



**TUGAS AKHIR - DP184838**

## **Rancang Bangun Fiksasi Eksternal *Ankle Injury* dengan Metode *Rapid Prototyping***

**LATIFA WAHYU LESTARI**  
**0831144000086**

Dosen Pembimbing  
Djoko Kuswanto, ST, M.Biotech.,  
NIP. 197009121997021002

Departemen Desain produk  
Fakultas Arsitektir, Desain dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2019

(Halaman sengaja dikosongkan)



**FINAL PROJECT - DP184838**

## **Rancang Bangun Fiksasi Eksternal *Ankle Injury* dengan Metode *Rapid Prototyping***

**LATIFA WAHYU LESTARI**  
**0831144000086**

Lecturer  
Djoko Kuswanto, ST, M.Biotech.,  
NIP. 197009121997021002

Product Design Department  
Faculty of Architecture, Design and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2019

(Halaman sengaja dikosongkan)

**LEMBAR PENGESAHAN**

**RANCANG BANGUN FIKSASI EKSTERNAL *ANKLE INJURY* DENGAN  
METODE *RAPID PROTOTYPING***

**TUGAS AKHIR (DP 184838)**

Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Desain (S.Ds)

Pada

Program Studi S-1 Departemen Desain Produk  
Fakultas Arsitektur, Desain, dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Latifa Wahyu Lestari**  
NRP. 0831144090086

Surabaya, 28 Januari 2019  
Periode Wisuda 119 (Maret 2019)

Mengetahui,

Kepala Departemen Desain Produk



**Ellya Zulaikha, S.T., M.Sn., Ph.D.**

NIP. 19751014 200312 2001

Disetujui,

Dosen Pembimbing

**Djoko Kuswanto, ST., M.Biotech**

NIP. 197009121997021002

(Halaman sengaja dikosongkan)

## PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya mahasiswa Departemen Desain Produk, Fakultas Arsitektur, Desain, dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, dengan identitas:

Nama : **Latifa Wahyu Lestari**

NRP : **0831144000086**

Dengan ini menyatakan bahwa laporan tugas akhir yang saya buat dengan judul “**Rancang Bangun Fiksasi Eksternal Ankle Injury dengan Metode Rapid Prototyping**” adalah:

1. Orisinal dan bukan merupakan duplikasi karya tulis maupun karya gambar atau sketsa yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan atau tugas-tugas kuliah lain baik di lingkungan ITS, universitas lain ataupun lembaga-lembaga lain, kecuali pada bagian sumber informasi yang dicantumkan sebagai kutipan atau referensi atau acuan dengan cara yang semestinya.
2. Laporan yang berisi karya tulis dan karya gambar atau sketsa yang dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan data hasil pelaksanaan riset.

Demikian pernyataan ini saya buat dan jika terbukti tidak memenuhi persyaratan yang telah saya nyatakan di atas, maka saya bersedia apabila laporan tugas akhir ini dibatalkan.

Surabaya, 28 Januari 2019

Yang membuat pernyataan

Latifa Wahyu Lestari

0831144000086

(Halaman sengaja dikosongkan)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT karena dengan segala rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Fiksasi Eksternal *Ankle Injury* dengan Metode *Rapid Prototyping*” dengan sebaik baiknya dan tepat pada waktunya. Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan mata kuliah Tugas Akhir Desain Produk (RD184838) Departemen Desain Produk, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang senantiasa mendoakan dan men-support
2. Bapak Djoko Kuswanto, S.T, M.Biotech selaku dosen pembimbing yang sangat mendukung dalam hal pembuatan purwa rupa dan segala proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Dokter Erreza Rahadiansyah dr., Sp. OT selaku pembimbing yang sudah membantu dan mendukung dalam penyelesaian tugas akhir saya.
4. Ibu Ellya Zulaikha, S.T, M.Sn, Ph.D selaku ketua Departemen Desain Produk, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Teman teman lab HUCED yang sudah saya repotkan dan membantu menyelesaikan tugas akhir saya.
6. Pradian, Rahma, dan Diga sebagai teman sepermainan saya yang sudah membantu.
7. Teman teman R.TA yang turut pula membantu saya.

Dengan ini diharapkan agar laporan yang telah disusun oleh penulis dapat memberikan manfaat bagi semua. Penulis menyadari bahwa laporan ini belu sempurna. Oleh karena itu diharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir Desain Produk.

Surabaya, 31 Januari 2019  
Yang membuat pernyataan,

Penulis

(Halaman sengaja dikosongkan)

# RANCANG BANGUN FIKSASI EKSTERNAL *ANKLE INJURY* DENGAN METODE *RAPID PROTOTYPING*

Nama Mahasiswa : Latifa Wahyu Lestari  
NRP : 08311440000086  
Jurusan : Desain Produk – FADP, ITS  
Dosen Pembimbing : Djoko Kuswanto, ST., M.Biotech

## ABSTRAK

Ankle injury adalah sebuah kondisi cidera pada area ankle yang berupa ankle fracture atau pun ankle sprain yang terjadi karena beberapa sebab, diantaranya karena kecelakaan. salah satu penanganan akibat ankle injury adalah dengan pemasangan gips. Penggunaan gips asih saja mengandung beberapa masalah anantara lain yaitu menyebabkan iritasi pada kulit, tidak boleh terkena air, dan kaki terasa kram saat pemasangan karena tidak tersedianya support. Desain 3D cast fixation ini akan dibuat agar pengguna merasa lebih nyaman, baik dari segi pemakaian maupun segi kenyamanan saat pemasangan. Dengan adanya pembuatan fiksasi dengan metode rapid prototyping dan menggunakan material ABS dan lapisan fiksasi yang lembut dan tidak melukai kulit, sehingga pengguna pun dapat leluasa dalam melakukan aktivitasnya.

Kata Kunci—Fiksasi, Ankle injury, Ankle sprain, Ankle fracture, 3D cast, brace

(Halaman sengaja dikosongkan)

# DESIGN EXTERNAL FIXATION ANKLE INJURY WITH RAPID PROTOTYPING METHOD

Name : Latifa Wahyu Lestari  
NRP : 08311440000086  
Departemen : Desain Produk – FADP, ITS  
Supervisor : Djoko Kuswanto, ST., M.Biotech

## ABSTRACT

Ankle injury is a condition of injury in the ankle area in the form of an ankle fracture or ankle sprain that occurs due to several reasons, including an accident. one treatment due to ankle injury is by placing a cast. The use of gypsum only contains a number of problems, among others, causing irritation to the skin, not being exposed to water, and legs feeling cramped during installation due to unavailability of support. This 3D cast fixation design will be made so that users feel more comfortable, both in terms of usage and in terms of comfort during installation. With the existence of fixation with rapid prototyping method and using ABS material and fixation layer that is soft and does not injure the skin, so users can be free in carrying out their activities.

Key Word—Fixation, Ankle injury, Ankle sprain, Ankle fracture, 3D cast, brace

(Halaman sengaja dikosongkan)

## Daftar Isi

LEMBAR PENGESAHAN .....	vi
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
RANCANG BANGUN FIKSASI EKSTERNAL <i>ANKLE INJURY</i> DENGAN METODE <i>RAPID PROTOTYPING</i> .....	xi
DESIGN EXTERNAL FIXATION ANKLE INJURY WITH RAPID PROTOTYPING METHOD .....	xiii
Daftar Isi .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	7
1.3. Batasan Masalah .....	7
1.4. Tujuan .....	8
1.5. Manfaat .....	8
BAB II .....	9
TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 Jenis Injury .....	9
2.2 Patah Tulang Kaki (Foot Fracture) .....	10
2.3 Ankle Sprain .....	10
2.4 Ankle Fracture .....	12
2.6 Pengertian Fiksasi ( Cast Fixation) .....	14
2.7 Jenis Fiksasi .....	15
2.8 Teknologi 3D Print .....	17
2.9 Fused Deposition Modelling (FDM) .....	17
2.10 Food and Drug Administration (FDA) .....	18
2.11 Material 3D Print .....	18
2.12 Kode Etik Penelitian Kesehatan .....	19

2.13 Psikologi Bentuk .....	20
2.14 Studi Eksisting 3D Cast Fixation .....	21
<b>BAB III .....</b>	<b>23</b>
<b>METODOLOGI DAN KERANGKA DESAIN .....</b>	<b>24</b>
3.1 Judul Perancangan.....	24
3.2 Subjek dan Objek Perancangan.....	24
Skema Penelitian .....	24
3.4 Metode Pengumpulan Data .....	25
Pengumpulan data primer.....	28
<b>BAB IV .....</b>	<b>31</b>
<b>STUDI DAN ANALISA.....</b>	<b>31</b>
4.1 Analisa Antropometri.....	31
4.2 Analisa Aktivitas Tenaga Medis .....	35
4.4 Analisa Komparasi Proses Pemasangan Fiksasi .....	43
4.5 Analisa Penggunaan Produk di Dalam Penanganan Medis .....	44
4.6 Analisa Benchmarking Harga .....	45
4.7 Positioning Produk .....	47
4.8 Studi bentuk.....	47
4.9 Studi Komponen dan Sambungan.....	48
4.10 Studi 3D Modelling.....	51
4.11 Studi analisa simulasi kekuatan .....	54
4.12 Studi Jig untuk Fiksasi .....	56
4.13 Studi Prototype.....	56
4.14 Persona .....	59
4.15 Analisa penggunaan produk.....	61
<b>BAB V .....</b>	<b>65</b>
<b>KONSEP DESAIN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>65</b>
5.1 Implementasi konsep desain.....	65
5.2 Desain Alternatif .....	66
5.3 Mood board .....	66
5.4 Konsep warna produk.....	67
5.5 Desain final .....	68

5.6 Branding .....	69
BAB VI .....	70
KESIMPULAN DAN SARAN .....	71
6.1 Kesimpulan .....	71
6.2 Saran Pengembangan .....	72
Daftar Pustaka .....	73

(Halaman sengaja dikosongkan)

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram angka cedera di Indoneisa.....	1
Gambar 2 Diagram prosentase kaki yang sering mengalami cedera.....	2
gambar 3 Ankle Sprain .....	2
Gambar 4 Gambar Ankle Fracture.....	3
Gambar 5 Rontgen Ankle Fracture .....	3
Gambar 6 Fiksasi Perban dan Fiksasi Plester .....	4
Gambar 7 Einscan Pro (alat 3D scanner).....	6
Gambar 8 Proses Scanning .....	6
Gambar 9 Pembuatan 3D Model.....	6
Gambar 10 Gips yang menggunakan pelindung plastik .....	7
Gambar 11 Ankle sprain inversion .....	11
Gambar 12 Ankle sprain eversion.....	12
Gambar 13 Rontgen ankle fracture .....	13
Gambar 14 Rontgen ankle fracture dengan ORIF .....	14
Gambar 15 Skema Penelitian.....	25
Gambar 16 Affinity Diagram.....	27
Gambar 17 Acuan pengukuran kaki .....	31
Gambar 18 Tabel ukuran alas kaki internasional.....	32
gambar 19 Antropometri tubuh.....	32
gambar 20 Antopometri kaki bawah lutut .....	34
Gambar 21 Urutan memasang gips fiber .....	43
Gambar 22 Urutan memasang gips gypsum .....	44
Gambar 23 Urutan memasang 3D cast fixation.....	44
Gambar 24 Positioning produk .....	47
Gambar 25 Mood board .....	48
Gambar 26 Sketsa sambungan #1 ( strap dan Velcro).....	49
Gambar 27 Sketsa sambungan #2.....	50
Gambar 28 Gambar sketsa sambungan #4.....	51
Gambar 29 Mesh object lower leg .....	51

Gambar 30 Simulasi ke-1 prototype 2 .....	54
Gambar 31 Simulasi ke-2 prototype 2 .....	55
Gambar 32 Simulasi ke-3 prototype 2 .....	55
Gambar 33 Prototype 1 .....	56
Gambar 34 Prototype 2 .....	57
Gambar 35 Prototype 3 .....	57
Gambar 36 Prototype 4 .....	58
Gambar 37 Prototype 5 .....	58
Gambar 38 Prototype 6 .....	59
Gambar 39 Persona 1 .....	60
Gambar 40 Persona 2 .....	61
Gambar 41 Bagan indikator keberhasilan .....	65
Gambar 42 Render alternatif 3D model .....	66
Gambar 43 Moodboard konsep produk 1 .....	66
Gambar 44 Mood board konsep 2 .....	67
Gambar 45 Pantone warna .....	68
Gambar 46 Final desain prototype 1 .....	68
Gambar 47 Final desain prototype 2 .....	69

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Masalah yang sering terjadi pada gips dan plester.....	4
Tabel 2 Fiksasi berdasarkan jenis materialnya.....	15
Tabel 3 Fiksasi kaki berdasarkan letak cedera.....	16
Tabel 4 Data pengukuran antropometri (sumber : .....)	33
Tabel 5 Pengukuran anggota tubuh bawah lutut.....	34
Tabel 6. Analisa aktivitas.....	35
Tabel 7 Pemasangan gips gypsum .....	37
Tabel 8 Proses pelepasan gips fiber dan gips gypsum .....	41
Tabel 9 Perbandingan jumlah penggunaan fiksasi.....	46
Tabel 10 Tabel perbandingan perhitungan biaya penggunaan fiksasi .....	47
Tabel 11 Proses 3d modelling.....	52
Tabel 12 Simulasi pada prototype 3.....	55

(Halaman sengaja dikosongkan)

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar tampak prototype 4 .....	75
Lampiran 2 Gambar tampak prototype 3 .....	76
Lampiran 3 Gambar tampak prototype 2 .....	77

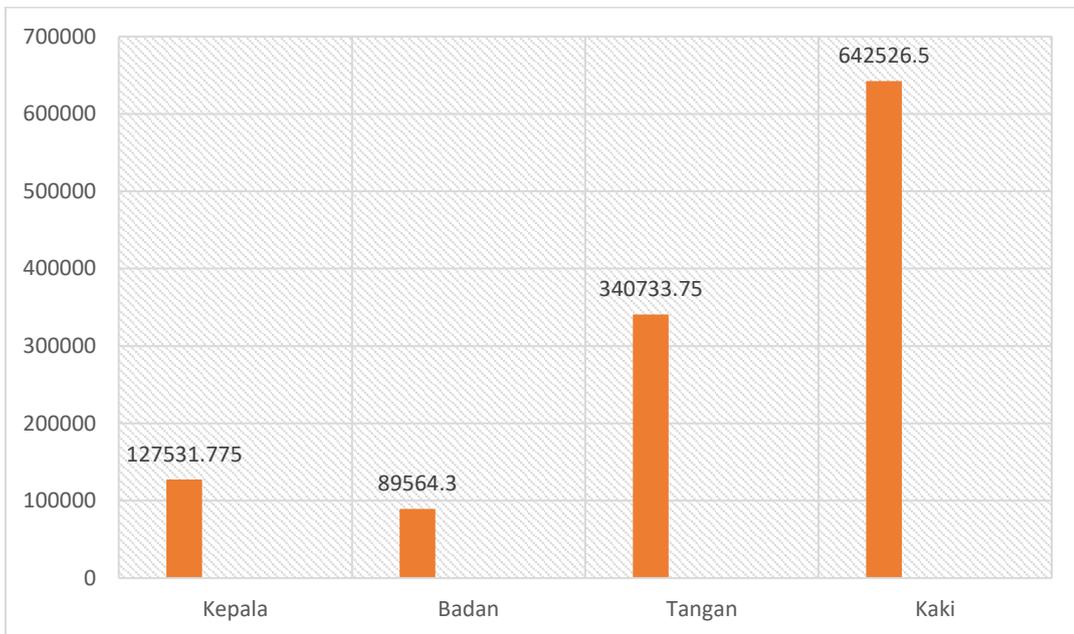
(Halaman sengaja dikosongkan)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

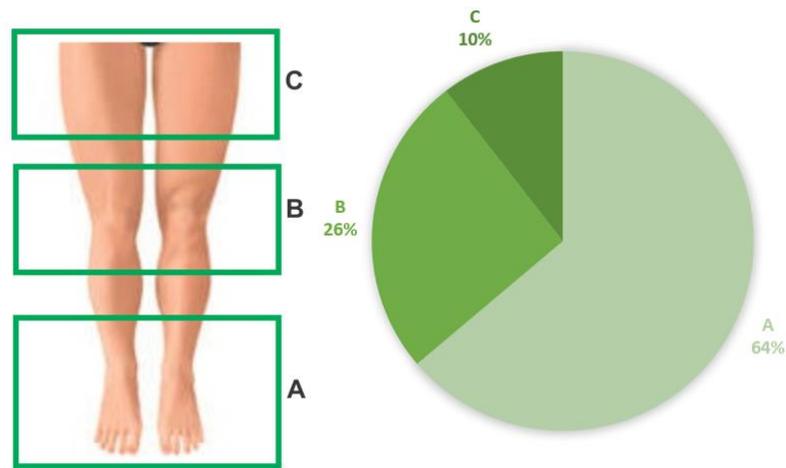
Indonesia merupakan salah satu wilayah dengan tingkat cedera yang tinggi. Baik yang diakibatkan oleh kecelakaan dalam berkendara, kecelakaan saat berolahraga da lain-lain. Jumlah masyarakat di Indonesia yang mengalami cedera yaitu dengan rata-rata 973.525 orang setiap tahunnya (RISKESDAS, 2018).



Gambar 1 Diagram angka cedera di Indoneisa

(sumber : RISKESDAS tahun 2017)

Dilihat dari data diagram diatas, dapat dispesifikkan pada bagian kaki mana saja yang sering mengalami cedera.

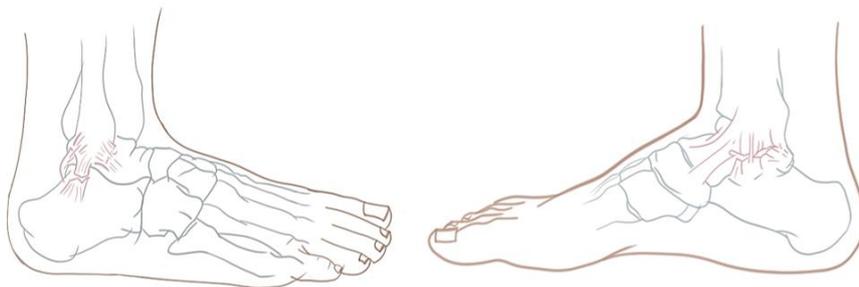


Gambar 2 Diagram prosentase kaki yang sering mengalami cedera

(sumber : RISKESDAS tahun 2017)

Ankle Injury adalah cedera pada pergelangan kaki yang ditentukan oleh jenis jaringan tulang, ligament, atau tendon bagian mana yang mengalami kerusakan. Pergelangan kaki adalah tempat tiga tulang bertemu yaitu tibia, fibula dan talus. Tulang-tulang 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.

Ankle sprain adalah keseleo pada pergelangan kaki ketika ligament yang mendukung tulang-tulang pergelangan kaki teregang atau robek. Saat terjadi keseleo yang parah, penanganan dan perawatan yang tepat harus dilakukan agar tidak melemahkan pergelangan kaki, membuat kemungkinan yang lebih besar untuk terjadi cedera kembali.

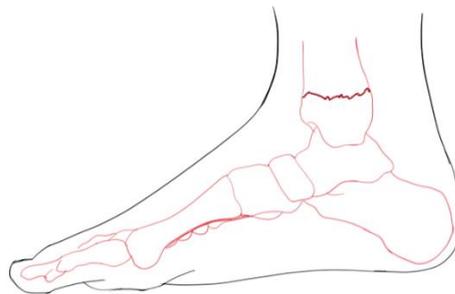


gambar 3 Ankle Sprain

Fraktur atau patah tulang adalah terputusnya kontinuitas jaringan tulang atau tulang rawan yang umumnya disebabkan oleh rupa daksa (trauma) (Arif, 2018). Rusaknya kontinuitas

tulang ini dapat disebabkan oleh trauma langsung, kelelahan otot, atau karena kondisi kondisi tertentu seperti degenerasi tulang / osteoporosis. Fraktur dapat diakibatkan oleh cedera, stress yang berulang, kelemahan tulang abnormal atau disebut juga fraktur patalogis. Fraktur sendiri sangat sering terjadi akibat aktifitas olahraga dan kecelakaan (Solomon et al, 2010). Dalam penanganan fraktur, perlu menggunakan gips untuk proses penyembuhan tulang. Fraktur yang sering terjadi adalah pada bagian tangan dan kaki.

Fraktur kaki adalah kondisi di mana salah satu tulang pada kaki seseorang mengalami patah atau retak. Salah satu bagian yang rawan terjadinya fraktur pada kaki adalah pada bagian engkel. Tingkat keparahan patah pergelangan kaki yaitu dari yang hanya retak ringan hingga fraktur yang menembus kulit.



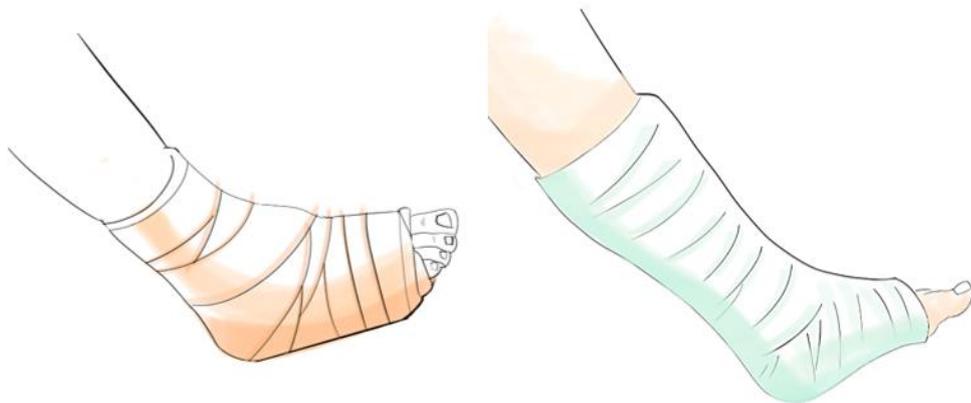
*Gambar 4 Gambar Ankle Fracture*



*Gambar 5 Rontgen Ankle Fracture*

Rehabilitasi orang dengan fraktur tulang engkel dan ankle sprain dapat direhabilitasi khusus dengan menggunakan cast fixation setelah operasi dilakukan beberapa minggu untuk menjaga kaki tetap berada pada posisinya. Berhubungan dengan kompleksitas dari penyembuhan fraktur tulang, penggunaan cast diperlukan waktu sekitar 2-6 minggu pasca

operasi. Dalam banyak kasus, terapis akan membantu dalam rehabilitasi, di mulai dengan pelatihan untuk meningkatkan gerak dan pelatihan tambahan untuk kekuatan lengan (AAOS, 2018).



Gambar 6 Fiksasi Perban dan Fiksasi Plester

Untuk penanganan akibat fraktur perlunya menggunakan gips untuk membantu proses penyembuhan tulang yang terjadi fraktur. Dengan gips maka tulang yang terjadi fraktur akan menyambung kembali sesuai dengan posisi letaknya semula. 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 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 (Eca, 2018).

Tabel 1 Masalah yang sering terjadi pada gips dan plester

N O	GAMBAR	KETERANGAN
1.		Gips atau plester mudah rusak

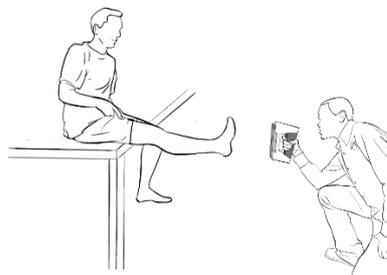
		
2.		Terdapat jamur dan kutu untuk pemakaian yang lama. Menyebabkan penggunanya merasa gatal gatal.
3.		Jika gips terkena air, bentuk gips akan berubah tidak seperti semula dan memperlambat proses penyembuhan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut telah dikembangkan fiksasi eksternal dengan penggunaan 3d print itu. Teknologi 3d print adalah proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari sebuah desain secara digital menjadi bentuk 3D yang tidak hanya dapat dilihat tapi juga dapat dipegang dan memiliki volume. Menjadi memungkinkan dalam produksi cast fikxation sebagai alat rehabilitasi pasien fraktur dengan pembuatan yang cepat. Proses pemuatan 3d cast menggunakan Teknik scanning pada bagian tubuh yang cedera dan dirancang ke dalam CAD softwre Computer Aided Design untuk mendapatkan Stereolithography (STL) file menggunakan softwre Autodesk Fusion 360 untuk menghasilkan Rapid Prototyping.



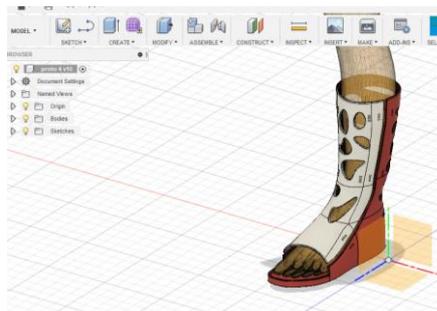
Gambar 7 Einscan Pro (alat 3D scanner)

EinScan-Pro adalah perangkat input untuk memindai suatu objek 3 dimensi dalam jarak tertentu, dan mengolahnya menjadi data.



Gambar 8 Proses Scanning

Scanning pada bagian yang cedera, dengan cara mengarahkan scanner ke bagian yang dibutuhkan.



Gambar 9 Pembuatan 3D Model

Proses pembuatan model dan bentuk cast yang dilakukan dengan menggunakan software Autodesk Fusion 360.

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Kebutuhan alat fiksasi pada cedera ankle yang bertujuan melindungi dan menstabilkan struktur anatomi tulang yang patah di Indonesia masih memiliki kelemahan dari segi kenyamanan, yaitu kulit tidak mendapatkan udara sehingga mengakibatkan rasa gatal dan iritasi.
2. Menyulitkan pasien dalam melakukan aktivitas sehari-hari terutama pada aktivitas yang berhubungan dengan air



*Gambar 10 Gips yang menggunakan pelindung plastik*

3. Proses pemasangan dan pelepasan gips mengakibatkan rasa sakit karena tidak tersedianya support saat pemasangan dan pelepasan.

## 1.3. Batasan Masalah

1. Fraktur tulang yang menjadi subyek penelitian adalah fraktur tulang di area persendian kaki bawah / engkel.
2. Penyembuhan terhadap fraktur tulang yang telah menjalani ORIF
3. Adanya jig untuk fiksasi yang digunakan saat pemasangan fiksasi.
4. Teknologi Additive Manufacturing / AM yang dipakai sebagai obyek penelitian adalah teknologi 3D print yang tersedia di Laboratorium HUCED (Human Centered Design), jurusan
5. Fiksasi digunakan oleh usia di atas 14 th.

#### **1.4. Tujuan**

1. Meminimalkan iritasi yang diakibatkan oleh penggunaan gips.
2. Membantu pasien untuk leluasa melakukan aktivitas yang berhubungan dengan air.
3. Memaksimalkan proses penanganan gips yang aman dan nyaman.

#### **1.5. Manfaat**

1. Pasien

Dengan adanya 3D cast fixation pasien tetap dapat melakukan aktivitasnya sehari-hari dengan lebih nyaman.

2. Petugas medis

Membantu mempermudah baik dalam pemasangan maupun saat melepas gips.

3. Petugas medis

Mempermudah perawatan untuk gips yang akan dibuka dan dipasang kembali.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Jenis Injury

Klasifikasi secara medis tentang luka (injury), mengacu pada klasifikasi oleh WHO (2011) dalam sebuah sistematika kode untuk penyakit dan tanda tanda gejala, temuan abnormal, keluhan, situasi sosial dan penyebab eksternal cedera atau penyakit, yang menjadi acuan dunia medis seluruh dunia, yaitu The International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision external causes. Untuk jenis luk, terkait dengan lokasi luka, menggunakan kode S00-T14 dengan uraian secara umum sebagai berikut :

1. S00 – T14 – Injury
  - 1.1 (S00-S09) *head*
  - 1.2 (S10-S19) *head*
  - 1.3 (S20-S29) *neck*
  - 1.4 (S30-S39) *thorax*
  - 1.5 (S40-S49) *abdomen, lower back, lumbar spine and pelvis*
  - 1.6 (S50-S59) *shoulder and upper arm*
  - 1.7 (S60-S69) *elbow and forearm*
  - 1.8 (S70-S79) *wrist and hand*
  - 1.9 (S80-S89) *hip and thigh*
  - 1.10 (S90-S99) *knee and lower leg*
  - 1.11 (T00-T07) *ankle and foot*
  - 1.12 (T08-T14) *unspectifed parts of trunk, limb or body region*

Mengacu pada ICD-10, khususnya point 1.10 (S90-S99) ankle and foot dan point (S80-S89) knee and lower leg, secara terperinci berisi tentang injury, keracunan dan kosekuensi tertentu yang disebabkan faktor eksternal. Lebih spesifik mengenai kateгоре injury, tipe dan golongan fraktur pada bagian ankle and foot menggunakan kode S82 Fracture of lower leg, including ankle.

## 2.2 Patah Tulang Kaki (Foot Fracture)

Patah tulang adalah kondisi dimana salah satu tulang pada kaki seseorang mengalami patah atau retak. Kaki manusia atau secara medis disebutkan sebagai tungkai, terdiri dari tiga jenis tulang panjang (long bones) dan satu tulang tempurung lutut (patella). Ketiga jenis tulang panjang tersebut adalah tulang paha (femur), tulang kering (tibia), dan tulang betis (fibula). Ketika patah, salah satu tulang tersebut akan terpecah menjadi dua bagian atau lebih.

Jika setelah patah, tulang menonjol keluar kulit sehingga dapat terlihat dengan mata, maka digolongkan sebagai fraktur terbuka (open fracture). Sedangkan jika tulang yang patah tidak sampai keluar kulit maka biasa digolongkan sebagai fraktur tertutup (closed fracture).

Selain patah tulang kaki dan tertutup, ada beberapa jenis patah tulang kaki yang dibedakan berdasarkan beberapa hal. Jika berdasarkan posisi patahan tulang, ada dua jenis patah tulang yaitu :

- ❖ Fraktur avulsion

Jenis patah tulang di mana kontraksi otot begitu kuat sehingga menarik keluar potongan tulang. Biasanya terjadi pada sendi lutut atau bahu.

- ❖ Fraktur compound

Jenis patah tulang dimana patahan tulang menembus permukaan kulit.

## 2.3 Ankle Sprain

Ankle (Talocrural Joint) Sprain memiliki arti dalam Bahasa sebagai keseleo pergelangan kaki. Ankle Sprain adalah salah satu kecelakaan dalam muskuloskeletal yang cukup sering terjadi yang disebabkan oleh pergerakan tumit yang tiba-tiba dan mengakibatkan cedera hingga robeknya satu atau beberapa ligamen yang menopang tumit.

Pada kondisi normal, sendi tumit hanya bergerak pada satu bidang aja yaitu plantar fleksi dan dorso fleksi. Gerakan abduksi, adduksi, eksternal dan internal rotasi tumit dengan tekanan atau paksaan akan menyebabkan robekan pada ligamen penopang tumit hingga menghasilkan fraktur intra artikular. Diagnosis dapat diketahui dari gejala klinis seperti nyeri pada tumit, nyeri tekan dan bengkak pada area cedera (lateral atau medial). Pemeriksaan fisik dapat dilakukan dengan pemberian anastesi sebelumnya, mengingat nyeri tekan pada cedera tersebut. Pemeriksaan radiologi perlu dilakukan untuk membedakan hanya ankle sprain sederhana atau dengan komplikasi seperti fraktur. Tata laksana dibagi berdasarkan tingkat

keparahan cedera. Prinsip pertolongan pertama pada cedera adalah RICE (Rest, Ice, Compression dan Elevation). Tata laksana lanjutan dapat dilakukan imobilisasi, terapi farmakologi untuk analgetik dan meredakan inflamasi, serta terapi operatif pada kasus komplikasi (ruptur tendon Achilles total atau fraktur atau dislokasi).

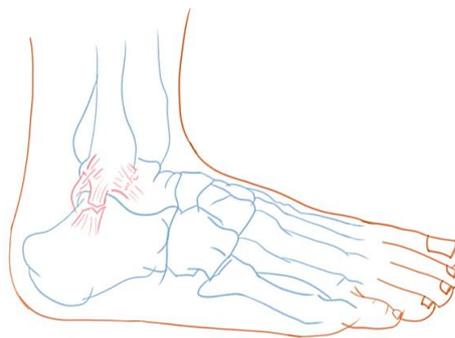
Faktor-faktor yang dapat menyebabkan seseorang mudah terkena ankle sprain :

- Kelemahan otot, terutama otot-otot di sekitar sendi pergelangan kaki.(muscle weakness)
- Lemah atau longgarnya ligamen-ligamen yang berada pada sendi ankle, sering diakibatkan karena cedera ankle yang berulang.
- Fleksibilitas yang buruk.
- Kurang melakukan pemanasan dan peregangan saat sebelum berolahraga.
- Keseimbangan yang buruk.
- Permukaan lapangan olahraga yang tidak rata.
- Sepatu atau alas kaki yang tidak tepat.

Berikut adalah macam macam dari ankle sprain :

#### 1. Inversion (lateral) ankle sprain

Merupakan mekanisme cedera engkel yang paling sering terjadi, mengenai ligamen sebelah luar dari sendi ankle (ligamen talofibular).



*Gambar 11 Ankle sprain inversion*

#### 2. Eversion (medial) ankle sprain

Cedera ankle yang jarang terjadi, mengenai ligamen bagian dalam ankle (ligamen deltoid)



*Gambar 12 Ankle sprain eversion*

### 3. High ankle sprain

Cedera ankle mengenai ligamen yang menghubungkan antara tulang tibia dan tulang fibula. Biasanya terjadi dari sebuah gerakan memutar secara tiba-tiba, merubah arah gerakan secara tiba-tiba dan biasanya akibat kontak langsung.

## **2.4 Ankle Fracture**

Ankle fracture dapat terjadi karena beberapa sebab seperti cedera saat olahraga, dan kecelakaan. Pada area pergelangan kaki memiliki 3 bagian tulang, yaitu tibia sebagai tulang inti yang terletak pada medial (dalam) kaki, fibula terletak pada bagian luar kaki, dan talus sebagai dasarnya. Ujung tulang tibia dan fibula disebut dengan malleolus. Ketiganya ini akan membentuk suatu lengkungan yang terletak persis di atas talus.



*Gambar 13 Rontgen ankle fracture*

## **2.5 ORIF**

ORIF (Open Reduksi Internal Fiksasi) adalah sebuah prosedur bedah medis, yang tindakannya mengacu pada operasi terbuka untuk mengatur tulang, seperti yang diperlukan untuk beberapa patah tulang, fiksasi internal mengacu pada fiksasi sekrup dan piring untuk mengaktifkan atau memfasilitasi penyembuhan (Brunner&Suddart, 2003). ORIF (Open Reduction with Internal Fixation) adalah satu tindakan untuk melihat fraktur langsung dengan teknik pembedahan yang mencakup di dalamnya pemasangan pen, skrup, logam atau protesa untuk memobilisasi fraktur selama penyembuhan (Depkes, 1995:95). Tindakan ini dilakukan untuk memperbaiki posisi fragmen tulang pada fraktur terbuka yang tidak dapat di reposisi tapi sulit dipertahankan. Nah, untuk memberikan hasil yang lebih baik maka perlu dilakukan tindakan operasi ORIF.

Indikasi dilakukannya operasi ORIF yaitu fraktur yang tidak bisa sembuh, fraktur yang tidak bisa direposisi tertutup, fraktur yang dapat direposisi tetapi sulit dipertahankan, fraktur yang berdasarkan pengalaman memberi hasil yang lebih baik dengan operasi (Reksoperasirodjo, 1995:513). Kominitif, fraktur dengan tulang pecah menjadi beberapa bagian.



*Gambar 14 Rontgen ankle fracture dengan ORIF*

Beberapa tujuan dilakukannya ORIF (Open Reduksi Fiksasi Internal) antara lain :

1. Memperbaiki fungsi dengan mengembalikan gerakan dan stabilitas
2. Mengurangi rasa nyeri
3. Klien dapat melakukan ADL dengan bantuan yang minimal dan dalam lingkup keterbatasan klien.
4. Sirkulasi yang dipertahankan pada ekstremitas yang terkena.
5. Tidak ada kerusakan kulit.

(T.M.Marrelli, 2007)

## **2.6 Pengertian Fiksasi ( Cast Fixation)**

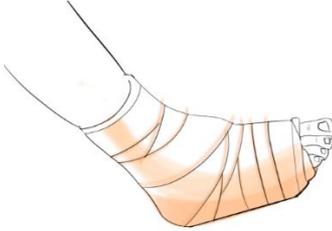
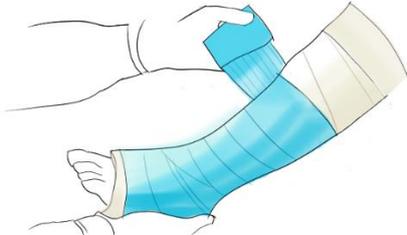
Fiksasi atau gips adalah alat imobilisasi eksternal yang terbuat dari bahan mineral yang terdapat di alam dengan formula khusus dengan tipe plester atau fiberglass. Tujuan untuk pemasangan gips adalah untuk mengimobilisasi bagian tubuh dalam posisi tertentu dan memberikan tekanan yang merata pada jaringan lunak yang terletak di dalamnya.

Gips dapat digunakan untuk mengimobilisasi fraktur yang telah direduksi mengoreksi deformitas, memberikan tekanan merata pada jaringan lunak di bawahnya, memberikan dukungan dan stabilitas bagi sendi yang mengalami kelemahan.

## 2.7 Jenis Fiksasi

### 2.7.1 Berdasarkan Material

Tabel 2 Fiksasi berdasarkan jenis materialnya

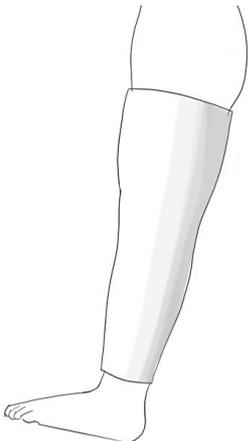
NO	NAMA FIKSASI	GAMBAR
1	FIKSASI PERBAN	
	Fiksasi ini menggunakan material kain, bagian tubuh yang mengalami fraktur dibalut dengan menggunakan kain perban.	
2	FIKSASI PLESTER	
	Gips plester terbuat dari kain kasa kering yang diolah dengan tepung / dextrose dan kalsium sulfat.	
3	FIKSASI FIBER	
	Fiberglass cast terbuat dari serat fiber, sejenis plastik yang mudah dibentuk. Daya tahan cast jenis ini pun lebih lama dibandingkan dengan fiksasi plester.	

--	--

### 2.7.2 Berdasarkan Letak Patah Tulang

Fraktur tulang membutuhkan treatment atau perawatan yang berbeda pada proses fiksasi atau gips. Hal ini berdasarkan letak fraktur tulang yang dialami. Berikut merupakan jenis cast fiksasi berdasarkan letak frakturnya.

*Tabel 3 Fiksasi kaki berdasarkan letak cedera*

NO	KATEGORI	GAMBAR
1	Short Leg Cast	
	<p>Untuk fraktur kaki bagian bawah atau pun strain pada bagian pergelangan kaki atau engkel yang parah. Selain itu juga digunakan untuk menahan kaki setelah operasi untuk penyembuhan.</p>	
2	Cilynder leg cast	
	<p>Untuk fraktur pada bagian bawah lutut di atas engkel, pada lutut, dan tepat di atas lutut. Digunakan baik sesudah operasi atau pun sebelum melakukan operasi.</p>	
3	Long leg cast	

		
	<p>Untuk fraktur tepat pada bagian bawah lutut maupun pada lutut. Digunakan sesudah operasi atau pun sebelum melakukan operasi.</p>	

## 2.8 Teknologi 3D Print

3D printing atau additive manufacturing adalah sebuah proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari file digital. Penciptaan objek cetak 3D dicapai dengan menggunakan proses aditif. Dalam proses aditif, sebuah objek dibuat dengan meletakkan lapisan material yang berurutan hingga menjadi sebuah objek real. Masing masing lapisan ini dapat dilihat sebagai irisan tipis horizontal dari objek akhirnya. Pencetakan 3D adalah kebalikan manufaktur subtraktif yang memotong / melubangi logam atau plastic dengan mesin penggilingan. Pencetakan 3D dapat digunakan dalam aplikasi implan gigi, biomedis, pesawat terbang, dan rekayasa jaringan serta mode. (Yap & Yeong, 2014)

## 2.9 Fused Deposition Modelling (FDM)

Teknologi FDM bekerja menggunakan material filamen plastic atau filamen jenis logam yang dilepaskan dari kumparan dan men-supply bahan tersebut ke nozzle ekstrusi yang berfungsi sebagai konversi dan pengontrol. Nozzle dipanaskan untuk mencairkan material filamen dan memindahkan di kedua arah horizontal dan vertical dengan mekanisme control secara numerik, dikendalikan langsung melalui piranti perangkat lunak computer (CAM). Objek 3D yang dibuat dan dibentuk secara layer per layer dari proses ekstrusi nozzle. Hal ini adalah tie filamen ABS (Acrlonitrie Butadiene Styrene) dan PLA (Polylactic Acid).

FDM dikembangkan oleh Scott Crump pada akhir tahun 1980an. Setelah mematenkan teknologi tersebut, ia mulai mendirikan perusahaan Stratasys pada tahun 1989. Dasar prinsip

kerja mesin FDM adalah mengekstrusi 2 material, satu untuk mengekstrusi model dan satu lainnya untuk mengekstrusi struktur pendukung model.

## **2.10 Food and Drug Administration (FDA)**

Food and Drug Administration (FDA or USFA) adalah U.S Department of Health and Human Service mengatakan bahwa fleksibilitas percetakan 3D memungkinkan desainer untuk membuat perubahan dengan mudah tanpa perlu menyiapkan peralatan tambahan atau alat. Hal ini juga memungkinkan produsen untuk membuat perangkat dengan struktur internal yang sangat kompleks. Kemampuan ini telah memicu minat besar dalam percetakan 3D peralatan medis dan produk lainnya, termasuk makanan, barang – barang rumah tangga, dan suku cadang otomotif.

## **2.11 Material 3D Print**

Filament adalah material yang digunakan dalam proses pencetakan atau lebih tepatnya material yang diekstrusi pada mesin 3D print. Teroplastik adalah sebagian dari banyaknya jenis material yang umum digunakan dalam proses 3D print.

### **2.11.1 PLA (Polylactic Acid)**

PLA adalah salah satu filament dari 2 jenis material yang paling umum digunakan dalam proses desktop 3D print selain filament ABS. PLA juga merupakan rekomendasi default material pada desktop 3D print. Selain itu, juga memiliki beberapa kelebihan, seperti : tidak berbau, rendah warp, dan membutuhkan panas bed yang rendah. Filament PLA juga merupakan material yang ramah lingkungan karena terbuat dari pati jagung yang merupakan sumber daya terbarukan dan membutuhkan sedikit energi untuk memproses dibandingkan dengan plastic tradisional (berbasis minyak bumi).

Extruder temperature : 1800 – 2200C bed

Temperature : 200 – 550C

Bed adhesion : blue painters tape

Diameter filament : 1.75mm, 3mm

### **2.11.2 ABS (Accrylonitrile Butadiene Styrene)**

ABS adalah material filamen yang umum digunakan dalam proses desktop 3D print selain filament PLA. Filament ABS merupakan bahan terbaik digunakan untuk membuat 3D model yang tahan lama dan mampu menahan suhu yang lebih tinggi. Bila dibandingkan dengan filament PLA. Pada saat proses pencetakannya dapat ditambahkan pula cairan acetone untuk hasil mengkilap. Saat proses cetak 3D print, disarankan permukaan bed pada printer untuk dipanaskan agar plastic ABS dapat mengikat ketika didinginkan untuk membentuk objeknya.

Extruder temperature : 2200 - 2350C bed

Temperature : 800 – 1100C

Bed adhesion : Kapton tape / hairspray

Diameter filament : 1.75mm, 3mm

## **2.12 Kode Etik Penelitian Kesehatan**

Ilmu dan teknologi kedokteran telah berkembang sangat pesat berkat penelitian yang baik dan bermutu tinggi. Penelitian yang bermutu tinggi adalah penelitian yang memenuhi syarat keunggulan ilmiah serta menjunjung tinggi harkat, martabat, dan hak azasi manusia seperti tertuang dalam Deklarasi Helsinki, dan memenuhi prinsip-prinsip Cara Uji Klinik yang Baik (GCP, Good Clinical Practice).

Komite Etik Penelitian Kesehatan FKUI-RSCM adalah badan independen yang dibentuk untuk mengawasi agar penelitian pada manusia dilaksanakan sesuai dengan prinsip-prinsip ICH-GCP (International Convention on Harmonization of Good Clinical Trial Practice). Badan ini berfungsi menilai proposal penelitian yang akan dilakukan di lingkungan FKUI-RSCM, atau di rumah sakit-rumah sakit afiliasi, pusat-pusat riset di Jakarta dan sekitarnya, atau penelitian yang dilakukan oleh staf FKUI atau RSCM di tempat lain. Selain menilai aspek ETIK, badan ini juga menilai aspek ILMIAH dan METODOLOGI suatu proposal, karena penelitian yang tidak benar secara ilmiah atau dijalankan dengan metode yang tidak tepat akan menghasilkan kesimpulan yang salah, dan dengan sendirinya bersifat tidak etis. Berikut adalah tahapan yang akan dilaksanakan oleh pengaju.

### **Komposisi Anggota**

Keanggotaan Komite Kaji Etik Penelitian FKUI terdiri dari para staf kedua institusi, anggota di luar institusi, dan dua anggota dari kalangan non sains (orang awam) sesuai dengan persyaratan susunan anggota Komite Etik Penelitian Kesehatan berdasarkan ketentuan ICH-GCP.

## **Rapat Komite Etik Penelitian Kesehatan**

Komite Etik Penelitian Kesehatan mengadakan rapat satu kali seminggu dengan agenda utama membahas proposal penelitian. Selain itu juga dilakukan pembahasan amandemen protokol yang memerlukan full board review.

## **Prosedur Pengajuan Kajian Etik Penelitian Kesehatan**

Formulir pengajuan kajian etik dapat diambil di sekretariat Komite Etik Penelitian Kesehatan FKUI-RSCM di Ruang Komite Etik Penelitian Kesehatan (belakang rumah duka RSCM). Selanjutnya pengusul harus mengisi formulir, sinopsis (ringkasan proposal) yang disediakan, dan proposal lengkap, masing-masing sebanyak 20 rangkap. Proposal harus sudah ditandatangani oleh pimpinan institusi tempat penelitian dilakukan. Untuk penelitian yang berkaitan dengan pendidikan (penelitian PPDS, S2, S3, mahasiswa), proposal harus ditandatangani oleh pembimbing.

Proposal harus dilengkapi curriculum vitae peneliti utama (principal investigator) dan peneliti pendamping (co-investigator), lembaran persetujuan (informed consent) yang terdiri dari: 1) informasi untuk subjek penelitian, 2) lembaran persetujuan subjek (lembar tanda tangan).

## **Persetujuan**

Komite Etik Penelitian Kesehatan FKUI-RSCM akan mengeluarkan rekomendasi dalam waktu paling lambat 2 minggu setelah pengajuan (kecuali bila hari rapat bertepatan dengan hari libur). Rekomendasi dapat berupa:

- Persetujuan
- Usul perbaikan
- Pemanggilan peneliti
- Penolakan

## **2.13 Psikologi Bentuk**

Robbins (2003) mendeskripsikan persepsi sebagai proses dimana individu mengorganisasikan dan enafsiran kesan indera mereka. Martinich (2001) mengemukakan bahwa ada 6 dimensi karakteristik yang digunakan dalam mempersepsi suatu produk, yaitu ;

1. Performance : karakteristik operasi produk

2. Range and type of features : kemampuan dan keistimewaan produk
3. Reliability and durability : keandalan produk dalam penggunaannya
4. Maintainability and service : kemudahan pengoprasian dan pemakaiannya
5. Sensory characteristic : penampilan, rasa, daya Tarik, selera, dsb
6. Ethical profile and image : kualitas produk

## 2.14 Studi Eksisting 3D Cast Fixation

3D cast fixation adalah fiksasi yang menggunakan teknologi 3d pronter dala proses produksi dan sebelumnya mengalami proses 3d scanning serta pembuatan 3d model objek pada tahap pengembangan produk.

NO	GAMBAR & KETERANGAN PRODUK
1	<div style="text-align: center;">  <p>(sumber : <a href="http://www.opchealth.com.au/airselect-short-walker">http://www.opchealth.com.au/airselect-short-walker</a>)</p> </div> <p>Universalfit memungkinkan Aircast AirSelect untuk dikenakan pada kaki kiri atau kaki kanan.</p>
2	<div style="text-align: center;">  <p>(sumber : <a href="https://www.amazon.com/OTC-Adjustable-Walker-Black-Delux/dp/B00H342RTS">https://www.amazon.com/OTC-Adjustable-Walker-Black-Delux/dp/B00H342RTS</a>)</p> </div>

	<p>The High Top Pneumatic Walking Cast menyediakan imobilisasi untuk pasien yang menderita cedera kaki dan pergelangan kaki atau membutuhkan cast pasca operasi. Desain boot Velcro yang sederhana memungkinkan anda untuk dengan mudah mengubah posisi, menghapus, dan menggunakannya kembali.</p>
3	<div data-bbox="609 472 1062 981" data-label="Image"> </div> <p>(sumber : <a href="https://www.mediuk.co.uk/products/medi-walker-boot/">https://www.mediuk.co.uk/products/medi-walker-boot/</a>)</p>
	<p>Memiliki sol kaku yang berbahan logam dan dilapisi oleh busa poliuretan. Medi walker boot ini digunakan untuk masa rehabilitasi setelah operasi.</p>

(Halaman sengaja dikosongkan)

## BAB III

### METODOLOGI DAN KERANGKA DESAIN

#### 3.1 Judul Perancangan

Judul perancangan ini adalah :

Pengembangan Rancang Bangun Fiksasi Eksternal untuk Ankle Injury dengan Metode Rapid Prototyping

Definisi judul :

Mendesain fiksasi eksternal yang dikhususkan untuk cedera ankle dengan menggunakan metode rapid prototyping.

#### 3.2 Subjek dan Objek Perancangan

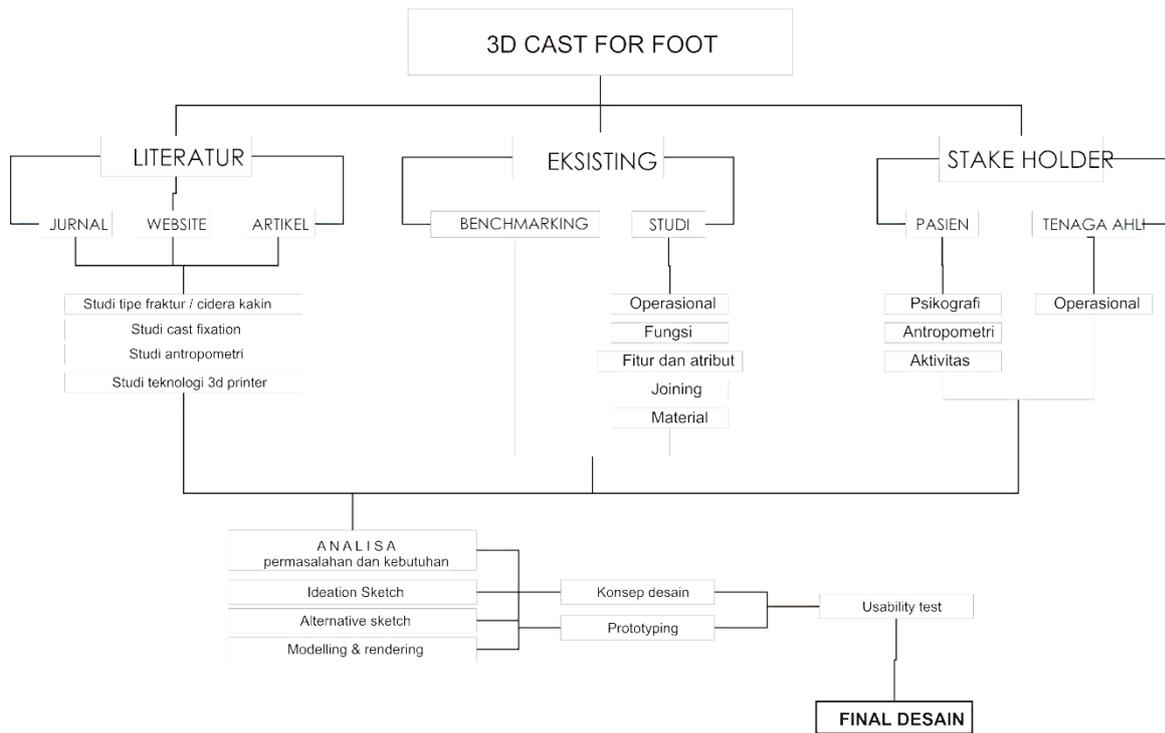
Subjek perancangan :

Fiksasi untuk kaki bagian engkel

Objek perancangan :

- a. Case fiksasi
- b. Joining fiksasi
- c. Jig pemasangan fiksasi

#### Skema Penelitian



Gambar 15 Skema Penelitian

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Perlu dilakukannya pengumpulan data sebagai penunjang riset ini agar dapat memperoleh data data yang valid dan dapat dipertnggung jawabkan. Pengumpulan data didapatkan dari 3 tahapan, pertama yaitu didapatkan dari studi literatur, tahapan yang kedua didapatkan dari stakeholder, dan yang terakhir terdapat pada studi eksisting. Dalam melakukan proses desain, diperlukan data data yang mendukung sebagai dasar untuk diolah dan dicari kesimpulannya, sehingga dapat menghasilkan kesimpulan dari masalah masalah yang ada. Setelah mendapatkan hasil dari kesimpulan permasalahan yang didapat, akan dilakukan usability test kepada pengguna. Berikut adalah metode yang dilakukan dalam pengumpulan data :

#### a. Literatur

Pengumpulan data dengan mengumpulkan artikel-artikel yang berisi tentang data untuk menunjang riset desain yang dilakukan. Data yang diperoleh dari studi literatur adalah fiksasi dilakukan setelah tulang yang patah menjalani operasi kelas fraktur I, II, IIIa, dan IIIb, pengertian cast fixation, jenis-jenis cast fixation dan teknologi 3D printer, serta beberapa produk eksisting terkait 3D cast fixation.

## b. Data stakeholder

Data dari stake holder merupakan data primer yang menjadi rujukan utama untuk mengidentifikasi permasalahan dan menentukan konsep desain pada penelitian ini.

### 1. Deep interview

Dalam pelaksanaannya deep interview menunjuk pada dokter spesialis ortopedi yang berdinasi di Rumah Sakit Dr. Sutomo – Surabaya, beberapa yang telah diperoleh adalah sebagai berikut :

- Kaitan bagian tulang dan sendi yang akan difiksasi
- Bagian tubuh yang sering terjadi fraktur
- Penanganan akibat fraktur

Deep interview juga dilakukan terhadap pasien yang pernah menggunakan gips pada kakinya, beberapa data yang telah diperoleh berupa :

- Keluhan yang diderita oleh pasien
- Permasalahan dan kebutuhan pasien
- Biaya

### 2. Observasi

Metode ini digunakan untuk mengunjungi lokasi yang gunanya untuk mengamati aktivitas tenaga medis dan pasien serta langkah kerja yang digunakan. Observasi dilakukan di Rumah Sakit Universitas Airlangga. Dari pengamatan ini didapatkan data berupa :

- Runtutan dalam fiksasi
- Waktu yang dibutuhkan dalam melakukan fiksasi
- Alat dan bahan untuk fiksasi

## c. Refrensi desain

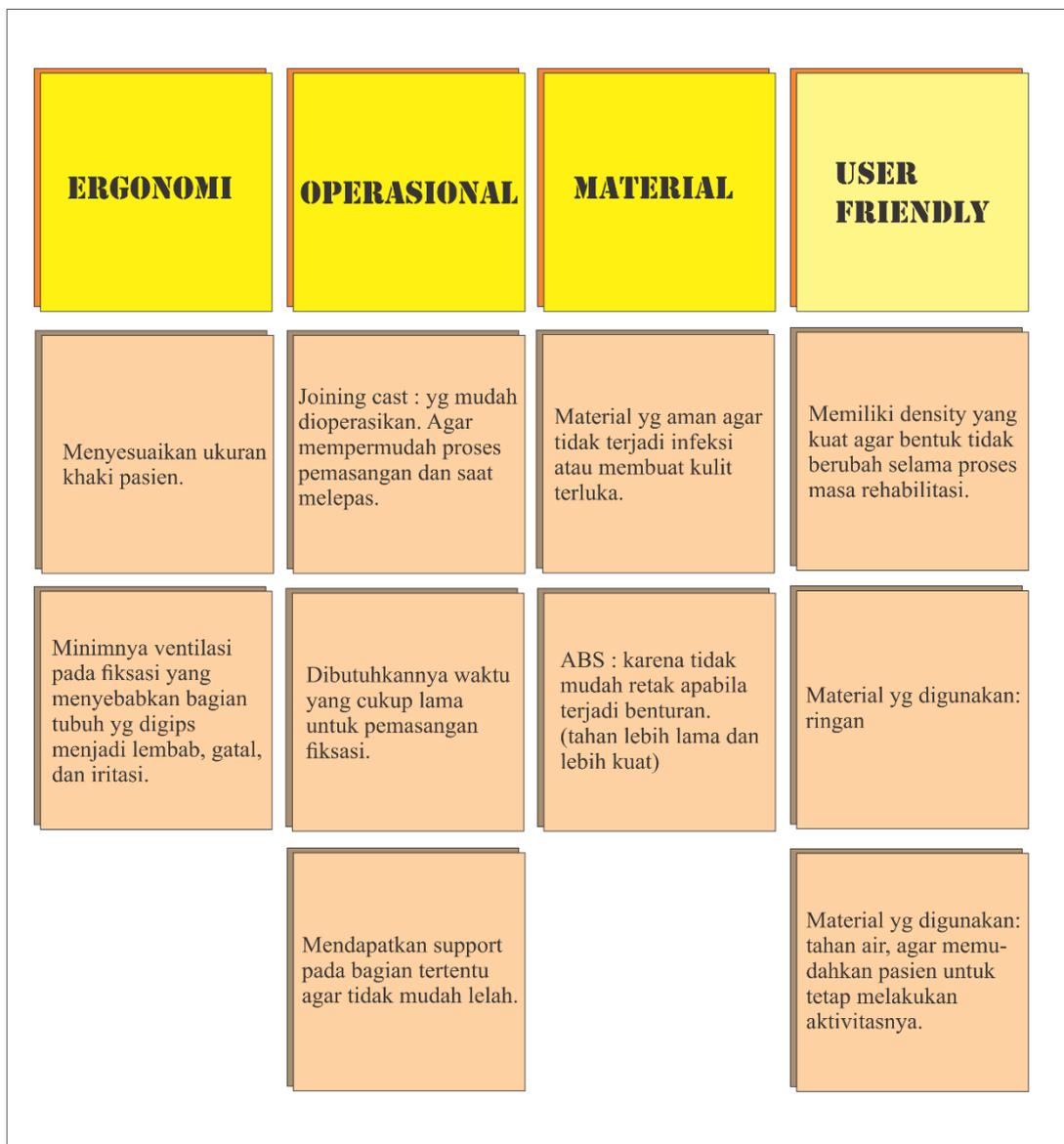
Data refrensi digunakan untuk mengetahui fitur -fitur pada produk 3D cast fixation kaki yang sudah ada. Selain itu data refrensi juga digunakan sebagai studi pembandingan atau harga. Beberapa hasilnya adalah sebagai berikut :

### 1. Sistem sambungan (joining)

2. Operasional 3D cast fixation
3. Teknologi 3D print
4. Strukturcast fixation

d. Affinity diagram

Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi data data yangtelah diperoleh baik data hasil observasi yang berupa permasalahan, data kebutuhan ide ide menarik yang terkait dengan penelitian dalam kelompok data. Berikutnya, kelompok data tersebut dikorelasikan dengan judul atau istilah yang berdasarkan garis besar penggolongan yang sudah teridentifikasi.



Gambar 16 Affinity Diagram

## **Pengumpulan data primer**

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengumpulkan data. Data dapat diperoleh dari proses manufaktur dan pengguna.

### 3.5.1 Data primer

#### a. Manufaktur

Pada proses manufaktur, peneliti menggunakan proses *reverse engineering* untuk memperoleh data. Kunci utama dalam *reverse engineering* ini yaitu mempelajari objek dan mekanisme yang telah ada dari produk yang telah dibuat sebelumnya oleh produsen. Tujuannya adalah untuk mempelajari dan memahami mekanisme dan komponen-komponennya.

#### b. User

Untuk bisa mendapatkan informasi dari pengguna tentang *feel* saat menggunakan gips. Tujuannya adalah untuk mengetahui keluhan atau masalah apa saja yang dirasakan oleh pengguna saat memakai gips pada umumnya.

### 3.5.2 Menggabungkan semua data

Step selanjutnya yaitu menggabungkan semua data yang telah diperoleh. Dalam proses ini, setiap informasi yang telah didapatkan akan dikumpulkan dan dijadikan sebagai data mentah dalam proyek penelitian ini.

### 3.5.3 Mengolah data

Data data yang diperoleh sebelumnya akan diproses. Dalam metode ini data yang diperoleh akan dikelompokkan menurut masalahnya. Lalu mencoba untuk mencari solusi di dalam setiap masalah yang didapat. Dari solusi yang ditemukan, itu akan menjadi data baru yang akan dijadikan konsep desainnya.

### 3.5.4 Konsep

Data dari solusi yang diperoleh sebelumnya akan menjadi konsep desain. Langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah pengelompokan judul dari data yang didapatkan berdasarkan sousinya. Pengelompokan judul ini akan menjadi konsep utama dari penelitian.

#### 3.5.5 Alternatif desain

Konsep yang ditemukan ini akan menjadi refrensi desain. Selanjutnya, membuat beberapa studi desain dan maket dari konsep yang didapat. Dalam langkah ini, alternative harus memberikan beberapa kemungkinan yang akakn direalisasikan ke dalam konsep 3D nantinya.

#### 3.5.6 Pembuatan mock up

Untuk menjelaskan alternative yang telah dibuat. Step selanjutnya yaitu membuat mock up. Mock up ini adalah merealisasikan alternative yang dibuat. Tujuannya, untuk menjelaskan dan mempresentasikan alternative desainnya termasuk mekanismenya.

#### 3.5.7 Simulasi

Dari simulasi terhadap mock up makan akan diketahui mock up yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik atau tidak. Di step ini sangat penting dilakukan karena dapat mengidentifikasi masalah yang ada.

#### 3.5.8 Evaluasi

Evaluasi tahap pertama adalah mengevaluasi mock up yang sebelumnya telah dibuat. Tujuan evaluasi ini adalah untuk memperbaiki mock up, memahami bagian mana saja yang menjadi bahan evaluasi, lalu kembali membuat mock up lagi, dan dievaluasi kembali.

#### 3.5.9 Pembuatan prototype

Langkah selanjutnya adalah pembuatan prototype. Dalam step ini dibutuhkan mekanisme produk yang fix.

#### 3.5.10 Tes pada pengguna (*user ability test*)

Tes pada pengguna yaitu melakukan uji coba produk terhadap penggunaannya secara langsung. Tujuannya, untuk mengetahui pendapat pengguna untuk desainer.

#### 3.5.11 Evaluasi lanjutan

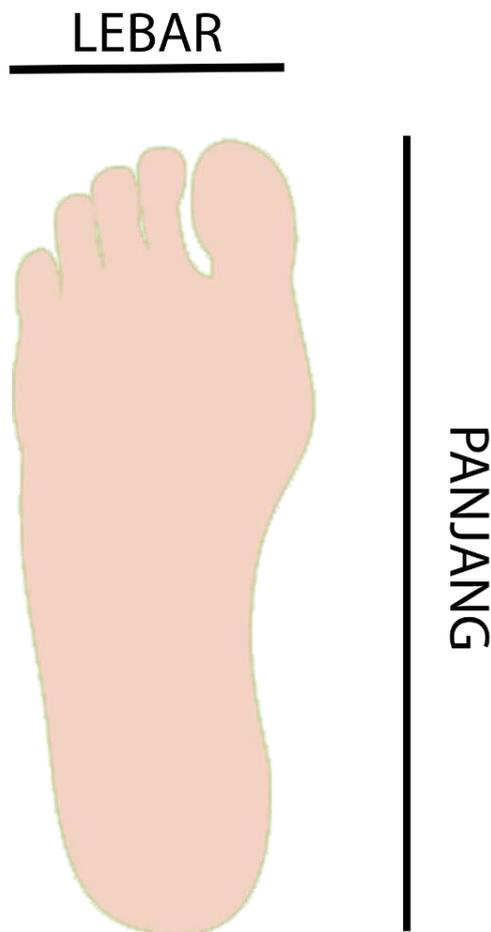
Evaluasi tahap ini adalah untuk mengevaluasi produk yang telah diuji coba kepada penggunaannya. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk mengetahui masalah masalah yang ada setelah diuji cobakan baik menurut pandangan desainernya dan juga mengambil beberapa pandangan dan pendapat dari pengguna itu sendiri. Lalu ulangi lagi dari step alternative desain hingga evaluasi tahap ini.

## BAB IV

### STUDI DAN ANALISA

#### 4.1 Analisa Antropometri

Pendekatan yang dilakukan untuk endapatkan dimensi kaki, khususnya pada bagian bawah lutut yaitu dengan menyesuaikan cara mengukur untuk mengacu pada ukuran standar sepatu. Awalnya perlu diketahui terlebih dahulu acuan ukuran alas kaki. Di analisa ini akan menggunakan acuan pengukuran alas kaki internasional.

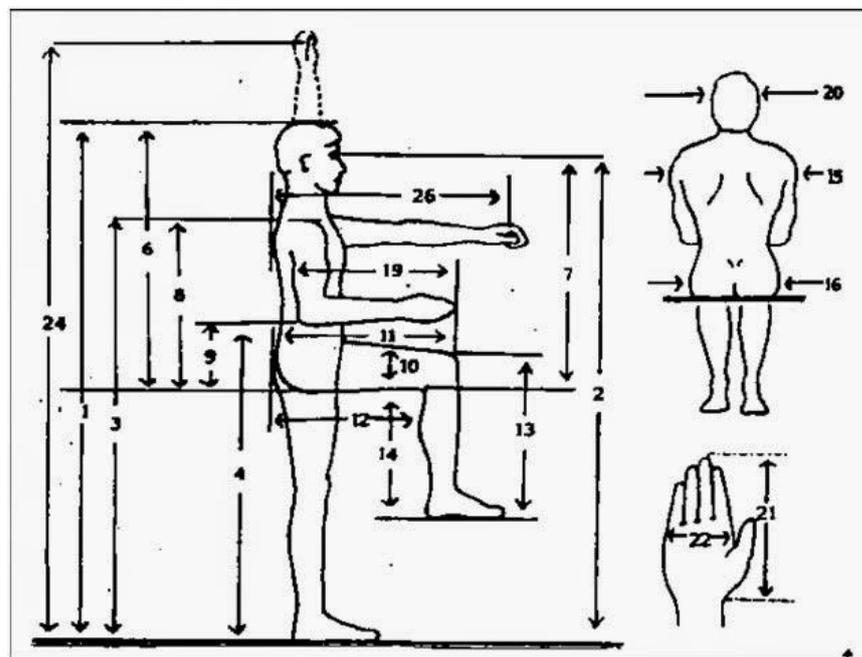


*Gambar 17 Acuan pengukuran kaki*

Adult Mens and Womens Shoe Size Conversion Table																		
M/W indicates Men's or Women's Sizes. Other systems are for either gender.																		
System	Sizes																System	
Europe	35	35½	36	37	37½	38	38½	39	40	41	42	43	44	45	46½	48½	Europe	
Mexico						4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	9	10	11	12.5	Mexico	
Japan	M	21.5	22	22.5	23	23.5	24	24.5	25	25.5	26	26.5	27.5	28.5	29.5	30.5	31.5	Japan
	W	21	21.5	22	22.5	23	23.5	24	24.5	25	25.5	26	27	28	29	30	31	Japan
U.K.	M	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	10	11	12	13½	U.K.
	W	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	9½	10½	11½	13	U.K.
Australia	M	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	10	11	12	13½	Australia
	W	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	10½	11½	12½	14	Australia
U.S. & Canada	M	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	10½	11½	12½	14	U.S. & Canada
	W	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	9½	10	10.5	12	13	14	15.5	U.S. & Canada
Russia & Ukraine	W	33½	34	35	36	37	38	39									Russia & Ukraine	
Korea (mm.)	228	231	235	238	241	245	248	251	254	257	260	267	273	279	286	292	Korea	
Inches	9	9 1/8	9 1/4	9 3/8	9 1/2	9 5/8	9 3/4	9 7/8	10	10 1/8	10 1/4	10 1/2	10 3/4	11	11 1/4	11 1/2	Inches	
Centimeters	22.8	23.1	23.5	23.8	24.1	24.5	24.8	25.1	25.4	25.7	26	26.7	27.3	27.9	28.6	29.2	Centimeters	
Mondopoint	228	231	235	238	241	245	248	251	254	257	260	267	273	279	286	292	Mondopoint	

Gambar 18 Tabel ukuran alas kaki internasional

Dari data tabel diatas, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan dengan antropometri orang Indonesia. Yaitu dengan pengukuran antropometri yang didapatkan dari website antropometri Indonesia. Sehingga dapat diketahui hasil pengukuran seperti berikut.



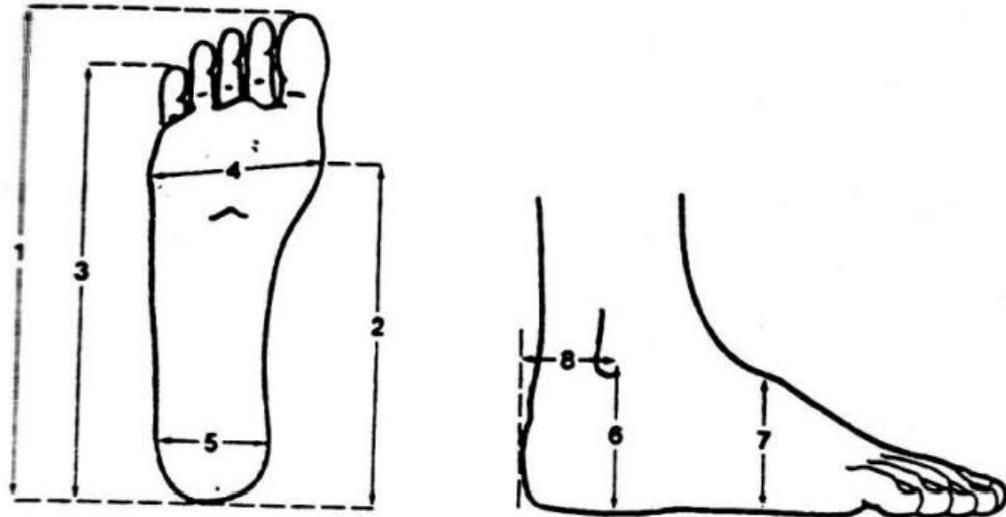
gambar 19 Antropometri tubuh

(sumber : Nurmianto, 1991)

Tabel 4 Data pengukuran antropometri

No.	Dimensi Tubuh	Persentil		
		5%	50%	95%
1	Tinggi Tubuh Posisi berdiri Tegak	1464,0	1597,5	1732,0
2	Tinggi Mata	1350,0	1483,0	1615,0
3	Tinggi Bahu	1184,0	1305,0	1429,0
4	Tinggi Siku	886,0	980,0	1074,0
5	Tinggi Genggaman Tangan ( <i>Knuckle</i> ) pada Posisi Relaks kebawah	646,0	713,0	782,0
6	Tinggi Badan pada Posisi Duduk	775,0	849,0	919,0
7	Tinggi Mata pada Posisi Duduk	666,0	735,0	804,0
8	Tinggi Bahu pada Posisi Duduk	501,0	561,0	621,0
9	Tinggi Siku pada Posisi Duduk	175,0	230,0	283,0
10	Tebal Paha	115,0	140,0	165,0
11	Jarak dari Pantat ke Lutut	488,0	541,0	590,0
12	Jarak dari Lipat Lutut ( <i>popliteal</i> ) ke Pantat	405,0	493,5	586,0
13	Tinggi Lutut	428,0	484,0	544,0
14	Tinggi Lipat Lutut ( <i>popliteal</i> )	337,0	392,5	445,0
15	Lebar Bahu ( <i>bideltoid</i> )	342,0	404,5	466,0
16	Lebar Panggul	291,0	338,0	392,0
17	Tebal Dada	174,0	220,0	278,0
18	Tebal Perut ( <i>abdominal</i> )	174,0	229,5	287,0
19	Jarak dari Siku ke Ujung Jari	374,0	424,0	473,0
20	Lebar Kepala	135,0	148,0	160,0
21	Panjang Tangan	153,0	172,0	191,0
22	Lebar Tangan	64,0	75,0	87,0
23	Jarak Bentang dari Ujung Jari Tangan Kiri ke Kanan	1400,0	1593,0	1806,0
24	Tinggi Pegangan Tangan ( <i>grip</i> ) pada Posisi Tangan Vertikal ke Atas & Berdiri Tegak	1713,0	1882,0	2051,0
25	Tinggi Pegangan Tangan ( <i>grip</i> ) pada Posisi Tangan Vertikal ke Atas & Duduk	945,0	1099,5	1273,0
26	Jarak Genggaman Tangan ( <i>grip</i> ) ke Punggung pada Posisi Tangan ke Depan ( <i>horisontal</i> )	610,0	684,5	767,0

Dari tabel di atas, dapat di lihat pengukuran yang dibutuhkan tertera pada nomor 13 dan 14 yaitu meliputi tinggi lutut dan tinggi lipatan lutut. Setelah mengetahui pengukuran yang dibutuhkan dari tabel tersebut, dapat diketahui lagi lebih detail lagi mengenai pengukuran anggota tubuh bawah lutut yang tertera pada tabel dan gambar berikut.



*gambar 20 Antopometri kaki bawah lutut*

(sumber : Nurmianto, 1991)

*Tabel 5 Pengukuran anggota tubuh bawah lutut*

No	Dimensi Tubuh	Pria			Wanita		
		Persentil (mm)			Persentil (mm)		
		P5	P50	P95	P5	P50	P95
1	Panjang Telapak Kaki	230	248	266	212	230	248
2	Panjang Telapak Lengan Kaki	165	178	191	158	171	184
3	Panjang Kaki sampai Jari Kelingking	186	201	216	178	191	204
4	Lebar Kaki	82	89	96	81	88	95
5	Lebar Tangkai Kaki	61	66	71	49	54	59
6	Tinggi Mata Kaki	61	66	71	59	64	69
7	Tinggi Bagian Tengah Kaki	68	75	82	64	69	74
8	Jarak Horizontal Tangkai Mata Kaki	49	52	55	46	49	52

**Tujuan :** untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dengan postur tubuh terutama untuk ukuran masyarakat di Indonesia.

**Kesimpulan :** ukuran produk menggunakan ukuran S-M-L yang nantinya ukuran produk mengikuti ukuran alas kaki atau sepatu pada umumnya.

- Untuk ukuran S berada pada size 35-38 (5 persentil)
- Untuk ukuran M berada pada size 38-41(50 persentil)
- Untuk ukuran L berada pada size 41-44(95 persentil)

## 4.2 Analisa Aktivitas Tenaga Medis

### 4.2.1 Pemasangan gips fiber

Tabel 6. Analisa aktivitas

1	
	Memasang lapisan dasar, sebelum memasang lapisan fibernya.
2	
	Memasang lapisan fiber, dengan melilitkan ke area kaki yang cedera. Pemasangan dilakukan dengan hati hati, dengan tidak terlalu menekan yang terpenting lapisan fiber telah pas dengan kakinya.
3	
	Sebelum gulungan lapisan fiber habis membalut, merapikan ujung ujung kain pelapis dasar tadi.
4	

	
	<p>Menghabiskan sisa gulungan lapisan fiber dan menempelkan ujung terakhirnya dengan ditekan tekan (ditekan pelan).</p>
5	
	<p>Menyemprotkan cairan H<sub>2</sub>O (air) secara menyeluruh dan rata di semua bagian yang terbalut fiber agar gips melekat sempurna. Membutuhkan waktu sekitar kurang lebih 1 menit.</p>
6	
	<p>Setelah gips tertempel dengan rata, menunggu hingga gips benar benar mengering. Membutuhkan waktu sekitar 5 hingga 10 menit.</p>

#### 4.2.2 Pemasangan gips gypsum

Tabel 7 Pemasangan gips gypsum

<b>1</b>	
<p>Memasag lapisan dasar trlebih dahulu, sebelum memasang lapisan gypsum. (lapisan dasar ini berbeda dengan lapisan dasar untuk gips fiber).</p>	
<b>2</b>	
<p>Mencelupkan gulungan bahan gips (kasa yang diolah Bersama lapisan kapur gypsum).</p>	
<b>3</b>	

	Membalut area yang tadinya telah dipasangkan lapisan dasar dengan lapisan gypsum.
4	
	Merapikan ujung ujungnya dan merapikan balutan gips.
5	
	Menunggu sebentar, sembari dokter menyiapkan gypsum untuk lapisan ke-2. Menghabiskan waktu sekitar 1-2 menit.
6	
	Untuk lapisan ke-2, akan dilakukan hal yang sama seperti sebelumnya yaitu mencelupkan gulungan gypsum ke dalam air.
7	

		
	<p>Membalut kembali dengan kasa gypsum yang sudah dicelupkan air sebelumnya.</p>	
<p><b>8</b></p>		
	<p>Merapikan balutan dan menunggu sebentar sekitar 1-2 menit, sembari dokter menyiapkan untuk lapisan berikutnya yaitu lapisan ke-3.</p>	
<p><b>9</b></p>		
	<p>Melakukan hal yang sama seperti sebelumnya, yaitu mencelupkan gulungan gypsum ke dalam air.</p>	
<p><b>10</b></p>		

	
	<p>Membalutkan kembalilapisan gypsum sebagai lapisan ke-3.</p>
<p><b>11</b></p>	
	<p>Merapikan balutan dan sedikit membasahi dengan air agar gips melekat sempurna dan lebih rapi.</p>
<p><b>12</b></p>	
	<p>Menunggu gips hingga benar benar kering. Untuk mendapatkan gips yang benar benar kering, dibutuhkan waktu sekitar 15 hingga 30 menit.</p>

#### 4.2.3 Pelepasan gips

Tabel 8 Proses pelepasan gips fiber dan gips gypsum

NO	GIPS FIBER	GIPSGYPSUM
1		
<p>Memotong lapisan terluar gips dengan alat bermesin seperti gerinda. PISAUNYA bergerigi kecil, naun tidak berputar, melainkan bergerak hanya sekian derajat dan memotong menggunakan getarannya.</p>		
2		
<p>Memotong lapisan terluar, pada bagian bawah.</p>		
3		
<p>Membuka bagian terluar yang telah dipotong (gips gypsum)</p>		
4		
<p>Memotong lapisan dasar.</p>		
5		

		
	<p>Memotong lapisan dasar yang belum tuntas (meotong 2 arah atas dan bawah)(gips fiber)</p>	
<p>6</p>		
	<p>Memotong kembali bagian luar gips di bagian lainnya lagi .</p>	
<p>7</p>		
	<p>Memotong kembali lapisan dasar gips.</p>	
<p>8</p>		



**Tujuan :** mengetahui dan mempelajari urutan atau tatanan pemasangan gips yang sudah ada.

**Kesimpulan :** Proses pelepasan gips fiber lebih lama dibanding gips gypsum. Karena memang gips gypsum lebih mudah rusak.

#### 4.4 Analisa Komparasi Proses Pemasangan Fiksasi

Gips dengan fiber



*Gambar 21 Urutan memasang gips fiber*

Gips dengan gypsum





Gambar 22 Urutan memasang gips gypsum

### Fiksasi 3D cast



Gambar 23 Urutan memasang 3D cast fixation

**Tujuan :** membandingkan urutan proses pemasangan gips dengan 3d cast hingga didapatkan kesimpulan bahwa pemasangan *3d cast fixation* membutuhkan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan gips gypsum dan gips fiber.

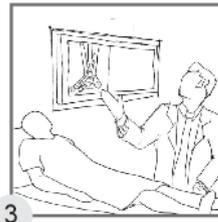
### 4.5 Analisa Penggunaan Produk di Dalam Penanganan Medis



1 Pasien diperiksa oleh dokter.



2 Dokter melakukan rontgen.



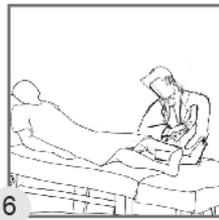
3 Dokter menganalisa cedera pasien.



4 Perawat menyiapkan jig yang akan digunakan untuk pemasangan fiksasi.



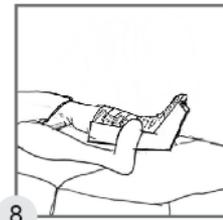
5 Dokter memasang fiksasi kepada pasien, dengan meletakkan khaki pasien terhadap jig dan fiksasi yang telah tersedia.



6 Dokter menutup memasang tutup fiksasi.



7 Dokter mengunci fiksasi.



8 Fiksasi telah terpasang.

## 4.6 Analisa Benchmarking Harga

Penentuan harga pasar terhadap kompetitor baik fiksasi fiber, fiksasi gypsum, maupun 3d cast fixation yang telah ada diperoleh dari data pertimbangan proses produksi.

### Fiksasi gypsum

Bahan :

- Gypsum : Rp 45.000 x 3 = Rp 135.000,-
  - Lapisan dasar : Rp 35.000 x 1 = Rp 35.000,-
- Rp 170.000,-

### Fiksasi fiber

Bahan :

- Fiber : Rp 70.000 x 2 = Rp 140.000,-
  - Lapisan dasar : Rp 50.000 x 1 = Rp 50.000,-
- Rp 190.000,-

### Fiksasi 3D cast

Dalam hal ini penentuan harga satuan produk didapatkan dari data slicing (prototipe 1)

<b>PART</b>	<b>SIMPLIFY</b>	<b>BERAT (gr)</b>	<b>INFILL (%)</b>	<b>JENIS FILAMENT</b>
Belakang	20 jam	350	100	ABS
Depan	5 jam	45	100	ABS

Spekkulasi harga = (berat p1 + berat p2) x harga bahan

Note : harga bahan 1 kg = 1000 gr = 250.000 ribu

Harga bahan per gram adalah Rp 250,-

$(350 + 45) \times 250 = 98.750$  (100.000)

Pasien menggunakan fiksasi hingga benar-benar sembuh berlangsung selama 2 hingga 3 bulan. Maka saya ambil perhitungan penggunaan gips selama 10minggu.

*Tabel 9 Perbandingan jumlah penggunaan fiksasi*

Minggu ke -	Gypsum	Fiber	Air cast	3D cast
1	1	1	1	1
2	2	2	1	1
3	2	2	1	1
4	3	3	1	1
5	3	3	1	1
6	4	4	1	1
7	4	4	1	1
8	5	5	1	1
9	5	5	1	1
10	6	6	1	1
<b>TOTAL</b>	6	6	1	1

Tabel 10 Tabel perbandingan perhitungan biaya penggunaan fiksasi

FIKSASI	HPP	MAINTENANCE	TENAGA KERJA	ADMINISTRASI/ DLL	TOTAL	KETERANGAN
Gypsum	170.000	6	500.000	300.000	5.820.000	
Fiber	190.000	6	500.000	300.000	5.940.000	
Air cast	3.900.000	1	?	?	3.900.000	Harga jual langsung.
3D cast	100.000	1	500.000	500.000	1.100.000	

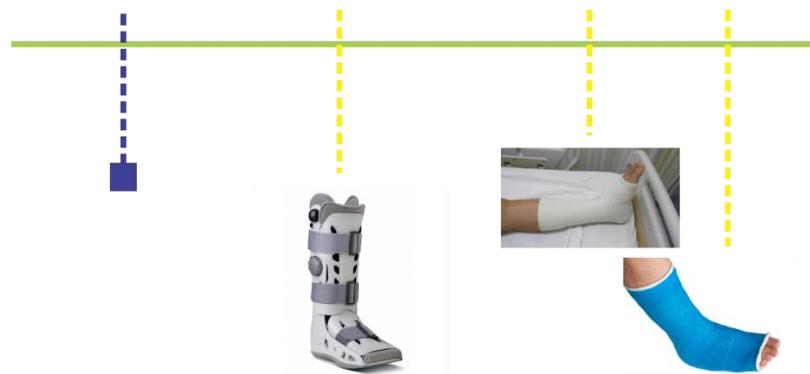
**Tujuan :** melihat nilai ekonomi agar dapat menentukan positioning harga terhadap produk eksisting yang sudah ada.

#### 4.7 Positioning Produk

Positioning produk ini untuk menunjukkan posisi produk kita terhadap produk pembandingnya.

##### 4.7.1 Positioning produk berdasarkan harga

Positioning berdasarkan ini disimpulkan dari analisa benchmarking harga produk dengan pembandingnya.



Gambar 24 Positioning produk

##### 4.7.2 Positioning produk berdasarkan desain dan konsep

#### 4.8 Studi bentuk

Bentuk fiksasi mengadaptasi dari motif Voronoi.

1. Untuk penggunaan material 3D, bagaimana caranya untuk dapat menghemat material printing namun struktur masih tetap terjaga.
2. Motif berlubang yang dimiliki Voronoi ini memungkinkan fiksasi memiliki lubang yang membuat kulit mendapatkan sirkulasi udara.
3. Memiliki tekstur berlubang yang flat di dua sisinya yang membantu dalam pembentukan model 3D.

Dari beberapa alasan tersebut, dapat ditentukan mood board seperti berikut.



Gambar 25 Mood board

## 4.9 Studi Komponen dan Sambungan

Studi komponen dan sambungan dibutuhkan untuk mengetahui apa saja yang akan menjadi kebutuhan di dalam produk. Serta sambungan yang bagaimana yang cocok untuk digunakan pada produk fiksasi eksternal ini.

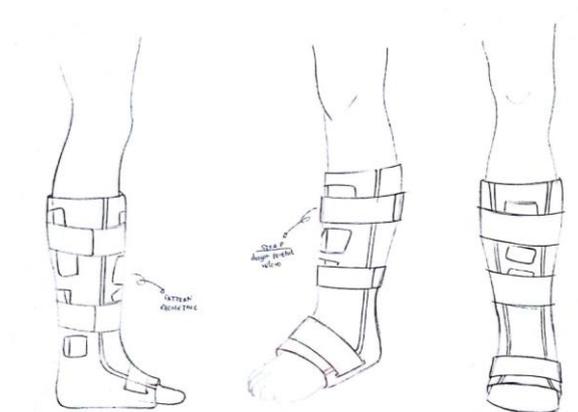
### 4.8.1 Analisa komponen

PROTOTYPE	PART	BAHAN
1	CASE	PLA

	SAMBUNGAN / KUNCIAN	VELCRO
2	CASE	ABS
	SAMBUNGAN / KUNCIAN	VELCRO
3	CASE	ABS
	SAMBUNGAN / KUNCIAN	STRAP DAN GESPER
	LAPISAN DALAM	KAIN NEOPRENE

#### 4.8.2 Studi sambungan

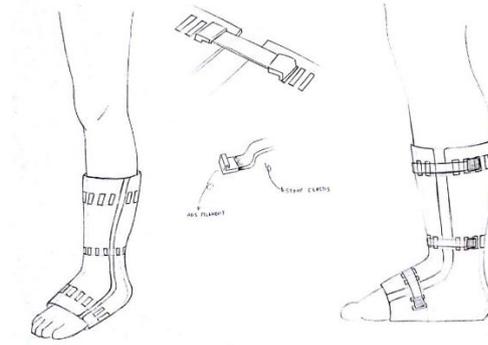
##### 4.8.2.1 Studi sambungan #1



Gambar 26 Sketsa sambungan #1 (strap dan Velcro)

Sambungan dengan strap dan Velcro, sambungan menggunakan strap bis ban dan memakai vecro sebagai perekatnya. Studi sambungan ini berada pada prototype 1 dan 2.

##### 4.8.2.2 Studi sambungan #2



Gambar 27 Sketsa sambungan #2

Sambungan pengait, sambungan ini terdiri dari pengait yang berbahan ABS dengan 3D printing yang dikombinasikan dengan strap elastis. Ide sambungan ini didapatkan dari sambungan pengait untuk perban.

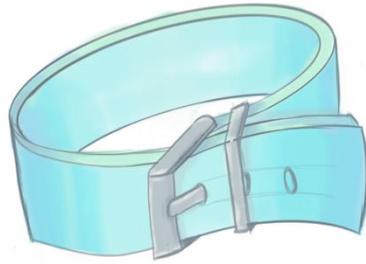
#### 4.8.2.3 Studi sambungan #3



Gambar 28 Foto sambungan #3

Sambungan atau kunciian dengan strap dan gesper. Menggunakan strap bis ban dan memakai gesper sebagai kunciannya. Studi sambungan ini ada pada prototype 3.

#### 4.8.2.4 Studi sambungan #4



Gambar 29 Gambar sketsa sambungan #4

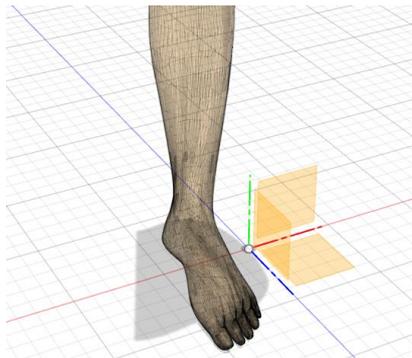
Sambungan alternative ini menggunakan bahan strap dari rubber dengan ketebalan 2mm. untuk kunciannya menggunakan sistem yang diadaptasi dari sistem sambungan jam tangan. Namun kunci ini menggunakan material dari plastik ABS.

**Tujuan :** menemukan sistem sambungan dan kunci yang paling tepat, yaitu sambungan dan kunci yang dapat mengunci fiksasi dengan pas saat dikenakan oleh user.

#### 4.10 Studi 3D Modelling

##### 4.9.1 Mesh object

Pendekatan dimensi bagian kaki yang dibutuhkan sebagai mesh object dilakukan dengan cara mendownload file 3d lower leg, kemudian disesuaikan dan diskala sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan. Ukuran ini mengacu pada perhitungan ukuran standar pada sepatu.



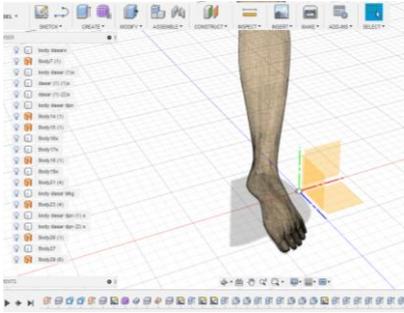
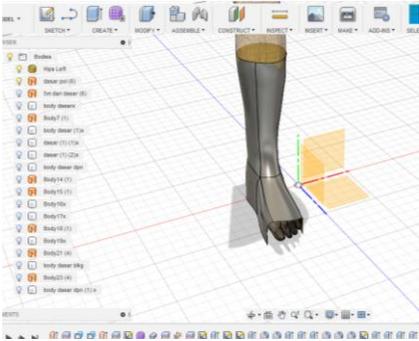
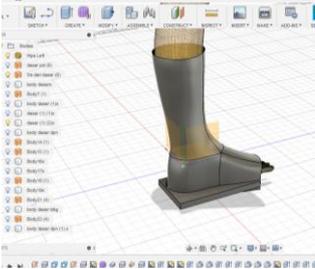
Gambar 30 Mesh object lower leg

##### 4.9.2 Proses 3D modelling

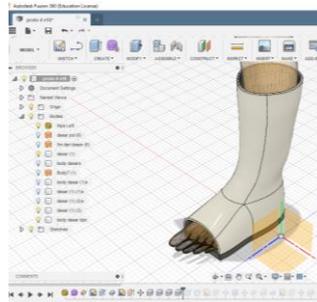
Tahap pengerjaan 3D model cast fixation terbagi menjadi 5 tahap. Surfacing atau melapisi permukaan dengan spline, kemudian spline diberi

ketebalan (thicken) 5mm menjadi solid (body). Body dipotong dengan patch sehingga terbagi menjadi 2 body. Setelah itu, proses editing untuk membuat joining antara 2 body yang terpisah. Pada tahap terakhir, proses editing ventilasi atau pemberian lubang pada permukaan 3D model cast fixation dengan pattern. Eksekusi extrude cut dari pattern yang digunakan, lalu diproyeksikan pada ke 2 body 3D model cast fixation.

Tabel 11 Proses 3d modelling

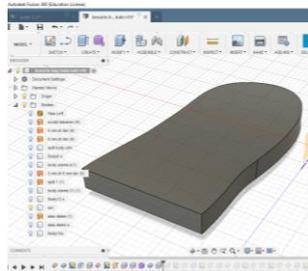
1	
	<p>Memasukkan mesh object kaki yang akan digunakan.</p>
2	
	<p>Surfacing atau melapisi permukaan object mesh dengan spline, kemudian surface diberi ketebalan (thicken) untuk menjadi model solid (body).</p>
3	
	<p>Memberikan box solid dibawah yang akan berfungsi sebagai alas kakinya.</p>

4



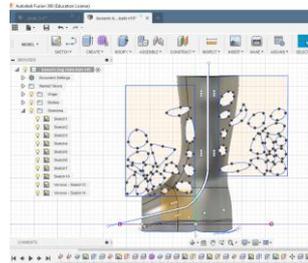
Body dipotong dengan patch dengan ukuran yang telah disesuaikan.

5



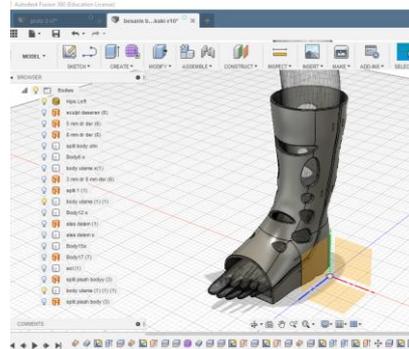
Membuat bagian alas kaki yang disesuaikan dengan kontur permukaan kaki dengan sculpt yang diberi ketebalan (thicken).

6



Melakukan extrude cut dari pattern Voronoi.

7



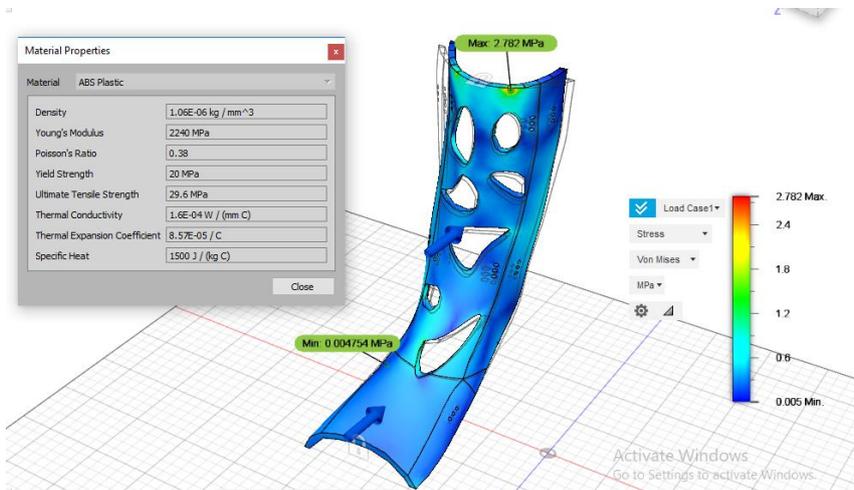
Model telah jadi

**Kesimpulan :** Autodesk Fusion 360 adalah aplikasi yang sesuai atau kopatibel dalam pengerjaan surfacing bentuk organis (sculpt). Terlebih, aplikasi fushion 360 dapat mode solid editing simulasi digital.

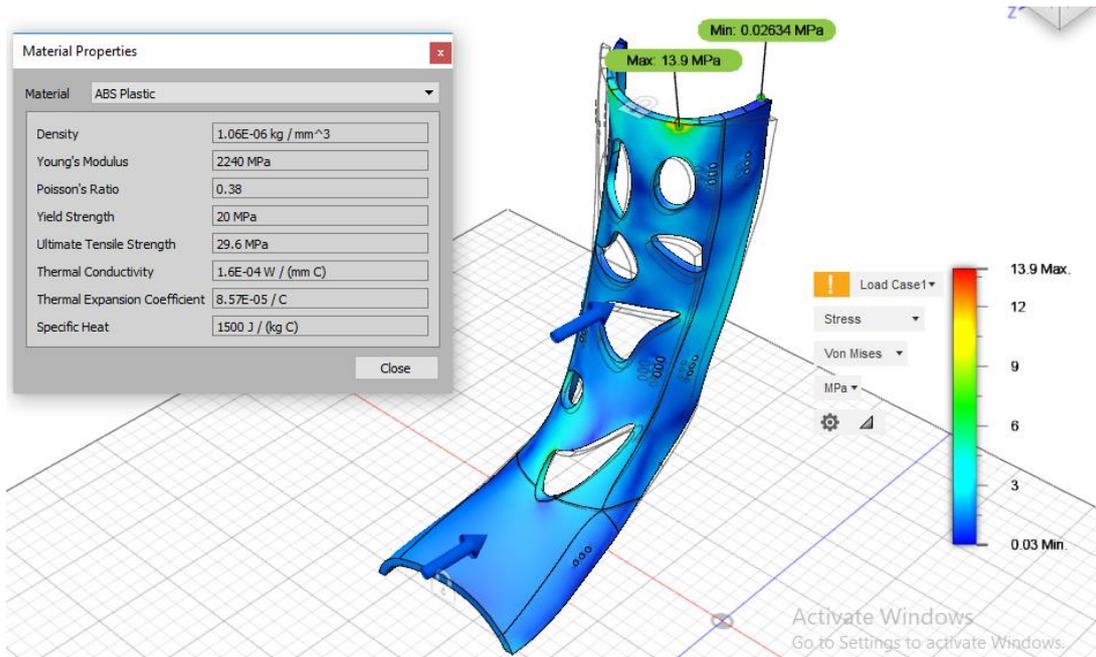
#### 4.11 Studi analisa simulasi kekuatan

##### 4.11.1 Studi simulasi pada prototype 3

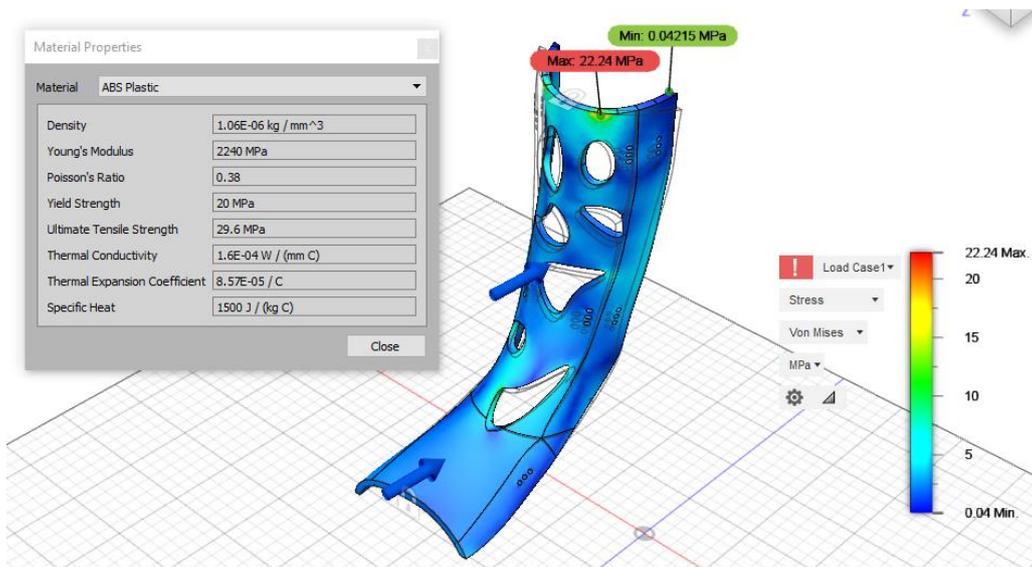
Berikut adalah simulasi pada prototype 3 dengan material ABS



Gambar 31 Simulasi ke-1 prototype 2



Gambar 32 Simulasi ke-2 prototype 2



Gambar 33 Simulasi ke-3 prototype 2

Tabel 12 Simulasi pada prototype 3

Simulasi ke -	Force (Newton)	Strenght (MPa)
		Max : 20 MPa

1	100	2.782
2	500	13.9
3	800	22.24

**Kesimpulan :** Prototype akan patah pada saat mendapat tekanan sebesar 800 N atau sekitar 80kg.

#### 4.12 Studi Jig untuk Fiksasi

Bentuk jig pada dasae alas teratasnya mengikuti bentuk dan postur fiksasi. Namun untuk ukurannya, jig memiliki sistem adjustable yang berfungsi agar pemasangan fiksasi untuk semua ukuran dapat sesuai dan fit terhadap fiksasi.

#### 4.13 Studi Prototype

##### 4.13.1 Studi prototype 1



*Gambar 34 Prototype 1*

Pada prototype pertama ini, menggunakan material PLA untuk case luarnya. Untuk lapisan bagian dalam menggunakan kain neoprene yang tahan terhadap air. Bahan bis ban yang digunakan sebagai pengikatnya, namun bahan ini tidak tahan terhadap air.

##### 4.13.2 Studi prototype 2



*Gambar 35 Prototype 2*

Pada prototype ini sama sama menggunakan bahan ABS, karena pada percobaan prototype pertama yang menggunakan material PLA pada case-nya mengalami kelengkungan yang diakibatkan oleh panas. Menggunakan bahan neoprene untuk lapisan dalamnya dan menggunakan rubber sebagai sabuk pengikatnya.

#### 4.13.3 Studi prototype 3



*Gambar 36 Prototype 3*

Pada prototype ini sama sama menggunakan bahan ABS. Menggunakan bahan neoprene untuk lapisan dalamnya serta ditambahkan memory foam untuk menambah kenyamanannya dan menggunakan rubber sebagai sabuk pengikatnya.

#### 4.13.4 Studi prototype 4



*Gambar 37 Prototype 4*

Pada prototype ini sama sama menggunakan bahan ABS.Menggunakan bahan neoprene untuk lapisan dalamnya dan menggunakan rubber sebagai sabuk pengikatnya. Pada bagian alas case terluarnya ditambahkan potongan sol karet lembaran mengikuti bentuk alasnya.

#### 4.13.5 Studi prototype 5



*Gambar 38 Prototype 5*

Pada prototype ini sama sama menggunakan bahan ABS.Menggunakan bahan neoprene untuk lapisan dalamnya dan menggunakan rubber sebagai sabuk pengikatnya. Pada bagian alas case terluarnya ditambahkan potongan sol karet lembaran mengikuti bentuk alasnya.

#### 4.13.6 Studi prototype 6



*Gambar 39 Prototype 6*

Pada prototype ini sama sama menggunakan bahan ABS.Menggunakan bahan neoprene untuk lapisan dalamnya dan menggunakan rubber sebagai sabuk pengikatnya. Pada bagian alas case terluarnya ditambahkan out sol sepatu.

#### **4.14 Persona**

Analisis yang mendeskripsikan pengguna dari produk yang dirancang menggunakan sebuah foto (bukan orang sebenarnya) yang mampu mewakili dan mendeskripsikan gaya hidup, perilaku dan aktivitas dari pengguna, ditambah dengan informasi mengenai usia, pekerjaan, nama fiktif, penghasilan.



**Nama** : Jelita  
**Usia** : 26 tahun  
**Penghasilan** : Rp 3.800.000,-  
**Domisili** : Surabaya  
**Status** : Belum menikah

**Aktivitas sehari-hari :**

- Bekerja
- Mendengarkan musik
- Bermain musik
- Berolahraga

**Hobi :**

- Piknik ke pantai
- Dansa
- Bermusik

**Style: Casual**

*Gambar 40 Persona 1*



**Nama** : Ahmad  
**Usia** : 26 tahun  
**Penghasilan** : Rp 3.500.000,-  
**Domisili** : Surabaya  
**Status** : Belum menikah

**Aktivitas sehari-hari :**

- Bekerja
- Mendengarkan musik
- Membaca
- Bercocok tanam

**Hobi :**

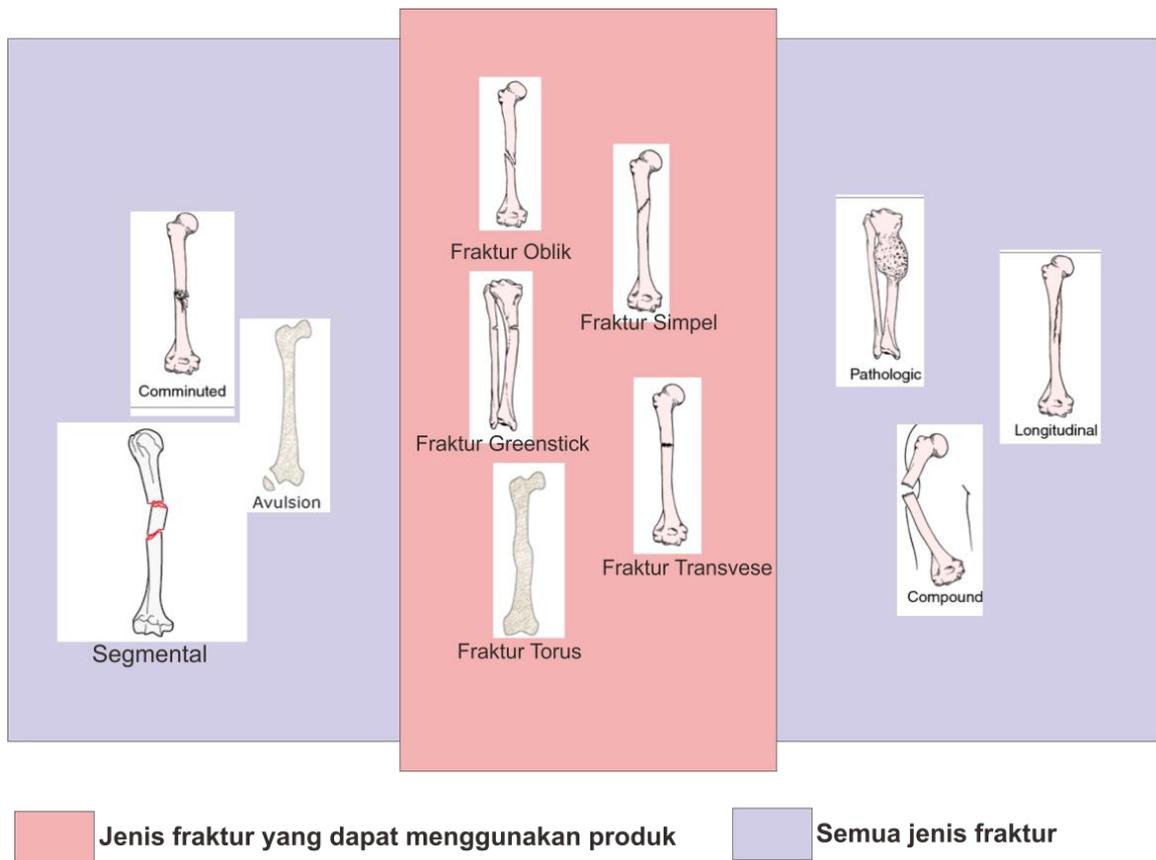
- Piknik ke pantai
- Berenang
- Menulis blog

**Style:** Casual

*Gambar 41 Persona 2*

## **4.15 Analisa penggunaan produk**

### **4.15.1 Analisa penggunaan produk terhadap jenis fraktur**



Gambar 42 Jenis jenis fraktur

#### 4.15.2 Analisa penggunaan produk terhadap masa penanganan



Gambar 43 Rentang waktu penggunaan

Ket :

Minggu ke 1 : masa peredahan pembengkakan

Minggu ke 2-7: masa penyambungan tulang/otot yang rusak

Minggu ke 8-10 : masa penyembuhan untuk belajar berjalan

#### **4.16 Analisa titik titik penting**

Berikut adalah beberapa titik penting untuk desain *cast fixation*:

1. Melindungi 3 titik, yaitu pangkal ibu jari, pangkal kelingking, dan tumit.
2. Tinggi fiksasi yaitu tepat diatas bagian terbesar pada betis.
3. Alas pada fiksasi menutup seluruh telapak kaki.

(Halaman sengaja dikosongkan)

# BAB V

## KONSEP DESAIN DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Implementasi konsep desain



Gambar 44 Bagan indikator keberhasilan

#### 1. Ringkas

Ringkas yang dimaksud dalam konsep ini yaitu mudah dalam pemasangan dan perawatannya. Tidak lagi membutuhkan waktu yang cukup lama untuk pemasangan dan tidak rumit untuk perawatannya.

#### 2. Water – resist

Tahan terhadap air, menggunakan bahan dan material produk yang tahan terhadap air dan artinya tidak mudah rusak apabila sedang melakukan aktivitas yang berhubungan dengan air.

#### 3. Nyaman

Fiksasi : selain dari part case itu sendiri, fiksasi ini akan dilapisi kain lembut yang tidak akan melukai kulit dan tidak membuat kulit terasa gatal atau iritasi.

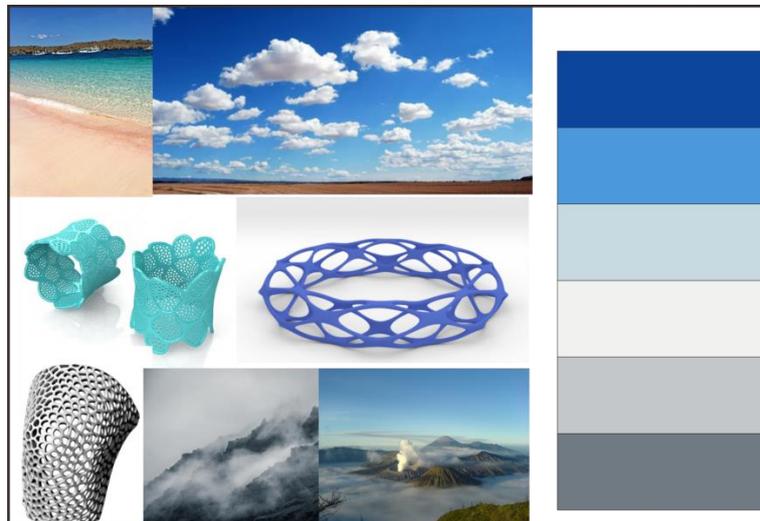
Jig : tersedianya pula jig yang digunakan saat pemasangan fiksasi untuk penyangga kaki agar kaki tidak cepat merasa lelah serta mempermudah dan mempercepat proses pemasangan fiksasi.

## 5.2 Desain Alternatif

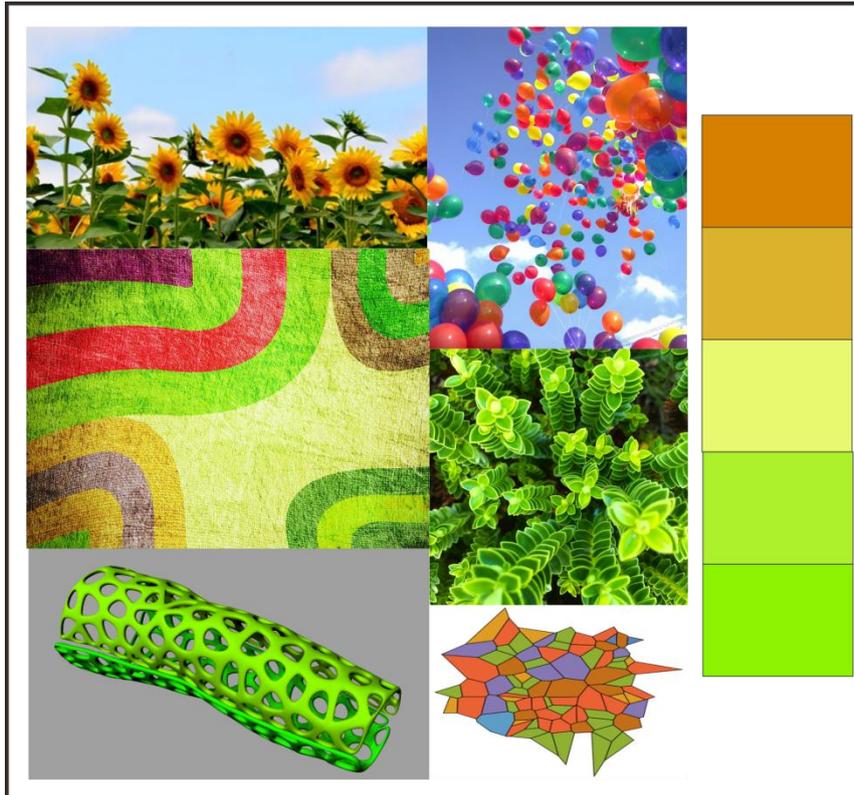


Gambar 45 Render alternatif 3D model

## 5.3 Mood board



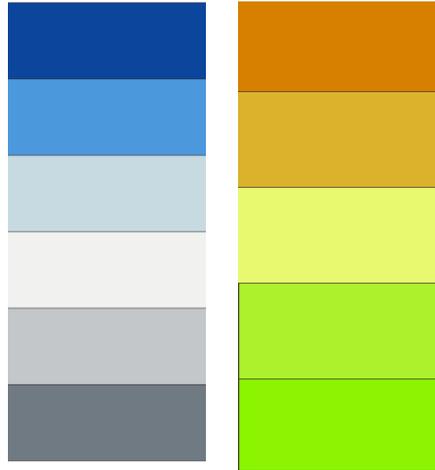
Gambar 46 Moodboard konsep produk 1



*Gambar 47 Mood board konsep 2*

#### **5.4 Konsep warna produk**

Dari mood board diatas, pantone warna yang diambil adalah pantone warna yang menunjukkan ketenangan dan panton warna yang menunjukkan keceriaan sebagai varian warna produk. Pantone warna yang menunjukkan ketenangan yaitu warna biru, abu dan putih. Sedangkan pantone warna yang menunjukkan keceriaan adalah warna hijau dan kuning.



*Gambar 48 Pantone warna*

### **5.5 Desain final**



*Gambar 49 Final desain prototype 1*



*Gambar 50 Final desain prototype 2*

## **5.6 Branding**

### **5.6.1 Logo**



*Gambar 51 Logo*

Logo tersebut adalah komponen dari huruf “H” dan “O”. H yang memiliki maksud “healing”, sedangkan “O” yang memiliki maksud Orthopedi. Maka dari logo tersebut memiliki makna penyembuhan terhadap gangguan muskuloskeletal yaitu meliputi otot, tulang dan sendi.

(Halaman sengaja dikosongkan)

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada desain fiksasi eksternal untuk *ankle injury* dengan metode rapid proto typing untuk menjawab rumusan masalah yang ada pada BAB 1. Berdasarkan proses pengumpulan data hingga pembuatan *prototype*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Fiksasi memiliki desain dengan motif Voronoi yang memiliki tujuan utama yaitu sebagai lubang sirkulasi fiksasi sehingga kulit tetap mendapatkan udara dan kulit tidak menjadi lembab yang nantinya akan menyebabkan iritasi.
2. Semua material pada produk ini menggunakan material yang tahan terhadap air.
3. Dengan adanya produk ini, tidak lagi dibutuhkan banyak waktu dan peralatan untuk pemasangan dan pelepasan fiksasi.
4. Produk ini diproduksi dengan menggunakan metode rapid prototyping, yaitu dengan menggunakan 3D printing.
5. Dilihat dari proses produksi hingga proses penggunaan kepada pasien, apabila produk ini dibandingkan dengan terdahulunya dan dengan produk yang sudah ada sebelumnya, produk ini memiliki harga berkisar antara Rp 1.000.000,- hingga Rp 1.500.000,-
6. Fiksasi memiliki nilai poin tertinggi saat dibandingkan dengan produk sebelumnya dan produk yang sudah ada

Tabel 13 Perbandingan dengan produk pembandingnya

	KETERANGAN	3D CAST FIXATION	AIR CAST	GIPS GYPSUM	GIPS FIBER
1	Material tahan terhadap air (tidak rusak saat terkena air)	5	4	1	2
2	Waktu penggunaan cepat	5	4	1	3
3	Waktu pelepasan cepat	5	4	2	1
4	Biaya lebih ekonomis	5	3	2	1

5	Menjaga struktur tulang	4	5	3	3
6	Dapat digunakan belajar menapak (saat penyembuhan)	5	3	1	1
		29	25	10	11

Note : dengan range poin adalah 1-5



Gambar 52 Posisi produk cast fixation dengan pembandingnya

7.

## 6.2 Saran Pengembangan

Untuk pengembangan desain selanjutnya beberapa saran dari penulis adalah:

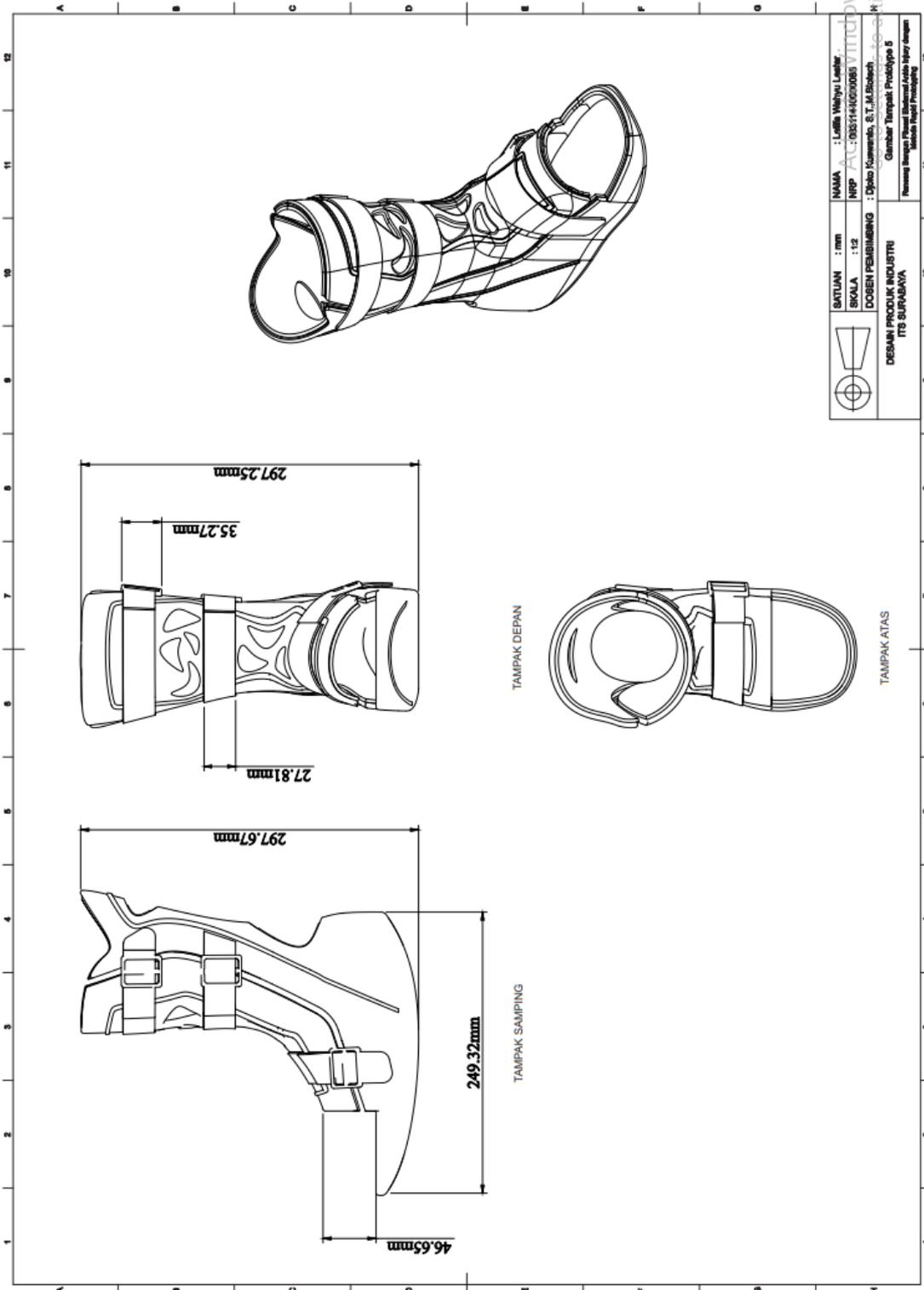
1. Dapat digunakan untuk jenis patah tulang yang lebih luas.
2. Fiksasi memiliki indicator seberapa sering fiksasi dilepas dan digunakan.
3. Jig memiliki adjustable yang sudah sistematis. Sistem untuk jig yang dapat mengontrol gerak fiksasi.

## Daftar Pustaka

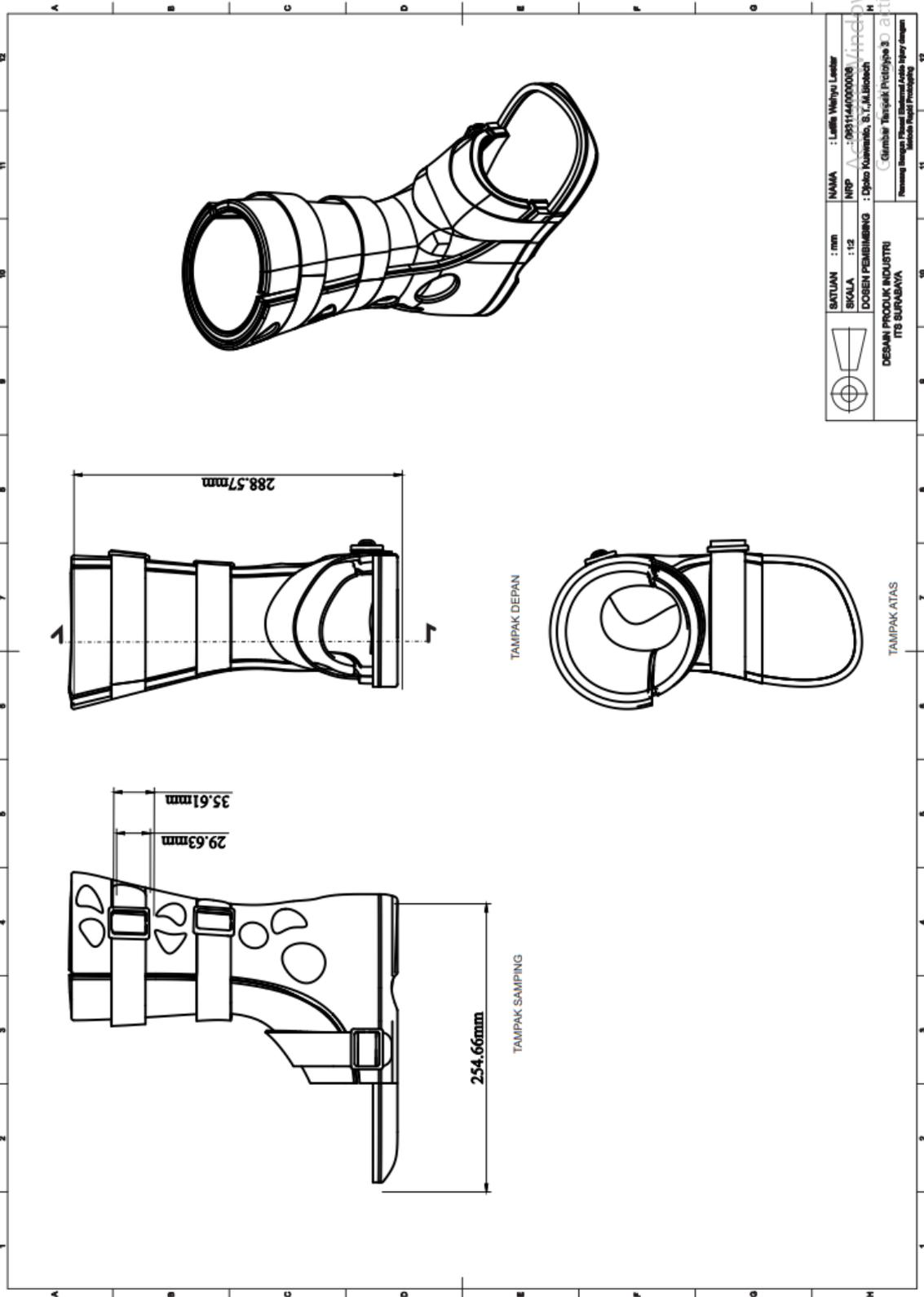
- (2018, September). Retrieved from Web MD: <https://www.webmd.com/pain-management/ankle-sprain#1>
- 6 Fungsi Gips Pada Patah Tulang dalam Pemasangannya.* (2017, October 13). Retrieved from AhliTulang.com: <https://ahlitulang.com/fungsi-gips-pada-patah-tulang>
- AAOS. (2018, Maret). *AAOS 2016*. Retrieved from <https://www.medscape.com/viewcollection/33619>
- Ankle Injuries: Causes and Treatments.* (n.d.). Retrieved from WebMD: <https://www.webmd.com/fitness-exercise/guide/ankle-injuries-causes-and-treatments#5>
- Ekarulita, I. (2018). *Pendahuluan ankle sprain*. Retrieved from Alomedika: <https://www.alomedika.com/penyakit/kedokteran-olah-raga/ankle-sprain>
- Haddad, S. L. (2018, September). Retrieved from ortho info: <https://orthoinfo.aaos.org/en/diseases--conditions/sprained-ankle/>
- Hakim, M. (2018). *Nursing Care to Clients With Post Roi Fractures of The.* 1.
- Miller, J. (2018, September). Retrieved from Physio works: [https://physioworks.com.au/Injuries-Conditions/Regions/ankle\\_injuries](https://physioworks.com.au/Injuries-Conditions/Regions/ankle_injuries)
- Mutaqqin, K. (n.d.). *Data Antropometri*. Retrieved from Ilmu Informatika: <http://www.isrul.com/2015/04/data-antropometri.html>
- Penyebab Cedera Ankle dan Pengobatannya.* (2018, Agustus). Retrieved from dokter sehat: <https://doktersehat.com/ankle-sprain-cedera-pergelangan-kaki/>
- Perdana, T. Y. (2015, January 10). *MENGENAL ISTILAH FRAKTUR, HUMERUS, SINISTRA DAN ORIF.* Retrieved from Saung Tinta Jalanan: <https://triyogaadiperdana.com/2015/01/10/mengenal-istilah-fraktur-humerus-sinistra-dan-orif/>
- Rekap Data Antropometri Indonesia.* (2013). Retrieved from Antropometri Indonesia: [http://antropometriindonesia.org/index.php/detail/artikel/4/10/data\\_antropometri](http://antropometriindonesia.org/index.php/detail/artikel/4/10/data_antropometri)
- RISKESDAS. (2018, Agustus). *Cidera*. Retrieved from labdata litbang: <http://labdata.litbang.depkes.go.id/menu-progress-puldata/progress-puldata-rkd-2018>

(Halaman sengaja dikosongkan)

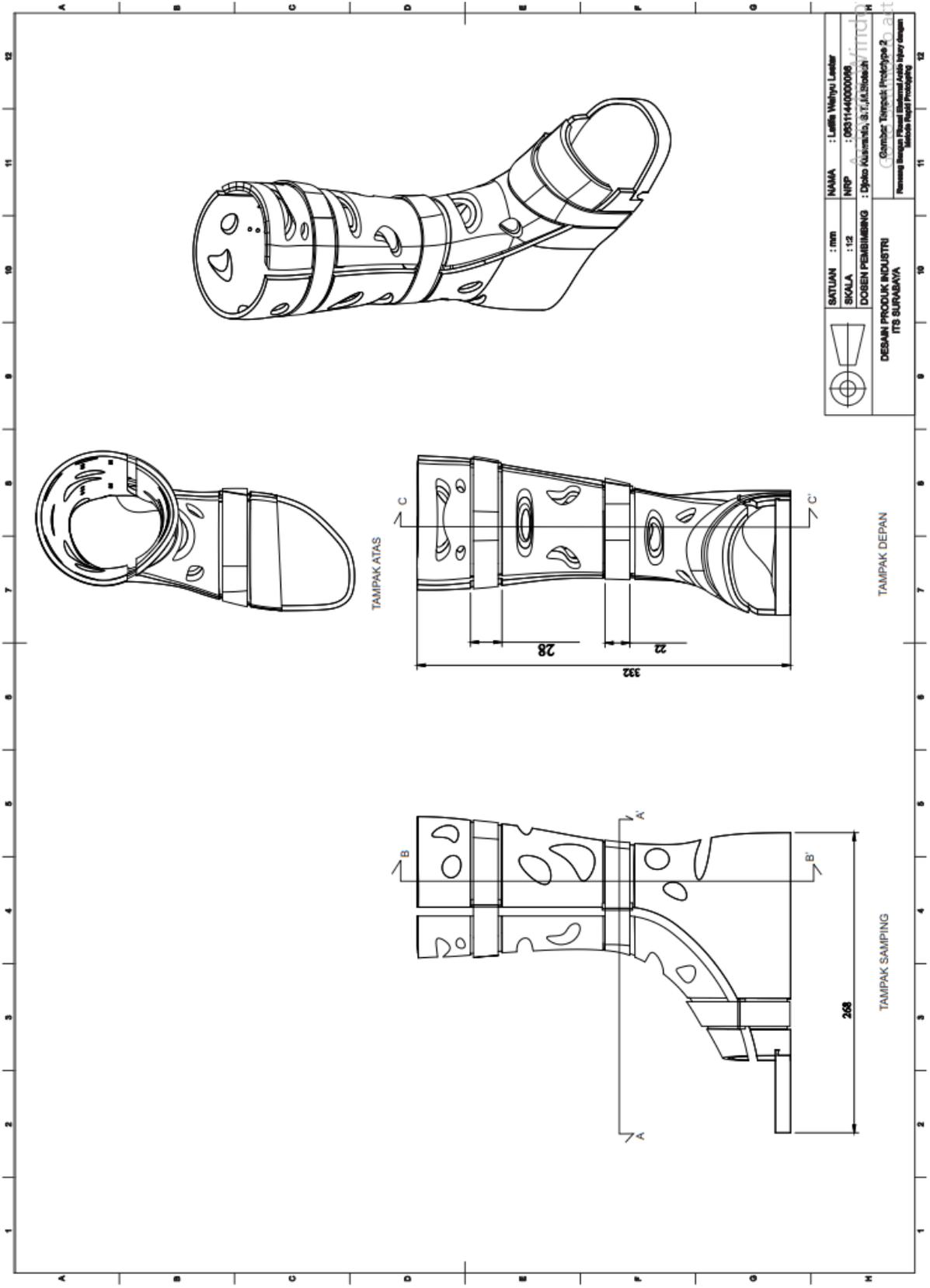
# LAMPIRAN



Lampiran 1 Gambar tampak prototype 4



Lampiran 2 Gambar tampak prototype 3



Lampiran 3 Gambar tampak prototype 2

(Halaman sengaja dikosongkan)

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Latifa Wahyu Lestari yang lahir dari orang tua Soedarno dan Sumarni sebagai anak terakhir dari dua bersaudaa. Penulis dilahirkan di Kota Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 26 September 1995. Penulis menempuh Pendidikan formal dimulai dari TK di TK Al-Mannar Surabaya lalu lanjut Pendidikan SD di SDI Darut Taqwa Surabaya, selanjutnya di SMPN 22 Surabaya hingga tamat SMA di SMAN 22 Surabaya. Pada tahun 2013 Penulis sempat menempuh perguruan tinggi swasta 1 tahun dengan mengambil jurusan DKV . Pada tahun 2014 penulis masuk ke Desain Produk di Institut Teknologi Sepuluh Nopember hingga buku tugas akhir ini selesai dibuat. Beberapa proyek desain yang pernah dikerjakan oleh penulis yaitu desain styling menghasilkan tas koper, dan jewelry, lalu desain appliance menghasilkan alat pemotong sayur dan desain speaker, selanjutnya desain furniture menghasilkan meja memasak untuk event foodies dan yang terakhir yaitu desain transportasi menghasilkan desain ambulance untuk di desa tepencil. Pada proyek tugas akhir, penulis mengembangkan desain alat kesehatan yaitu alat sebagai pengganti gips yang mana di Indonesia belum ada yang diperjualbelikan secara umum.