penekanan pada suatu permukaan sehingga terjadi deformasi plastic pada bagian yang di berikan tekanan. Pada penelitian kali ini proses bending menggunakan metode *Dies forming bending*. *Dies forming bending* adalah alat yang digunakan untuk membentuk suatu bendingan dengan menggunakan punch dan dies bentuk dan kegunaannya sangat beragam (Nugroho and Hidayat, 2016). Penekan akan menekan dari sisi bagian atas, kemudian akan terbentuk sudut sesuai yang diinginkan. Dapat dilihat pada gambar 2-6

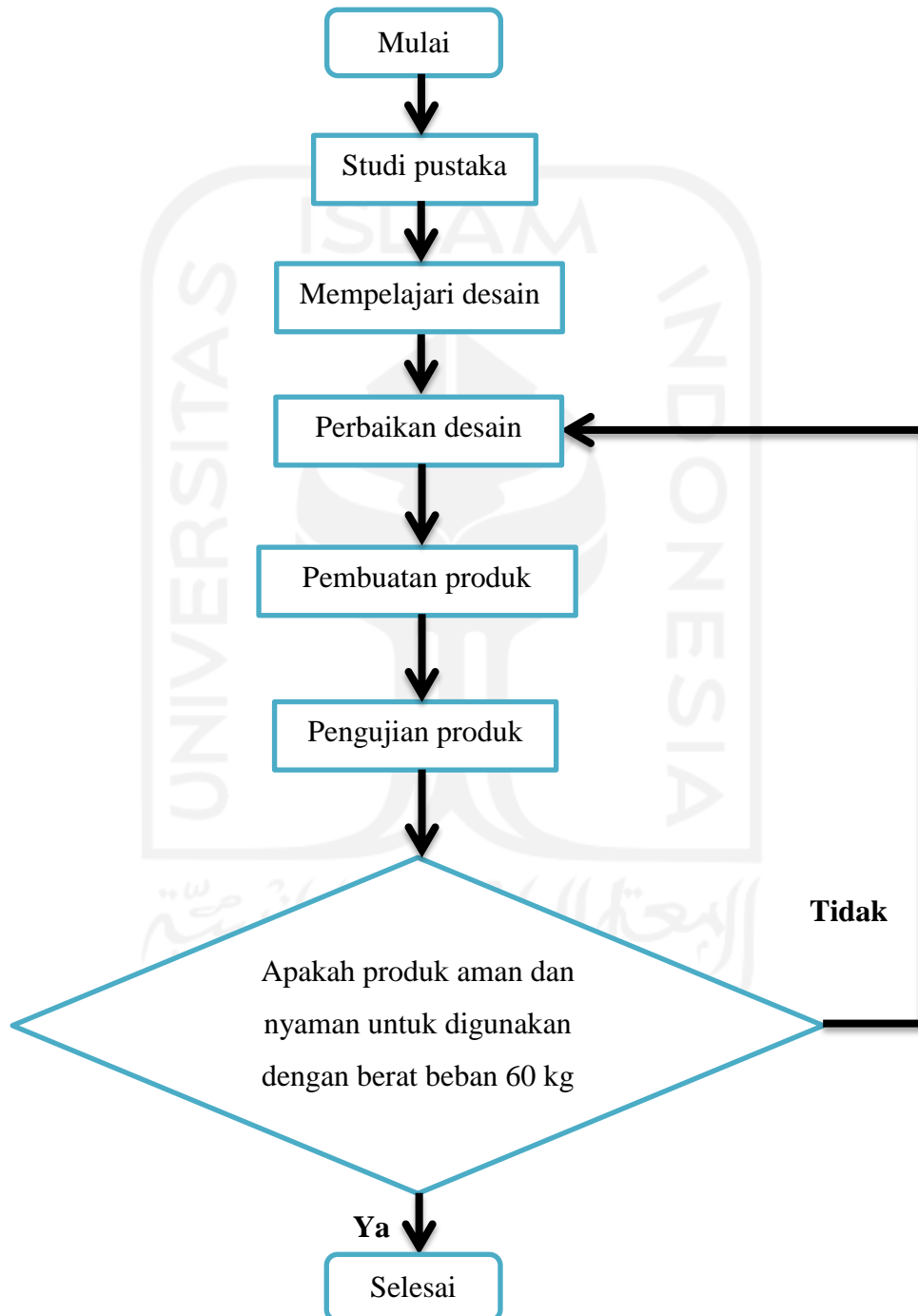


Gambar 2-6 Proses Bending

Sumber: <http://thelibraryofmanufacturing.com>

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian





### **3.1.1 Studi Pustaka**

Studi pustaka dilakukan pencarian tentang penelitian sebelumnya dan buku yang terkait dengan penelitian ini untuk membantu menyelesaikan permasalahan yang ada pada penelitian ini. Studi pustakaterdapat pada bab 2.

### **3.1.2 Mempelajari desain**

Desain KAFO sudah dibuat oleh peneleliti sebelumnya. Mempelajari desain berguna untuk mempersiapkan proses produksi yang akan dilakukan nantinya.

### **3.1.3 Perbaikan Desain dan Analisis**

Setelah mempelajari desain jika ada beberapa pertimbangan Perbaikan desain dan analisis akan dilakukan perbaikan. Perbaikan desain berdasarkan *review* pengguna, peneliti dan penelitian sebelumnya.

### **3.1.4 Pembuatan Produk**

Tahapan pembuatan produk dilakukan setelah perbaikan desain dan analisi selesai

### **3.1.5 Pengujian Produk**

Pengujian produk dilakukan untuk memastikan produk yang telah dibuat aman dan nyaman untuk digunakan, pengujian dilakukan secara langsung oleh pengguna

## **3.2 Mempelajari Desain**

Desain KAFO sudah tersedia pada penelitian sebelumnya. Desain KAFO berdasarkan rata-rata antropometri tubuh orang Indonesia yang melibatkan kenyamanan berdasarkan faktor ergonomi dan KAFO yang lebih praktis. Perancangan menggunakan pemodelan pada *software* CAD selanjutnya dilakukan analisis berdasarkan beban yang diberikan. Beban yang diberikan diasumsikan

berat rata-rata orang Indonesia dengan *safety factor* 4. Pengujian berdasarkan pada *The Maximum Energy of Distortion Theory (Von Mises Theory)*. KAFO mempunyai rentang panjang 751mm – 792mm. KAFO mampu menahan beban pengguna dengan kondisi lumpuh sebesar 60kg . Mempelajari desain dilakukan sebelum melakukan proses pembuatan produk agar mendapatkan evaluasi apakah perlu ada yang dirubah atau tidak. Desain awal dapat dilihat pada gambar 3-1



Gambar 3-1 Desain awal

### 3.3 Perbaikan pada desain KAFO

Setelah mempelajari desain yang sudah ada ada beberapa perbaikan pada desain kafo. Perbaikan yang dilakukan berpacu pada kriteria desain yang telah ditentukan oleh peneliti sebelumnya dapat dilihat pada tabel 3-1.

Tabel 3-1 Kriteria desain (Zamzamy, 2018)

No	Kriteria	Deskripsi
1	Tidak berkarat	Bahan yang digunakan tidak korosif
2	Kuat	KAFO mampu menahan berat rata-rata orang Indonesia sebesar 60kg dengan SF 4 didapatkan dari beban maksimal ketika manusia berjalan normal yaitu 4 kali berat tubuh.

3	Ringan	KAFO mempunyai massa seringan mungkin tanpa menghilangkan faktor kekuatan.
4	Dimensi sesuai dengan Antropometri orang Indonesia	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Panjang pangkal paha hingga telapak kaki 751mm – 792mm.</li> <li>2. Axis <i>knee joint</i> berada pada femoralis posterior kondilus dengan radius putar pada tulang femur 20mm.</li> </ol>

### 3.4 Alat dan Bahan

Sebelum melakukan proses pembuatan prototype KAFO, perlu disiapkan alat dan bahan.

#### 3.4.1 Alat

Alat yang digunakan di tunjukan pada table 3-2 di bawah ini:

Tabel 3-2 Alat

No	Alat	Fungsi
1	Mesin <i>waterjet</i>	Untuk memotong plat aluunium pada <i>shank</i> , <i>thigh</i> dan <i>footplate</i>
2	Mesin bending	Untuk menekuk plat
3	Mesin CNC	Untuk membuat <i>knee joint</i> dan <i>ankle joint</i>
4	Obeng	Untuk mengencangkan baut
5	Kunci L	Untuk mengencangkan baut
6	Amplas	Untuk enghaluskan sisi yang kasar
7	Tang rivet	Untuk memasang paku rivet
8	Kunci pas	Untuk mengencangkan mur

#### 3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan di tunjukan pada table 3-3 di bawah ini:

Tabel 3-3 Bahan

No	Bahan	Fungsi
1	Plat aluminium 4mm, 5mm, 2mm	Sebagai bahan utama KAFO
2	Mur dan baut	Untuk mengencangkan sambungan
3	Paku rivet	Untuk menyambung bagian yang permanen

4	<i>Belt</i>	Untuk mengencangkan ikatan antara <i>shank</i> bagian kanan dan kiri
5	Busa 4mm	Untuk bantalan kafo
6	Bahan koten tipis	Untuk bantalan kafo

### 3.5 Pemilihan material dan Penentuan Proses Mnfaktur

Pembuatan produk kafo ini dibuat di beberapa bengkel yang ada di daerah jogja dan kemudian di *assembly* di bengkel kampus. Pembuatan KAFO dilakukan dengan memperhatikan pemilihan material dan proses manufakturnya. Pada proses manufaktur dibagi menjadi dua kelompok dengan memperhatikan kontur permukaan pada masing masing part, yaitu kontur yang memiliki permukaan datar dan yang terdapat cekungan atau tingkatan permukaan yang berbeda.

#### 3.5.1 Pemilihan Material

Material utama pada pembuatan KAFO ini adalah aluminium yang digunakan pada seluruh bagian KAFO, Aluminium yang digunakan yaitu aluminium 6061, karena aluminium 6061 adalah salah satu material yang kuat dan juga ringan, untuk sambungan baut, mur dan paku rivet menggunakan material *stainless steel* karena beranggapan material tersebut lebih kuat dari aluminium. Untuk belt menggunakan bahan polyster. Seperti pada table berikut:

Tabel 3-4 material pada bahan pembuatan KAFO

No	Bahan	Fungsi	Material
1	Plat alumunium 4mm, 5mm, 2mm	Sebagai bahan utama KAFO	Aluminium 6061 (
2	Mur dan baut	Untuk mengencangkan sambungan	<i>Steinless steel</i>
3	Paku rivet	Untuk menyambung bagian yang permanen	<i>Steinless steel</i>
4	<i>Belt</i>	Untuk mengencangkan ikatan antara <i>shank</i> bagian kanan dan kiri	<i>Polyester</i>
5	Busa 4mm	Untuk bantalan kafo	Busa

6	Bahan koten tipis	Untuk bantalan kafo	Koten
---	-------------------	---------------------	-------

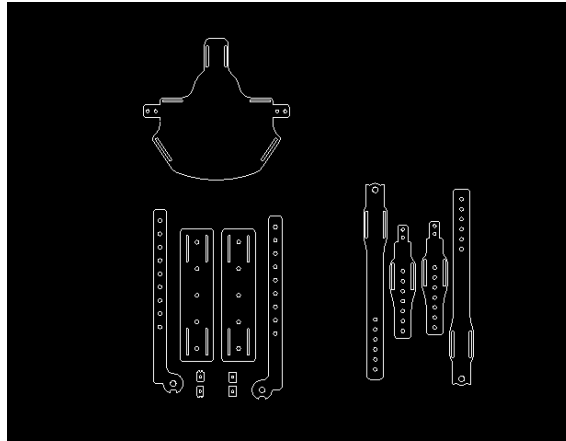
Tabel 3-5 Kekuatan material bahan KAFO

No	Jenis	Kekuatan Tarik	Tegangan Luluh
1	Alumunium 6061	310Mpa	276Mpa
2	Stainless Steel Austenitik 304	552Mpa	207Mpa
3	Polyester	260 Mpa	

### 3.5.2 Proses Manufaktur pada *Shank, Footplate dan Thigh*

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk pembuatan *shank, footplate* dan *thigh*, yaitu dengan menggunakan teknologi *waterjet cutting*, gerinda secara manual, laser *cutting*, dan menggunakan mesin milling. Jika melihat dari karakteristik desain proses *waterjet cutting* dan penekukakan plat menggunakan mesin bending dapat menghasilkan produk yang presisi dan juga waktu yang lebih singkat, tahapan yang dilakukan untuk pembuatan *shank, thigh* dan *footplate* yaitu:

1. Melakukan 3d desain, proses 3d desain dapat dilakukan dengan menggunakan *software CAD(Computer Aided Design)*. Desain dapat dilihat pada gambar
2. Desain yang ada dibuat dengan bentuk rata dan disimpan dalam file DWG



Gambar 3-2 file untuk *waterjet*

3. Rubah format desain dari DWG menjadi file corel draw
4. Masukkan file ke dalam mesin *waterjet*
5. Persiapkan plat 2 mm untuk pembuatan *footplate* dan 4 mm untuk pembuatan *shank* dan *thigh* plat sudah terkunci dengan baik saat di letakan di atas mesin *waterjet*.
6. lakukan pemotongan menggunakan *waterjet*
7. Menekuk plat dengan menggunakan mesin bending dengan derajat sesuai dengan yang ada pada desain
8. Membuat ulir dalam pada lubang
9. Menghaluskan bagian samping pada plat menggunakan gerinda

### 3.5.3 Proses Manufaktur pada *Knee joint* dan *Ankle joint*

Ada beberapa metode yang dapat digunakan pembuatan produk pada *knee joint* dan *ankle joint* yaitu dengan menggunakan proses CNC milling, milling manual, gravity cor an *die casting*, . karena memiliki bentuk yang rumit, memiliki cekungan pada bagian tengah dan hanya dibuat untuk prototype maka penggunaan mesin cnc milling efektif untuk membuat *knee joint* dan *ankle joint*. Namun untuk pembuatan masal dapat menggunakan gravity cor atau *die casting*. Tahapan yang dilakukan dalam pembuatan *knee joint* dan *ankle joint*:

1. Melakukan 3d desain, proses 3d desain dapat dilakukan dengan menggunakan *software CAD(Computer Aided Design)*. Kemudian di *export* ke file *stp*.
2. Melakukan pembuatan *g-code*, pembuatan *g-code* dapat dilakukan menggunakan *software CAM(Computer Aided Manufacturing)*. Dalam

pembuatan g-code ini menentukan strategi pemakanan dan juga pahat yang digunakan.

3. Input file g-code ke mesin CNC dan kalibrasi, sebelum memulai pemakanan dilakukan proses kalibrasi untuk menentukan posisi Z0 dan memastikan agar *clamp* tidak menabrak *spindle*.
4. Setelah semua siap proses pemakanan dilakukan.

#### **3.5.4 Proses *Finishing***

Langkah terakhir setelah proses machining menggunakan waterjet dan mesin CNC adalah proses finishing dengan memoles bagian permukaan agar lebih berestetika.



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Perbaikan Desain

Dengan memperhatikan kriteria desain yang ada dilakukan perubahan pada beberapa part KAFO, di antaranya yaitu:

1. Arah lekuk kafo dekat lutut

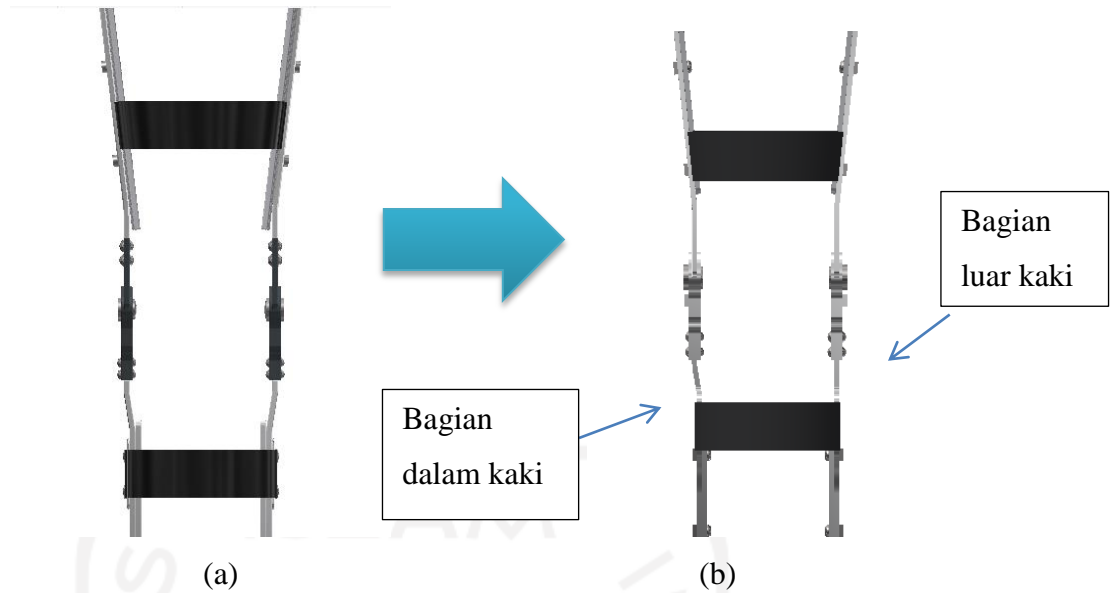
Pada desain awal lekuk kafo pada bagian dekat lutut sama antara kanan dan kiri. Perubahan disini merubah lekuk kafo bagian luar setelah *knee joint* menjadi lurus. Tujuan dari perubahan pada lekuk ini bertujuan agar bentuk kafo lebih menyesuaikan lekuk kaki pada umumnya sehingga KAFO lebih melekat pada kaki dan mengurangi rongga kosong pada bagian luar kaki, dapat dilihat pada gambar 4-1.



Gambar 4-1 Lekuk pada lutut (Marrieb and Mallat, 2001)

Perubahan desain yang telah dilakukan dapat dilihat pada gambar 4-2.

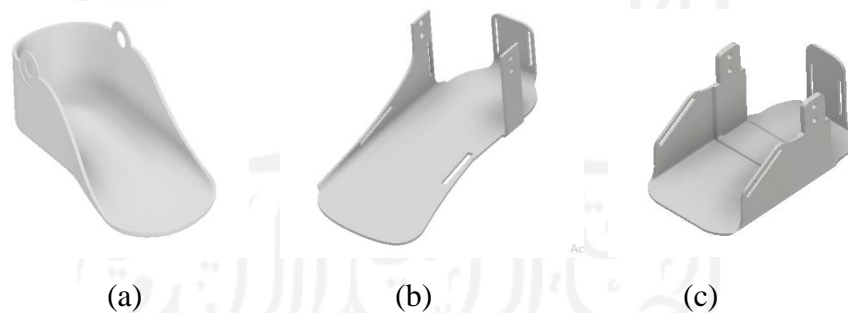




Gambar 4-2 Perubahan desain pada lekuk lutut, (a) desain sebelumnya, (b) hasil perbaikan desain

## 2. Desain *footplate*

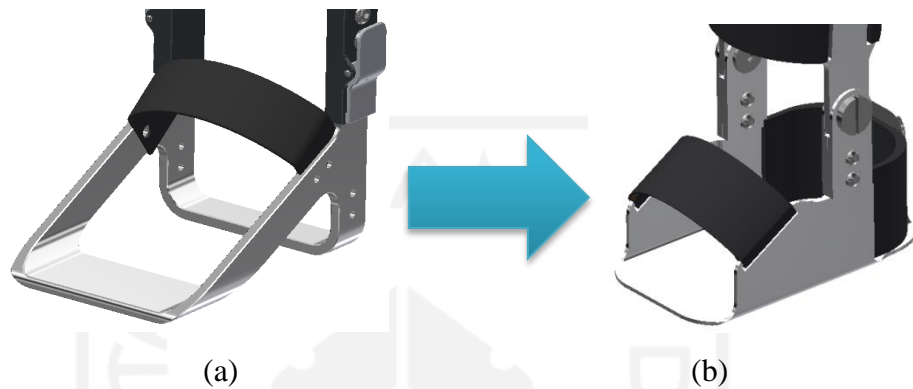
Pada desain awal *footplate* terlihat kurang nyaman pada bagian telapak. Dalam perbaikan desain pada *footplate* terdapat beberapa alternative desain yang telah direncanakan, di antaranya dapat dilihat pada gambar 4-3



Gambar 4-3(a). Alternatif desain 1, (b). Alternatif desain 2, (c). Alternatif desain 3

Dari alternative desain yang ada dipilih alternatif desain 3. Pada alternatif desain 1 dan 2 di rencanakan untuk mengikuti kontur kaki namun kekurangannya tidak bisa diatur untuk kaki kiri atau kanan, jadi desain yang dipilih yaitu alternative desain 3. Pada desain yang baru *Footplate* yang baru dapat dimasukkan ke dalam sepatu. alas *footplate* memiliki ketebalan plat 2 mm dan

sisi bagian samping 4mm agar tetap kuat menyangga. Panjang *footplate*  $\pm 2/3$  panjang kaki pada umumnya yang bertujuan agar memudahkan *footplate* untuk dimasukkan ke dalam sepatu dan mempermudah untuk produksi massal. Rata rata kaki manusia lebih melebar saat melewati  $2/3$  panjang kaki. Perubahan desain dapat dilihat pada gambar 4-4.



Gambar 4-4 Perubahan desain pada *footplate*, (a) desain sebelumnya, (b) hasil perbaikan desain.

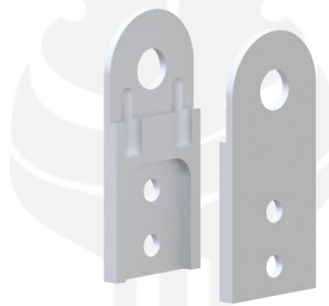
### 3. *Ankle joint*

Dengan perubahan *footplate* maka perubahan *ankle joint* juga di butuhkan, karena desain *ankle joint* pada awalnya digunakan untuk memudahkan pergantian pada *footplate*. Namun setelah perubahan pada *footplate* yang dapat di gunakan saat menggunakan alas kaki ataupun tidak maka fitur *ankle joint* yg memudahkan untuk pergantian *footplate* dihilangkan. Pada desain baru ankle dapat bergerak maju mundur sebesar 9 derajat dengan tujuan untuk memudahkan pengguna saat berjalan. Pemilihan 9 derajat diambil dari  $\pm$  setengah gerakan *full range of motion* dorsofleksi pada sendi lutut untuk menghindari loss pada posisi ankle. Seperti pada gambar 4-5.

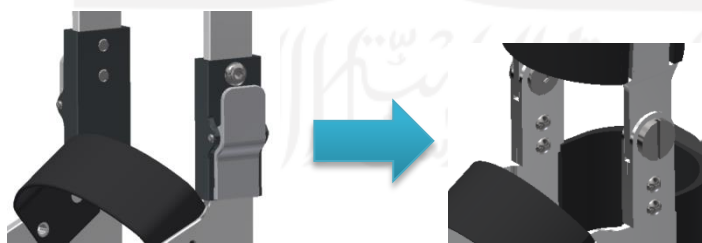


Gambar 4-5 Dorsofleksi ankle (Cael, 2010)

Hasil desain dan perubahan *ankle joint* dapat dilihat pada gambar 4-6 dan 4-7.



Gambar 4-6 hasil desain ankle joint



(a)

(b)

Gambar 4-7 Perubahan desain pada *ankle joint*, (a) desain sebelumnya, (b) hasil perbikan desain.

#### 4. Luas penampang pada *shank*

Dalam perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya telah di hasilkan luas penampang minimal yaitu:

Tabel 4-1 kekuatan aluminium

No	Jenis	Kekuatan Tarik	Tegangan Luluh	Dimensi (Lebar x Tebal)
1	Alumunium 6061	310Mpa	276Mpa	25mm x 5 mm

$$\text{Kekuatan} > \text{Beban}$$

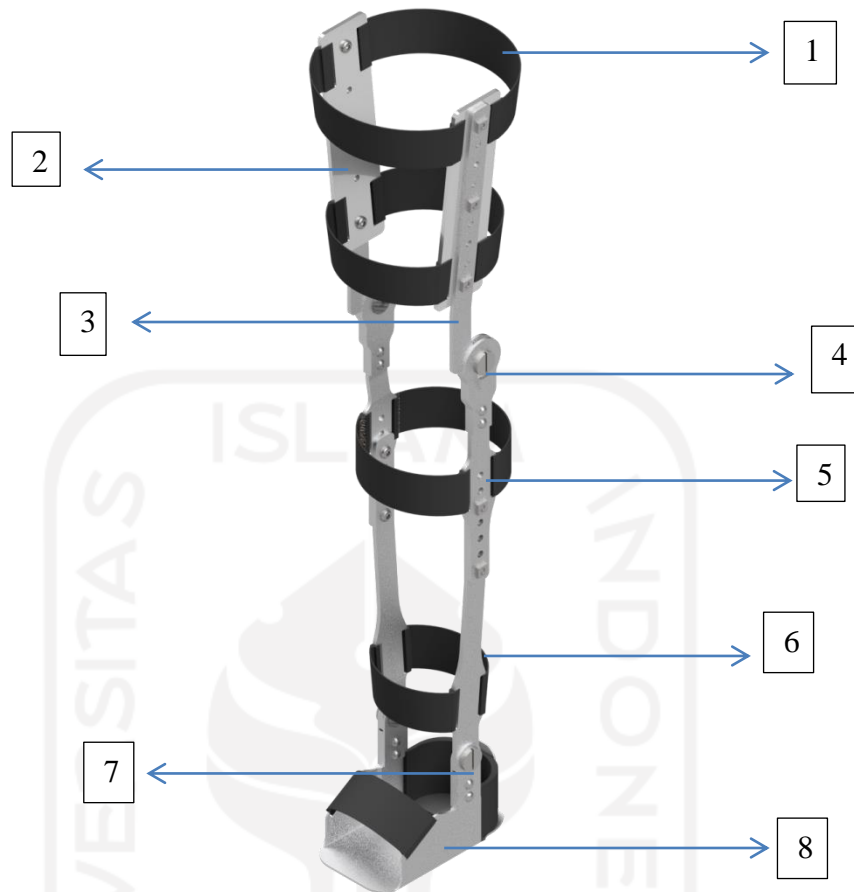
$$276\text{Mpa} > \frac{F \times SF}{A}$$

$$A > \frac{1200\text{N} \text{ mm}^2}{276\text{N}}$$

$$A > 4.34\text{mm}^2$$

Setelah perhitungan yang dilakukan didapatkan hasilnya yaitu dengan dimensi lebar x tebal (25mmx 5mm). perubahan terdapat pada tebal *shank* dan *thigh* pada paha, yang awalnya 5 mm menjadi 4 mm karena dirasa terlalu tebal.

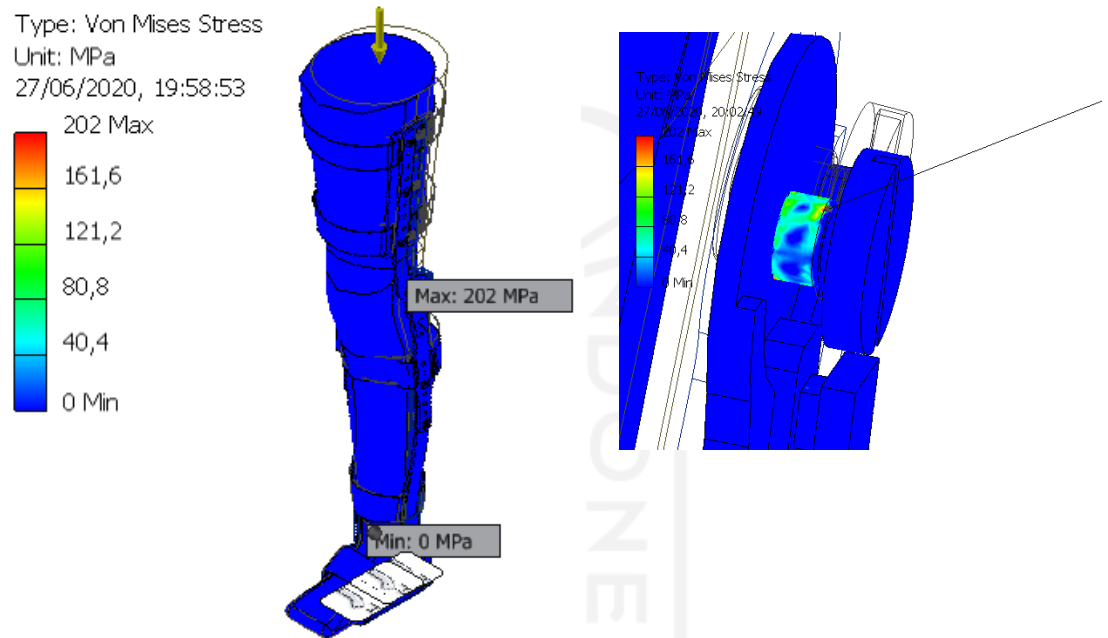
setelah melakukan perbaikan desain didapat hasil akhir desain dan analisis terhadap desain yang baru, didapatkan desain akhir seperti pada gambar 4-8.



Gambar 4-8 Desain Akhir

1. *Belt* adalah bagian yang merekatkan lingkaran paha dan betis
2. *Thigh* adalah bagian atas kafo yang menahan bagian paha.
3. *Shank* atas adalah bagian kafo yang menyambungkan antara *thigh* dengan *knee joint*
4. *Knee joint* penahan pada bagian lutut dan mendukung pergerakan lutut.
5. *Shank* tengah adalah bagian kafo yang menyambungkan antara *knee joint* dengan *shank* bawah.
6. *Shank* bawah adalah bagian kafo yang menyambungkan antara *shank* tengah dengan *ankle joint*.
7. *Ankle joint* adalah bagian yang mendukung pergerakan ankle.
8. *Footplate* adalah bagian untuk meletakkan telapak kaki.

Tahapan terakhir dalam perbaikan desain adalah melakukan simulasi stasis pada KAFO, simulasi dilakukan dengan beban 2400N, yaitu berat rata-rata orang Indonesia sebesar 60kg dengan SF 4 dikalikan gravitasi didapatkan dari beban maksimal ketika manusia berjalan normal yaitu 4 kali berat tubuh. sesuai dengan kriteria desain pada kafo, hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 4-9.



Gambar 4-9 Hasil Simulasi

Dapat di ketahui tegangan maksimal terjadi pada bagian shaft pada *knee joint* sebesar 202 MPa sementara kekuatan material dari shaft yaitu 250 MPa.

## 4.2 Hasil Pembuatan produk

Setelah desain akhir selesai kemudian produk dapat mulai dibuat dan dididatpakkann hasil dari pembuatan tersebut

### 4.2.1 *Shank, Thigh dan Footplate*

Hasil pembuatan *shank, thigh dan footplate* diurutkan berdasarkan tahapan pengerjaan:

1. Proses *waterjet cutting*

Tahapan pertama adalah memotong plat sesuai desain. Proses *waterjet cutting* dapat dilihat pada gambar 4-10.



Gambar 4-10 Proses *waterjet cutting*

2. Proses pembuatan ulir

Setelah pemotongan plat selesai. Dilakukan pembuatan ulir dilakukan pada lubang sambungan *thigh* dengan *shank* atas dan *shank* bawan dan *shank* tengah dengan menggunakan tap 6mm. seperti pada gambar 4-11.



Gambar 4-11 Proses pembuatan ulir

3. Proses bending

Proses mending dilakukan dengan mesin bending dengan derajat yang berbeda pada setiap bagiannya. Dapat dilihat pada gambar 4-12.



Gambar 4-12 Proses bending

a. *Shank*

- *Shank* atas ditekuk sebesar 6 derajat
- Pada *shank* tengah hanya satu bagian yaitu *shank* tengah bagian dalam sebesar 10 derajat
- *Shank* bawah sebesar 4 derajat

b. *Footplate*

pada bagian *footplate* sudut yang di bentuk sebesar 90 derajat pada bagian sisi samping kaki dan tumit.

Hasil akhir proses pembuatan *shank thigh* dan *footplate* dapat dilihat pada gambar 4-13.



Gambar 4-13 hasil pembuatan *Shank, Thigh* dan *Footplate*



### 4.2.2 *Knee joint* dan *Ankle joint*

Hasil pembuatan *knee joint* dan *ankle joint* dengan menggunakan proses CNC dapat dilihat pada gambar 4-14.



Gambar 4-14 Hasil pembuatan *ankle joint* dan *knee joint*

### 4.3 Proses *Finishing Part*

Proses *finishing part* yang dilakukan dengan cara melapisi masing masing part dengan krom yang bertujuan agar produk terlihat lebih menarik dari segi estetika. Hasil *finishing* dapat dilihat pada gambar 4-15.



Gambar 4-15 Hasil *finishing part*

### 4.4 **Assembly produk**

Assembly proses untuk menggabungkan satu part dengan part lainnya sehingga menjadi satu kesatuan agar menjadi sebuah produk yang diinginkan. Pada pembuatan KAFO ini ada dua proses assembly yang dilakukan, di antaranya sebagai berikut:

#### 4.4.1 *Semi Assembly*

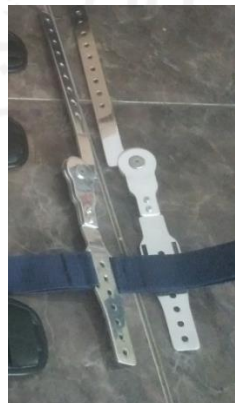
Semi assembly dilakukan untuk menyambungkan tanpa melihat sisi kaki yang digunakan oleh pengguna. Semi assembly dilakukan dengan permanen yang bertujuan agar tidak ada perombakan jika tinggi pengguna tidak sesuai. Pada tahapan ini proses assembly yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Assembly pada *belt* dengan *thigh* dan *shank* tengah. Proses penjahitan dilakukan pada bagian *belt* dan *thigh*. Dapat dilihat pada gambar 4-16.



Gambar 4-16 Assembly pada *belt* dengan *thigh* dan *shank* tengah

2. Assembly *knee joint* dengan *shank* tengah, dan *shank* atas dengan *knee joint*. Untuk menyambungkan *knee joint* dan *shank* tengah yaitu menggunakan paku rivet dan menggunakan shaft pada sambungan *knee joint* dengan *shank* atas, untuk menyambungkan *knee joint* dan *shank* atas harus dipastikan apakah KAFO akan digunakan di kaki kiri atau kaki kanan, untuk mengaturnya cukup dengan merubah arah pada *shank* atas, assembly dapat dilihat pada gambar 4-17.



Gambar 4-17 Assembly *knee joint* dengan *shank* tengah dan *shank* atas dengan *knee joint*

3. *Assembly footplate, ankle joint* dan *shank* bawah. Pada tahap ini sama dengan sebelumnya yaitu menyambungkan part dengan menggunakan paku rivet. Dapat dilihat pada gambar 4-18.



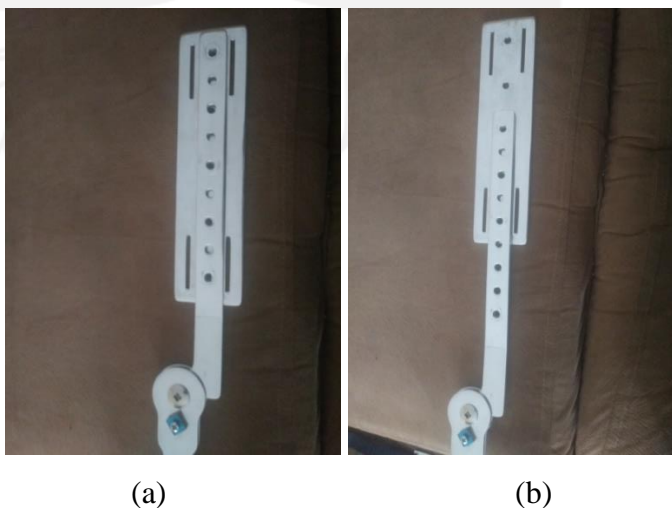
Gambar 4-18 *Assembly footplate, ankle joint* dan *shank* bawah

#### 4.4.2 *Full Assembly*

Full assembly dilakukan saat menyesuaikan panjang kaki pengguna dengan KAFO setelah dilakukan pengukuran. Ada tiga tahapan pada proses ini, diantaranya:

1. *Assembly shank* atas dengan *thigh*

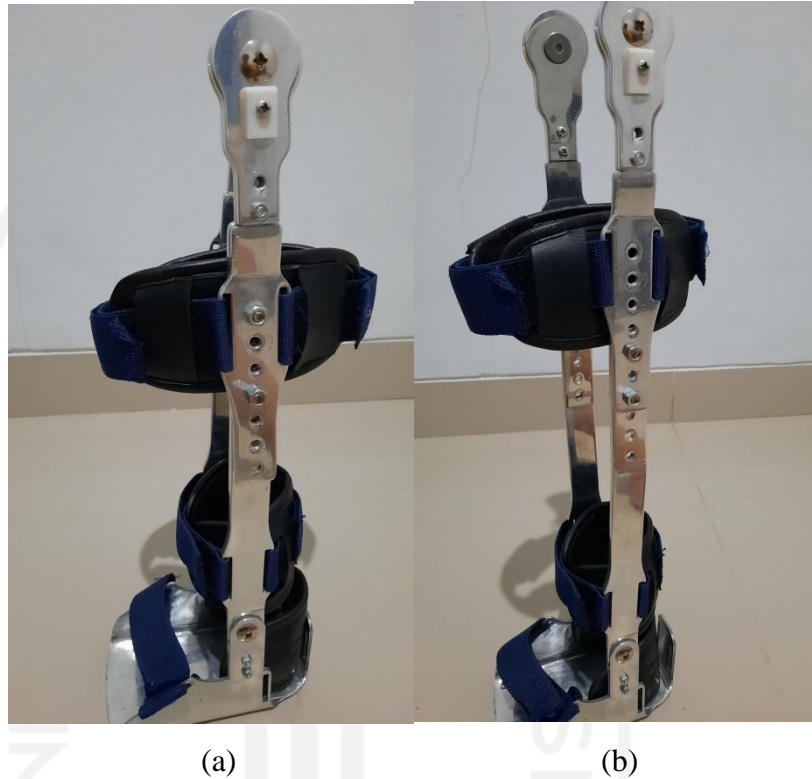
Assembly dilakukan dengan menggunakan baut dan mur stainless sesuai dengan panjang paha pengguna. Dapat dilihat pada gambar 4-19.



Gambar 4-19 *Assembly shank* atas dengan *thigh*, (a) tinggi minimal, (b) tinggi maksimal.

2. Assembly *shank* tengah dan *shank* bawah

Sama dengan sebelumnya yaitu menggunakan mur dan baut stainless. Dapat dilihat pada gambar 4-20.



Gambar 4-20 Assembly *shank* tengah dan *shank* bawah, (a) tinggi minimal, (b) tinggi maksimal.

Penyesuaian panjang pada bagian paha dan betis dapat diatur dengan menggunakan sambungan baut dan mur dengan menyesuaikan lubang baut dan panjang kaki pengguna. Hasil akhir pembuatan KAFO dapat dilihat pada gambar 4-21.



Gambar 4-21 Hasil akhir KAFO

## 4.5 Pengujian KAFO

### 4.5.1 Cara Pemakaian

1. Ukur setengah keliling kaki dan sesuaikan dengan panjang *belt* bagian belakang.
2. Letakan kaki di atas KAFO yang sudah direkatkan *belt* bagian belakangnya, seperti pada gambar 4-22.



Gambar 4-22 Pemakaian KAFO 1

3. Rekatkan *belt* bagian depan paha dan bawah lutut, seperti pada gambar 4-23.



Gambar 4-23 Pemakaian KAFO 2

4. Tekuk KAFO dan ekatkan *belt* bagian pergelangan kaki dan *footplate*, seperti pada gambar 4-24.



Gambar 4-24 Pemakaian KAFO 3

5. KAFO siap digunakan, hasil akhir pemakaian KAFO dapat dilihat pada gambar 4-25.



Gambar 4-25 Pemakaian KAFO 4

#### 4.5.2 Pengujian pada Pasien Disabilitas

Pengujian dilakukan kepada responden yang lemah pada anggota tubuh bagian bawah, penggunaan dapat dilihat pada gambar 4-26 dan 4-27.



Gambar 4-26 Pengujian KAFO 1



Gambar 4-27 Pengujian KAFO 2

Pada pengujian KAFO ini dilakukan di BRTPD ( Balai Rehabilitasi Terpadu Penyandang Disabilitas). Pengujian dilakukan oleh 2 responden laki-laki dengan indikasi struk sebelah pada anggota tubuh bagian kanan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah KAFO ini dapat digunakan langsung oleh pengguna serta apakah aman dan nyaman untuk digunakan. Sebelum pengujian, dilakukan konsultasi dan pengecekan alat oleh dokter spesialis KFR(Kedokteran fisik dan Rehabilitasi) yang ada disana untuk memastikan bahwa KAFO tersebut

aman untuk digunakan. Pengujian dilakukan oleh 2 orang responden dengan berat badan responden pertama 71 kg dan responden kedua 57 kg. Dapat dilihat pada gambar 4-17 dan 4-18 diatas, pada gambar sebelah kiri cara jalan dengan menggunakan KAFO lebih tegak daripada saat tidak menggunakan KAFO (gambar sebelah kanan). Selain itu perbandingan kecepatan jalan yang lebih cepat saat menggunakan KAFO daripada saat tidak menggunakan KAFO.

## **4.6 Analisis dan Pembahasan**

### **4.6.1 Analisis *Review* Pengguna**

Dari pengujian yang telah dilakukan ada beberapa feedback dan tanggapan terhadap KAFO yang digunakan, di antaranya:

1. Dengan menggunakan KAFO pengguna dapat berjalan lebih cepat dan lebih tegak dari pada tidak menggunakan KAFO
2. Material yang cukup bagus
3. Lutut terlalu lurus saat berjalan, membutuhkan sedikit lekuk pada lutut agar dapat berjalan lebih normal (*review* dari penderita struk). Pada dasarnya posisi lutut dibuat lurus saat posisi terkunci adalah untuk menahan lutut agar tidak jatuh, namun pada kenyataannya beberapa yang memiliki disabilitas lemah pada kaki bagian masih mampu menahan dan membutuhkan lekuk lutut untuk berjalan.
4. Bagian *footplate* yang sulit untuk dimasukkan, *footplate* yang sulit dimasukkan karena maerial yang terlalu tebal, namun tebal tersebut bertujuan agar tidak mudah penyok saat menahan beban dari atas.



## 4.6.2 Spesifikasi KAFO

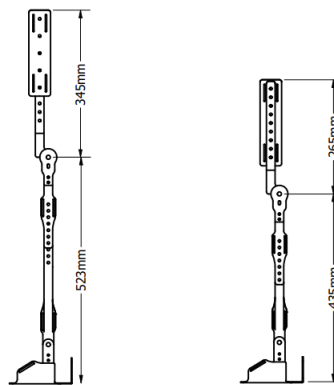
Spesifikasi KAFO dapat dilihat dalam penjelasan di bawah ini:

### 1. Material

Material yang digunakan pada KAFO yaitu aluminium 6061 (dalam prototype menggunakan aluminium 5053 dan 1100)

### 2. Dimensi

- Panjang minimal dan maksimal pada pangkal paha sampai lutut:  
265mm – 345mm
- Panjang maksimal dan minimal pada lutut sampai telapak kaki:  
435mm – 523mm
- Panjang minimal dan maksimal secara keseluruhan:  
700mm – 868mm



Gambar 4-28 Tinggi KAFO

### 3. Bantalan KAFO

- Bantalan KAFO tidak bersifat permanen sehingga dapat dicuci dan diganti apabila sudah kotor
- Material yang tahan air sehingga keringat pada tubuh tidak meresap pada bantalan

### 4. Berat KAFO sebesar 1,34kg

### 5. Pengunci

Pengunci yang otomatis mengunci saat kaki diluruskan

### 4.6.3 Perkiraan Harga Produk

Perkiraan biaya pembuatan produk KAFO :

Tabel 4-2 Perkiraan biaya pembuatan produk

Barang/Jasa	Kuantitas	Harga satuan	Harga total
Aluminium 4mm			Rp 295.000
Aluminium 5mm			Rp 132.000
Baut	14 buah	Rp 1.000	Rp 14.000
Mur	10 buah	Rp 1.000	Rp 10.000
Paku rivet	8 buah	Rp 3.000	Rp 24.000
Shaft	4 buah	Rp 2.000	Rp 8.000
CNC milling	1 paket	Rp 910.000	Rp 910.000
Tekuk plat	8 tekukan	Rp 12.000	Rp 96.000
Bahan bantalan	1x1 meter	Rp 30.000	Rp 30.000
Jahit bantalan	2 paket	Rp 60.000	Rp 120.000
Belt	3 meter	Rp 10.000	Rp 30.000
Waterjet cutting	1 paket		Rp 407.000
Poles	1 paket		Rp 125.000
TOTAL			Rp 2.201.000

### 4.6.4 Analisis Perbandingan Produk

KAFO yang sudah selesai diproduksi diperlukan beberapa perbandingan produk untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan pada KAFO. Diantara kelebihan dan kekurangan KAFO yang dibuat yaitu:

1. Bagian paha



KAFO perancangan



KAFO pembanding1



KAFO pembanding

Gambar 4-29 perbandingan produk bagian paha

Dapat dilihat pada gambar 4-29. Pada KAFO pembanding bantalan paha dibuat dengan bahan plastik dengan sedikit busa di dalamnya. Pada KAFO perancangan bantalan di bagian paha dibuat dengan bahan yang berbusa sehingga dapat menyesuaikan lebar paha, dan lebih empuk saat posisi duduk. Pada produk KAFO pembanding shank dipasang permanen sedangkan shank bagian paha pada KAFO perancangan dapat diatur ketinggiannya.

## 2. Bagian lutut sampai betis



KAFO perancangan

KAFO pembanding 1

KAFO pembanding 2

Gambar 4-30 perbandingan produk bagian lutut sampai betis

Pada KAFO perancangan knee joint dapat menekuk secara otomatis saat posisi berdiri dan tinggi shank pada betis bias diatur sesuai panjang betis. yang dapat diatur sehingga memudahkan untuk produksi massal. Seperti pada gambar 4-30.

## 3. Bagian ankle dan Footplate



KAFO perancangan

KAFO pembanding 1

KAFO pembanding 2

Gambar 4-31 perbandingan KAFO bagian lutut sampai betis

Pada KAFO perancangan terdapat fitur ankle joint yang dapat menekuk 9 derajat agar memudahkan dalam kondisi berjalan. Karena saat berjalan terdapat gerakan dorsifleksi pada ankle. Pada KAFO pembanding a terdapat sedikit sudut pada ankle dan pada KAFO pembanding b tidak terdapat sudut lekuk pada ankle. Pada KAFO perancangan panjang footplate hanya 2/3 panjang kaki agar lebih mudah masuk ke dalam sepatu. Namun terdapat kekurangan yaitu tidak semua model dan ukuran sepatu dapat dimasuki. Gambar perbandingan keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4-31.



Gambar 4-32 perbandingan keseluruhan

Home ▶ Kesehatan ▶ Perlengkapan Medis ▶ Alat Penunjang Gerak ▶ KAFO (knee ankle foot orthosi)



### KAFO (knee ankle foot orthosi)

Jadilah Yang Pertama Mengulas Produk Ini ★ • 298x Dilihat

HARGA **Rp10.000.000**

**Kredivo** Cicilan mulai Rp1.045.834  
Lihat semua metode

JUMLAH **Stok terbatas! Tersedia >50**

1 Min. pembelian 1pcs.

Tulis catatan untuk penjual

INFO PRODUK Berat: 5Kg Kondisi: Baru Asuransi: Opsional Etalase: Orthotic ▼

Gambar 4-33 Produk pembanding 1



**Penguat Kaki Layuh/Lumpuh (KAFO) - Modern**

Jadilah Yang Pertama Mengulas Produk Ini ★ • 145x Dilihat

HARGA **Rp4.200.000**

**redivo** Cicilan mulai Rp439.250  
Lihat semua metode

JUMLAH **Stok terbatas! Tersedia >50**

– 1 + Min. pembelian 1pcs.

Tulis catatan untuk penjual

INFO PRODUK Waktu Preorder **14 Hari** Berat **500gr** Kondisi **Baru** Asuransi **Opsional** Etalase **Alat Kesehatan** ▾

Gambar 4-34 Produk pembanding 2

Tabel 4-3 Perbandingan produk

NO	Produk hasil perancangan	Produk pembanding 1	Produk pembanding 2
1	Terdapat fitur <i>ankle joint</i> yang dapat menekuk untuk memudahkan berjalan	Terdapat fitur <i>ankle joint</i> yang dapat menekuk untuk memudahkan berjalan	Tidak terdapat fitur <i>ankle joint</i> yang dapat menekuk untuk memudahkan berjalan
2	Berat 1,34 kg	berat 5 kg	berat 500 g
3	harga ± Rp. 3.000.000	Harga Rp. 10.000.000	Harga Rp. 4.500.00
4	Dapat mengatur tinggi rendahnya KAFO	Tidak dapat mengatur tinggi rendahnya KAFO	Tidak dapat mengatur tinggi rendahnya KAFO

## **BAB 5**

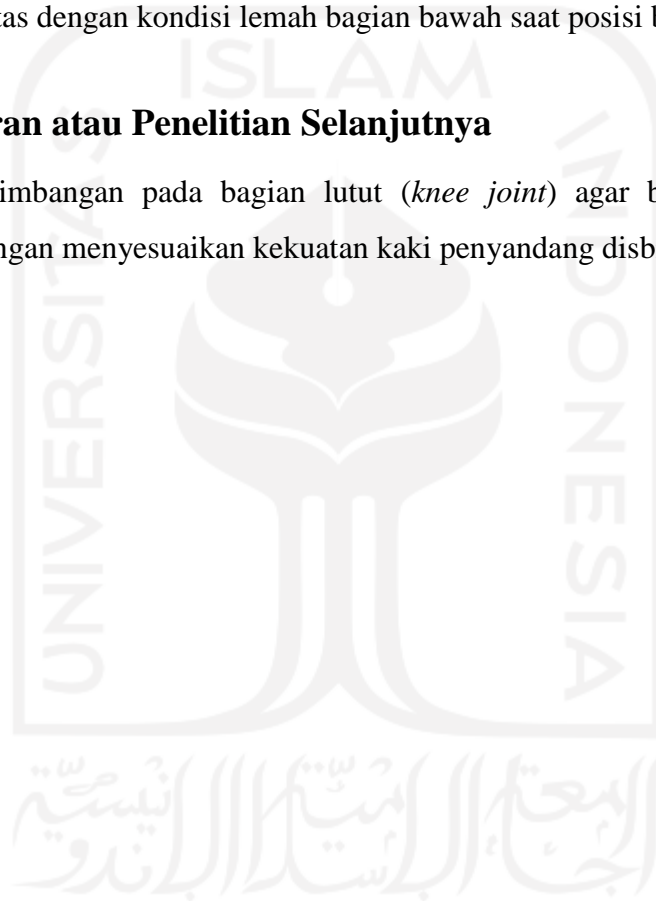
### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. KAFO dapat direalisasikan dengan memperhatikan pemilihan material, proses produksi dan ergonomi.
2. KAFO teruji aman dengan mampu menahan beban 60 kg pada penyandang disabilitas dengan kondisi lemah bagian bawah saat posisi berjalan.

#### **5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya**

Pertimbangan pada bagian lutut (*knee joint*) agar bisa menekuk saat berjalan dengan menyesuaikan kekuatan kaki penyandang disabilitas.



## DAFTAR PUSTAKA

- Cael, C., 2010. *Functional Anatomy*. lippincott williams & wilkins, Philadelphia.
- Lobe s Herdiman, L., Liquiddanu, E., Paramita, D., 2012. Perbaikan Rancangan Pada Desain Knee Ankle Foot Orthosis (KAFO) Dengan Pendekatan Metode Function Aanalysis System Technique. *JURNAL TEKNIK INDUSTRI* 6, 189–198. <https://doi.org/10.12777/jati.6.3.189-198>
- Marrieb, E.N., Mallat, J., 2001. *Human Anatomy*. New York : Benjamin Cummings.
- Nugroho, C.B., Hidayat, R., 2016. Studi Cacat Permukaan plat Aluminium pada Proses Pembengkokkan Sudut Mesin Bending 5.
- Nugroho, T.U., Saputro, H., 2012. Pengaruh Kecepatan Pemakanan dan Waktu Pemberian Pendingn Terhadap Tingkat Keausan Cutter Endmill HSS Hasil pemesinan CNC Milling Pada Baja ST 40 11.
- Nurmianto, E., 2004. *Ergonomi (2nd ed.)*. Surabaya, Indonesia: Penerbit Guna Widya.
- Surdia, T., Saito, S., 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. PT. Pradnya Paramita.
- Syaifudin, M., Alatas, Z., 1996. *Studi Aantropometrik Manusia Jawa Dalam Rangka Penyusunan Manusia Acuan Indonesia* 13.
- Trifani, F., Putra, R.A.C., Lestari, T.R., 2018. Evaluasi Knee Ankle Foot Ortosis Dengan Parameter Spatiotemporal Dan Keseimbangan Pada Pengguna dengan Polio. *QJK* 12, 37–41. <https://doi.org/10.36082/qjk.v12i2.46>
- Widiantoro, A. wilda, Khumaedi, M., Sumbodo, W., 2017. Pengaruh Jenis Material Pahat Potong dan Arah Pemakanan Terhadap kekasaran Permukaan Baja EMS 45 pada Proses CNC Milling.
- Yakimovich, T., Kofman, J., Lemaire, E.D., 2006. Design and evaluation of a stance-control knee-ankle-foot orthosis knee joint. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Engineering*.
- Zamzamy, A.S., 2018. *Desain dan Pembuatan Model Kafo (Knee Ankle Foot Orthosis) Berdasarkan Antropometri Tubuh Orang Indonesia*.



**LAMPIRAN 1**  
**HASIL PEMBUATAN KAFO**



## LAMPIRAN 2 KUESIONER RESPONDEN 1

### Kuesioner Kenyamanan Pada KAFO (Knee Ankle Foot Orthosis)

Assalamualaikum wr.wb

Dengan hormat,  
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Farid Abdurrahman  
NIM : 14525074  
Program studi : Teknik Mesin

Saya sedang melakukan tugas akhir dengan judul PEMBUATAN PROTOTYPE KAFO (KNEE ANKLE FOOT ORTHOSIS) BERDASARKAN ANTROPOMETRI ORANG INDONESIA ingin melakukan pengujian penggunaan KAFO terhadap penggunanya. Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui kenyamanan dan keamanan pada prototype KAFO.

Nama pengguna : Primorbh  
Alamat :

Keterangan: Struk

- 1: sangat tidak setuju  
2: tidak setuju  
3: setuju  
4: sangat setuju

1	Apakah KAFO mudah untuk di pakai?	√	2	3	4
2	Apakah KAFO nyaman di gunakan saat berjalan?	√	2	3	4
3	Apakah KAFO nyaman di gunakan saat duduk?	1	2	3	4
4	Apakah KAFO nyaman di gunakan saat menggunakan sepatu?	1	2	3	4
5	Apakah fitur ankle joint menambah kenyamanan dan mempermudah penggunaan KAFO saat berjalan?	√	2	3	4
6	Apakah fitur pengunci otomatis pada knee joint mempermudah penggunaan KAFO?	√	2	3	4
7	Apakah KAFO membantu anda berjalan dengan posisi lebih baik?	√	2	3	4
8	Apakah terdapat bagian tubuh yang terasa sakit saat menggunakan KAFO?	ya	tidak		

jika ya di bagian mana?

Komentar atau saran lainnya:

1. Pdpoin 1 no 2 msiknya kaki saat melangkah perlu elastisitas TP terbatas saat masuk jln kebelang (indeqlek)
2. telapak kaki sepatu tidak masuk

Terimakasih atas perhatiannya, wassalamualaikum wr.wb

3. Poin 3. bisa menyusuikan

6. Pengguna hrs dibuat saat pemakaian msiknya tangan km & tidak bisa digunakan

Terimakasih atas Segalanya

M. M. M. (Orub)

## LAMPIRAN 3 KUESIONER RESPONDEN 2

### Kuesioner Kenyamanan Pada KAFO (Knee Ankle Foot Orthosis)

Assalamualaikum wr.wb

Dengan hormat,  
Saya yang bertana tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Farid Abdurrahman  
NIM : 14525074  
Program studi : Teknik Mesin

Saya sedang melakukan tugas akhir dengan judul PEMBUATAN PROTOTYPE KAFO (KNEE ANKLE FOOT ORTHOSIS) BERDASARKAN ANTROPOMETRI ORANG INDONESIA ingin melakukan pengujian penggunaan KAFO terhadap penggunanya. Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui kenyamanan dan keamanan pada prototype KAFO.

Nama pengguna : *NOVE WINDA*  
Alamat : *SEMARANG*

Keterangan: *Sfrk*

- 1: sangat tidak setuju
- 2: tidak setuju
- 3: setuju
- 4: sangat setuju

1	Apakah KAFO mudah untuk di pakai?	<i>1</i>	2	3	<i>4</i>
2	Apakah KAFO nyaman di gunakan saat berjalan?	<i>1</i>	2	3	<i>4</i>
3	Apakah KAFO nyaman di gunakan saat duduk?	<i>1</i>	<i>2</i>	3	4
4	Apakah KAFO nyaman di gunakan saat menggunakan sepatu?	<i>1</i>	2	3	<i>4</i>
5	Apakah fitur ankle joint menambah kenyamanan dan mempermudah penggunaan KAFO saat berjalan?	<i>1</i>	2	3	<i>4</i>
6	Apakah fitur pengunci otomatis pada knee joint mempermudah penggunaan KAFO?	<i>1</i>	2	3	<i>4</i>
7	Apakah KAFO membantu anda berjalan dengan posisi lebih baik?	<i>1</i>	2	3	<i>4</i>
8	Apakah terdapat bagian tubuh yang terasa sakit saat menggunakan KAFO? jika ya di bagian mana?	<i>ya</i>	tidak		

Komentar atau saran lainnya:

Terimakasih atas perhatiannya, wassalamualaikum wr.wb