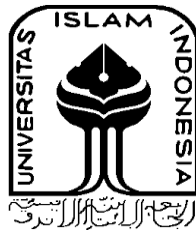


**PEMBUATAN *BRACE* KIFOSIS DENGAN METODE  
*REVERSE ENGINEERING* DAN *RAPID PROTOTYPING***

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhammad Arkan Hidayat**

**No. Mahasiswa : 19525014**

**NIRM : 1901130036**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2024**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini hasil kerja saya sendiri dan sepengetahuan saya tidak terdapat tulisan maupun karya yang diterbitkan oleh orang lain, kecuali kutipan secara tertulis yang saya jelaskan setiap sumbernya. Apabila dikemudian hari pernyataan saya tidak benar dan melanggar hak kekayaan intelektual, saya bersedia menerima sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 30 Oktober 2024

Penulis



Muhammad Arkan Hidayat

19525014

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PEMBUATAN BRACE KIFOSIS DENGAN METODE  
REVERSE ENGINEERING DAN RAPID PROTOTYPING**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhammad Arkan Hidayat**

**No. Mahasiswa : 19525014**

**NIRM : 1901130036**

Yogyakarta, \_\_\_\_\_ 2024

Pembimbing I,

  
Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Pembimbing II,

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

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

## PEMBUATAN *BRACE* KIFOSIS DENGAN METODE REVERSE ENGINEERING DAN RAPID PROTOTYPING

### TUGAS AKHIR

#### Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Arkan Hidayat  
No. Mahasiswa : 19525014  
NIRM : 1901130036

#### Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

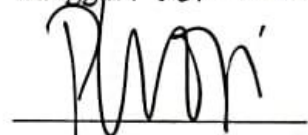
Ketua



Tanggal : 29/10/2024

Ir. Purtojo, S.T., M.Sc. IPP

Penguji I



Tanggal : 29/10/24

Ir. Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng., IPP

Penguji II



Tanggal : 29/10/2024

#### Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan nama Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, saya persembahkan karya ini kepada ibunda dan ayahanda tercinta sebagai tanda bakti dan penghormatan atas kasih sayang, dukungan, dan cinta yang tiada henti. Semoga karya ini dapat membawa kebahagiaan bagi Anda, sebagai langkah awal untuk membalas semua yang telah Anda berikan.

Yang terhormat Bapak Dosen Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. dan Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng., saya mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan dukungan yang telah membantu saya meraih gelar sarjana. Semoga kebahagiaan yang saya peroleh juga membawa kebahagiaan bagi Anda.

## **HALAMAN MOTTO**

“Orang yang menuntut ilmu berarti menuntut rahmat; orang yang menuntut ilmu berarti menjalankan rukun Islam dan pahala yang diberikan sama dengan para nabi.”

*(HR. Dailani dari Anas r.a.)*

“Dengan ilmu, kita mendekatkan diri kepada Allah dan memperkuat iman.”

“Menuntut ilmu adalah perjalanan menuju keberkahan dan kebijaksanaan.”

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taufiq, hidayah, dan inayah-Nya kepada kita. Shalawat dan salam saya haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah memimpin umat Islam dari masa jahiliyah menuju era yang lebih maju dengan kemajuan teknologi saat ini. Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam Program Studi Teknik Mesin di Universitas Islam Indonesia. Keberhasilan dalam penyusunan laporan ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan rasa syukur, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibunda Rina Herlina dan ayahanda Zulfikar Taufik Hidayat yang telah banyak memberikan dukungan serta doa yang tak pernah terputus kepada penulis
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak pengetahuan dan bimbingan kepada penulis agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Bapak Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi bimbingan pada penulisan laporan.
5. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan pengetahuan dan dukungannya selama proses perkuliahan.
6. Teman-teman, sahabat, kerabat, dan keluarga besar Teknik Mesin yang selalu menjadi tempat untuk berbagi ide, pandangan, dan pengalaman, serta saling mendukung dalam kebaikan.

## ABSTRAK

Kifosis merupakan gangguan fisik yang terjadi pada bagian tulang belakang manusia. Gejala ini ditandai dengan lengkungan yang terjadi pada bagian tulang belakang secara tidak normal. Untuk itu, dibutuhkan salah satu terapi penyembuhan yaitu *brace* kifosis. *Brace* ini dirancang dan dibuat dengan metode *reverse engineering* dan *rapid prototyping*.

Perancangan diawali dengan 3D scan yang digunakan untuk mendapatkan hasil 3D bagian tubuh tulang belakang. Kemudian dilanjutkan dengan pemodelan CAD dan dicetak dengan material PLA+ pada mesin 3D *printer*.

Pemodelan dibuat dengan menyesuaikan hasil tubuh sehingga *brace* dapat menyangga bagian tulang belakang. Hal ini dilakukan untuk mempermudah modifikasi bentuk *brace* kedepannya.

***Kata Kunci : Brace Kifosis, 3D Scan, Pemodelan CAD, Reverse Engineering, Rapid Prototyping, 3D Printing***

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak .....	viii
Daftar Isi .....	ix
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar .....	xii
Daftar Notasi.....	xiii
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
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 .....	7
2.2.1 <i>Orthosis</i> .....	7
2.2.2 <i>Reverse Engineering</i> .....	7
2.2.3 <i>Rapid Prototyping</i> .....	7
2.2.4 <i>Additive manufacturing</i> .....	8
2.2.5 CAD/CAM .....	8
2.2.6 <i>Autodesk Fusion 360</i> .....	8
2.2.7 <i>EXscan Pro</i> .....	9
Bab 3 Metode Penelitian.....	10
3.1 Alur Penelitian .....	10

3.2	Peralatan dan Bahan.....	10
3.2.1	Peralatan .....	10
3.2.2	Bahan .....	11
3.3	Perancangan .....	11
3.3.1	Identifikasi Masalah .....	11
3.3.2	Kriteria Desain.....	12
3.3.3	3D <i>Scan</i> .....	12
3.3.4	Pemodelan CAD .....	13
3.3.5	Pencetakan dengan 3D Print.....	14
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	16
4.1	Hasil Perancangan.....	16
4.2	Hasil 3D <i>Scan</i> .....	16
4.3	Hasil Pemodelan CAD .....	18
4.4	Hasil 3D Print .....	24
Bab 5	Penutup.....	28
5.1	Kesimpulan .....	28
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	28
Daftar Pustaka	.....	29

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Properti Filament PLA+ .....	14
---	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Penelitian .....	10
Gambar 3. 2 <i>Scanner EinScan Pro 2X Plus</i> .....	12
Gambar 3. 3 <i>Software EXscan Pro</i> .....	13
Gambar 3. 4 <i>Software Autodesk Fusion 360</i> .....	13
Gambar 3. 5 Mesin Inventor Series .....	14
Gambar 3. 6 Mesin CR-10S .....	15
Gambar 4. 1 Hasil Scan .....	16
Gambar 4. 2 Hasil Scan Setelah Watertight Model.....	17
Gambar 4. 3 Hasil Desain <i>Brace</i> .....	18
Gambar 4. 4 Model Tubuh Sebelum dan Sesudah <i>Remeshing</i> .....	19
Gambar 4. 5 Pembuatan <i>Surface Form</i> .....	19
Gambar 4. 6 Desain <i>Surface Brace</i> .....	20
Gambar 4. 7 Hasil Desain <i>Brace</i> .....	21
Gambar 4. 8 Fitur pengunci <i>Brace</i> .....	21
Gambar 4. 9 Sketsa Desain Pola 1 .....	22
Gambar 4. 10 Desain Pola 1 .....	22
Gambar 4. 11 Sketsa Desain Pola 2.....	23
Gambar 4. 12 Desain Pola 2 .....	23
Gambar 4. 13 Hasil Cetak Desain Pola 1 .....	24
Gambar 4. 14 Hasil Cetak Desain Pola 2 .....	24
Gambar 4. 15 Simulasi Desain Pola 1 .....	25
Gambar 4. 16 Simulasi Desain Pola 2 Bagian 1.....	26
Gambar 4. 17 Simulasi Desain Pola 2 Bagian 2.....	27

## DAFTAR NOTASI

RE	:	<i>Reverse Engineering</i>
RP	:	<i>Rapid Prototyping</i>
AM	:	<i>Additive manufacturing</i>
CAD	:	<i>Computer-Aided Design</i>
CAM	:	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
3D	:	<i>3 Dimesion</i>
3DP	:	<i>3 Dimension Printing</i>
DDM	:	<i>Direct Digital Manufacturing</i>
SFF	:	<i>Solid Freeform Fabrication</i>
STL	:	<i>Standard Tessellation Language</i>
PLA	:	<i>Polylactic Acid</i>
MM	:	<i>Millimeter</i>

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kifosis merupakan salah satu bentuk kelainan yang muncul pada tulang belakang manusia yang menyebabkan postur tubuh membungkuk. Perubahan tersebut dapat menyebabkan salah satu resiko gangguan keseimbangan yaitu resiko jatuh[1]. Akan tetapi sebagian besar penyakit kifosis tidak menyebabkan masalah kesehatan atau memerlukan perawatan medis.

Namun dalam kasus yang parah, kifosis dapat menyebabkan rasa sakit atau masalah pernapasan. Kifosis disebabkan oleh multifaktor seperti idiopatik (kondisi medis yang belum terungkap jelas penyebabnya), genetik, gangguan metabolik, hingga kepada trauma mekanik berulang[2]. Diantaranya postur tubuh yang buruk merupakan penyebab umum dari kifosis dari posisi tubuh yang tidak baik sehingga menyebabkan tekanan berlebih pada tulang belakang.

Kifosis memiliki tiga jenis, yaitu kifosis *Postural*, *Scheurmann's* dan *Congenital*. Kifosis *postural* merupakan jenis kifosis umum yang sering terjadi akibat postur tubuh yang tidak baik pada perkembangan manusia sejak muda. Akibatnya gejala kifosis ini sering ditemukan pada anak usia remaja[3].

Sedangkan kifosis *Scheurmann* pertama kali didefinisikan oleh seorang ahli radiologi *Denmark Holger Werfel Scheurmann* sebagai '*Osteochondritis deformans juvenilis dorsi*'. Hal ini ditandai sebagai kifosis kaku yang terutama terjadi pada dewasa yang disebabkan oleh *osteochondritis* dari pusat osifikasi sekunder. Terlebih lagi penyakit *Scheurmann* disebabkan oleh gangguan pertumbuhan epifisis tulang belakang yaitu kurangnya pertumbuhan beberapa tulang dari tulang belakang[4].

Kemudian kifosis *Congenital* merupakan salah satu jenis kifosis yang cukup langka, dimana jenis ini disebabkan akibat cacat pada tulang belakang. kelainan ini sering terjadi pada bayi dalam kandung dan kelainan akan semakin memburuk seiring pertumbuhan anak[5].

Sehingga penanggulangan kifosis sangat bergantung pada jenis penyakit yang sedang dialami pasien. Namun dari beberapa pengobatan yang dilakukan, *brace* kifosis merupakan salah satu solusi untuk proses penyembuhan penyakit kifosis. Perawatan dengan *brace* sendiri selalu berhasil bagi pasien dengan kifosis antara 55 derajat dan 80 derajat ketika diagnosis dilakukan terlebih dahulu, akan tetapi jika kemiringan ini melebihi 80 derajat pada tulang belakang dada maka hampir tidak pernah berhasil jika dilakukannya perawatan dengan bracing, sehingga diperlukannya untuk operasi[6].

Dengan perkembangan teknologi yang sudah berkembang hingga dunia medis, pembuatan *brace* kifosis dapat memanfaatkan *Additive manufacturing* (AM), yang sering disebut juga sebagai pencetakan 3D (3 Dimensi), yaitu teknologi manufaktur yang memungkinkan pembuatan objek tiga dimensi dengan cara menambahkan material secara bertahap, lapis demi lapis, sesuai dengan desain digital yang dibuat sebelumnya. Salah satu aplikasi utama AM adalah *Rapid prototyping* (RP), yang memungkinkan pembuatan prototipe fisik dengan cepat dan efisien.

Sebelum melakukan pencetakan, perlu melakukan modeling 3D dengan metode RE (Reverse engineering) dengan CAD (*Computer-Aided Design*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*) adalah proses untuk membuat model digital atau gambar teknik dari sebuah objek fisik yang sudah ada. Metode ini digunakan untuk mendapatkan bentuk 3D dari tulang belakang penderita penyakit sehingga dapat dilakukan pemodelan dengan CAD/CAM dan dicetak menggunakan 3D print untuk proses selanjutnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah ditulis oleh penulis, berikut adalah rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana cara merancang desain *brace* dengan CAD/CAM ?
2. Bagaimana cara membuat *brace* kifosis dengan proses *3D Printing* ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah yang ditulis, berikut adalah batasan masalah yang dibuat untuk membatasi ruang lingkup pembahasan penelitian agar lebih jelas dan tidak menyinggung topik lainnya :

1. Menggunakan *3D scanner* untuk pengambilan data
2. Pemodelan menggunakan sistem CAD/CAM.
3. Pencetakan dibuat dengan *3D printer*
4. Material yang digunakan filament PLA+ (*Polylactic Acid +* )
5. Penelitian tidak membahas lebih dalam terkait aspek medis.

### **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

Berdasarkan batasan masalah yang telah ditulis, maka tujuan penelitian dilakukan untuk :

1. Merancang *brace* kifosis dengan *Software CAD*
2. Merancang *brace* kifosis yang dapat dimodifikasi

### **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

Berdasarkan tujuan penelitian dan latar belakang permasalahan, manfaat penelitian ini adalah untuk mempermudah pembuatan *brace* kifosis sehingga manufaktur dapat memproduksinya secara mudah dan efisien serta penambahan ilmu bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pembuatan *brace* kifosis.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini diuraikan dalam lima bab yang berurutan sehingga isi dapat mudah dipahami. Bab 1 terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, perancangan, dan sistematika penulisan laporan akhir. Bab 2 terdiri dari kajian Pustaka dan dasar teori yang melandasi dan berhubungan dengan penelitian yang sedang dilaksanakan.

Bab 3 terdiri dari alur penelitian dan perancangan, serta alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses kerja. Bab 4 berisi tentang hasil-hasil yang didapatkan dari perancangan dan pembahasan hasil tersebut. Diakhiri dengan Bab 5 yang akan menjelaskan terkaht kesimpulan hasil penelitan dan perancangan serta saran untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Kifosis merupakan kelainan tulang belakang yang dapat terjadi pada manusia pada usia dini maupun dewasa. Kelainan ini adalah bentuk tulang belakang yang membentuk lengkungan secara tidak normal ke arah belakang. Sehingga muncul beberapa metode penyembuhan penyakit ini. Salah satunya adalah rehabilitas dan terapi *brace*.

Salah satu penelitian yang dilakukan dengan penyembuhan *brace* dilakukan oleh Bernard J., yang menghasilkan *brace* dengan kapasitas pernapasan pasien yang meningkat saat menggunakan *brace* tersebut. Hal ini telah diuji coba pada 321 pasien dengan hasil 90 pasien yang berhasil [7].

Kemudian terdapat peneliti lainnya yang melakukan penyembuhan dengan *brace* yaitu Weiss, Hans-Rudolf., meneliti *brace* untuk mengetahui perubahan yang terjadi ketika menggunakan *brace* pada usia dini. Dengan beberapa uji coba peneliti menyimpulkan bahwa penggunaan *brace* pada usia dini dapat memperbaiki lengkungan pada tulang belakang selama masa pertumbuhan [8].

Selanjutnya peneliti Azadinia F., meneliti rehabilitas *brace* yang akan diterapkan pada usia lansia. Penelitian ini menerapkan rehabilitas metode *Orthosis Spinomed* dan *PTS (Posture Training Support)*. Kedua metode menghasilkan nilai yang efektif, akan tetapi tidak ada peningkatan signifikan dalam perbaikan keseimbangan [9].

Penelitian *brace* berkembang dan diteliti oleh Babae T., untuk mengevaluasi gaya antarmuka kulit-*brace* yang diberikan oleh bantalan utama pada *brace* Milwaukee pada posisi berdiri maupun posisi duduk. Dengan hasil bahwa pasien menggunakan *brace* pada posisi berdiri menghasilkan nilai koreksi yang lebih tinggi dibanding pada posisi duduk [10].

Selanjutnya penelitian diteliti oleh Sharifi P., yang meneliti perbedaan potensial antara kepatuhan penggunaan *brace* objektif dan subjektif pada remaja yang mengalami kifosis *Scheuermann* dengan *brace* yang memiliki perekam suhu. Namun hasil menunjukkan bahwa tingkat penggunaan *brace* masih sangat kurang, dikarenakan pasien yang tidak dapat menggunakannya dalam waktu yang lama [11].

Kemudian peneliti selanjutnya yaitu Piazzolla A., meneliti *brace* (Maria Adelaide) dengan tujuan untuk menilai efektivitas *brace* MA dalam koreksi hiperkifosis, dengan fokus juga pada kepatuhan pasien dalam menggunakan *brace* dan dampak psikologisnya. Penelitian ini menyimpulkan jika pasien menggunakan *brace* MA selama rehabilitas kurang lebih 32 bulan maka *brace* dapat mengkoreksi tulang punggung pasien [12].

Selanjutnya penelitian ini diteliti oleh Negrini F., yang meneliti untuk mengembangkan penyangga Sforzesco baru berdasarkan modularitas (penyangga Modular Italia—penyangga MI). Penelitian ini membuka kemungkinan perawatan *brace* yang efektif dengan *brace* modular yang dapat mengarah pada penyebaran yang lebih mudah di seluruh dunia [13].

Kemudian penelitian dilanjutkan oleh Rossetos I., dimana penelitian dilakukannya Analisis finete elemen dan laser scanning serta 3D printing dengan tujuan menyelidiki penerapan pemodelan numerik dan analisis elemen. Sehingga penelitian menyimpulkan bahwa *brace* dengan cetak 3D dapat dirancang untuk memiliki kekakuan dan kekuatan yang sesuai sekaligus dapat disesuaikan dengan mudah untuk setiap pasien tertentu [14].

## **2.2 Dasar Teori**

Dalam penelitian ini, digunakan berbagai teori-teori yang relevan dan menjadi dasar dari penyelesaian penelitian mengenai *brace* kifosis untuk penyangga tulang belakang.

### **2.2.1 Orthosis**

*Orthosis* merupakan perangkat khusus yang dirancang untuk mendukung atau memperbaiki kesejajaran anggota tubuh, salah satunya adalah tulang belakang. *Orthosis* terbagi menjadi dua jenis yaitu *Orthosis* lunak, dimana *Orthosis* ini biasa terbuat dari bahan lunak seperti insole dengan upaya untuk mengurangi beban tekanan yang diberikan alat tersebut. Kemudian *Orthosis* kaku, dimana *Orthosis* ini digunakan untuk memperbaiki postur anggota tubuh yang mengalami deformasi secara tidak normal[15].

### **2.2.2 Reverse Engineering**

*Reverse engineering* adalah proses penemuan prinsip teknologi dari suatu perangkat, objek, atau sistem melalui analisis strukturnya, fungsinya, dan cara kerjanya. Proses ini biasanya melibatkan pemisahan dan analisis terhadap cara kerjanya secara terperinci, atau penciptaan perangkat atau program baru yang memiliki cara kerja yang sama tanpa memakai atau membuat duplikat benda aslinya[16].

### **2.2.3 Rapid Prototyping**

*Rapid prototyping* merupakan objek tiga dimensi yang terbuat lapis demi lapis dengan menggunakan bantuan *Computer Aided Design* (CAD) yang dikembangkan pada tahun 1980-an untuk membuat model dan bagian prototipe. Teknologi ini diciptakan untuk membantu terwujudnya apa yang ada dalam pikiran para insinyur. *Rapid prototyping* sendiri adalah salah satu proses dari *Additive Manufacturing* (AM) [17].

#### **2.2.4 Additive manufacturing**

*Additive manufacturing* (AM) dapat digambarkan sebagai teknik pencampuran bahan baik dengan bahan fusi, pengikatan, atau pemadatan seperti resin cair dan bubuk. Pembuatan terbuat dari lapis hingga lapis dengan menggunakan pemodelan *Computer Aided Design* (CAD) 3D.

Terminologi seperti *3D printing* (3DP), *Rapid prototyping* (RP), *Direct Digital Manufacturing* (DDM), *Rapid Manufacturing* (RM), dan *Solid Freeform Fabrication* (SFF) dapat menggambarkan proses AM tersebut. AM memproses pembuatan komponen menggunakan data komputer 3D atau file *Standard Tessellation Language* (STL), yang berisi informasi mengenai geometri objek. Additive manufacturing sendiri sangat berguna ketika diperlukan volume produksi yang rendah, tetapi memerlukan kompleksitas desain yang tinggi, dan perubahan desain yang sering[18].

#### **2.2.5 CAD/CAM**

CAD/CAM merupakan sistem yang digunakan untuk memindai, merancang, dan pengikisan dalam manufaktur. Kedua jenis sistem ini memiliki berbagai faktor dalam mempengaruhi ketepatan dan kesuaian pembuatan produk. *Computer Aided Design* (CAD) merupakan penggunaan perangkat berbasis komputer yang dapat membantu dalam perancangan produk. Sedangkan *Computer Aided Manufacturing* merupakan sistem yang digunakan untuk mengoptimalkan kemampuan program komputer yang telah dibuat oleh CAD[19].

#### **2.2.6 Autodesk Fusion 360**

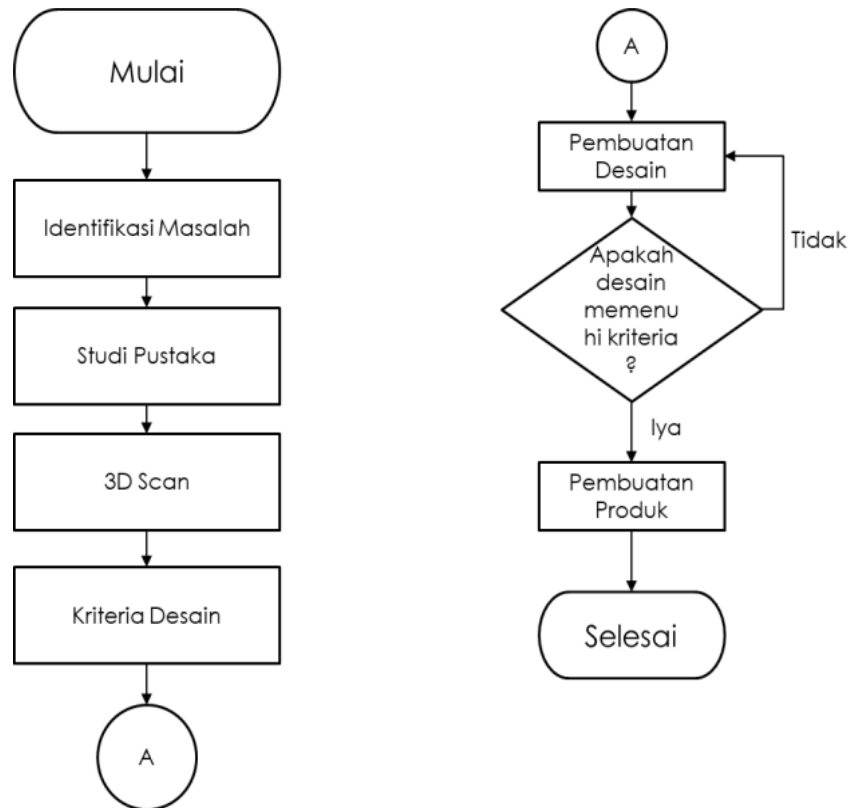
*Autodesk Fusion 360* merupakan *Software* pemodelan untuk mengintegrasikan desain industri, desain struktural, simulasi mekanis, dan CAM, yang menghasilkan platform desain yang mendukung kolaborasi dengan melalui cloud untuk desain dan manufaktur produk. *Software* ini dirancang untuk membantu desainer merancang dan merekayasa produk, estetika bentuk, kesesuaian, dan fungsi[20].

### **2.2.7 *EXscan Pro***

*EXscan Pro* merupakan perangkat lunak pemindaian 3D berkinerja tinggi yang memungkinkan pengguna dapat menghasilkan data 3D secara cepat dengan menggunakan alat *Scanner* yang bersangkutan. Alat yang digunakan adalah EinScan Pro 2X yang dirancang untuk menghasilkan model 3D berkualitas tinggi [21].

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian



**Gambar 3. 1 Alur Penelitian**

Gambar diatas merupakan tabel mengenai tahap-tahap perancangan pembuatan *brace* kifosis.

### 3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

#### 3.2.1 Peralatan

1. Laptop
2. *EinScan Pro 2X Plus*
3. *Software EXscan Pro*
4. *Software Autodesk Fusion 360*

5. *Software Creality Print*
6. *Software Flashprint 5*
7. *3D Printer Inventor Series*

### **3.2.2 Bahan**

1. Filament PLA +

## **3.3 Perancangan**

### **3.3.1 Identifikasi Masalah**

Kelainan tulang belakang memiliki jenis yang berbeda-beda, diantaranya adalah kifosis yaitu penyakit yang membentuk tulang belakang melengkung secara tidak normal ke arah belakang. Dalam proses penyembuhan atau terapi penyakit tersebut sangat bergantung pada tingkat keparahan penyakit tersebut. Dimana alat penyangga atau *brace* merupakan alat penyembuh kifosis pada tahap ringan hingga menengah, sedangkan tahap tinggi dianjurkan untuk melakukan operasi.

Untuk itu penyangga atau *brace* kifosis yang sesuai akan sangat membantu kelancaran penyembuhan, sehingga dibutuhkan rancangan *brace* kifosis yang menyesuaikan kebutuhan pada pasien. Dengan pemanfaatan teknologi dalam pembuatan *brace* dengan metode *reverse engineering* dan *Rapid prototyping* dapat menghasilkan hasil dengan tingkat presisi tinggi serta menyesuaikan kenyamanan pengguna.

### 3.3.2 Kriteria Desain

Kriteria pada desain brace yang akan dibentuk sebagai berikut :

1. Menggunakan fitur simetris.
2. Besar *thicken* desain *brace* yang digunakan sebesar 5 mm.

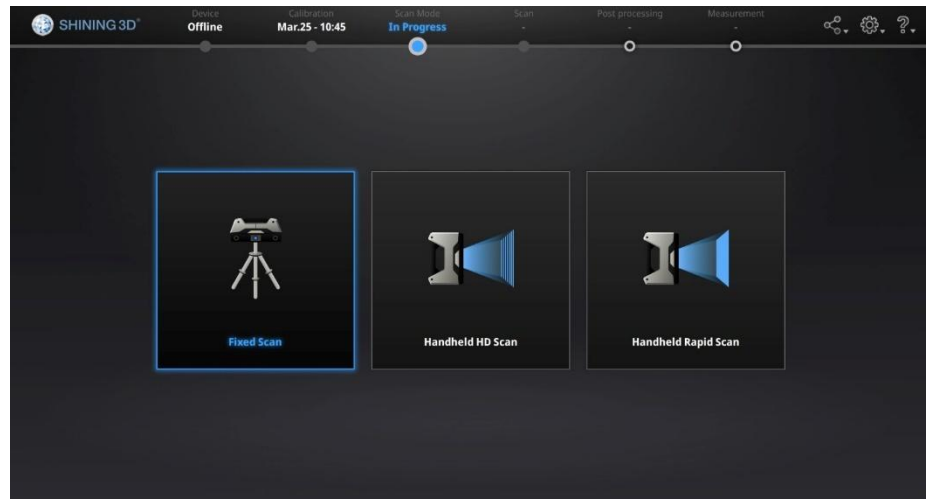
### 3.3.3 3D Scan

3D *scan* digunakan untuk pengambilan data menggunakan *Scanner EinScan Pro 2X Plus*. Pengambilan data ini dilakukan untuk mendapatkan hasil STL dari hasil pengambilan *Scanner* yang akan dijadikan sebagai bahan yang akan digunakan pada pemodelan CAD/CAM.



**Gambar 3. 2 Scanner EinScan Pro 2X Plus**

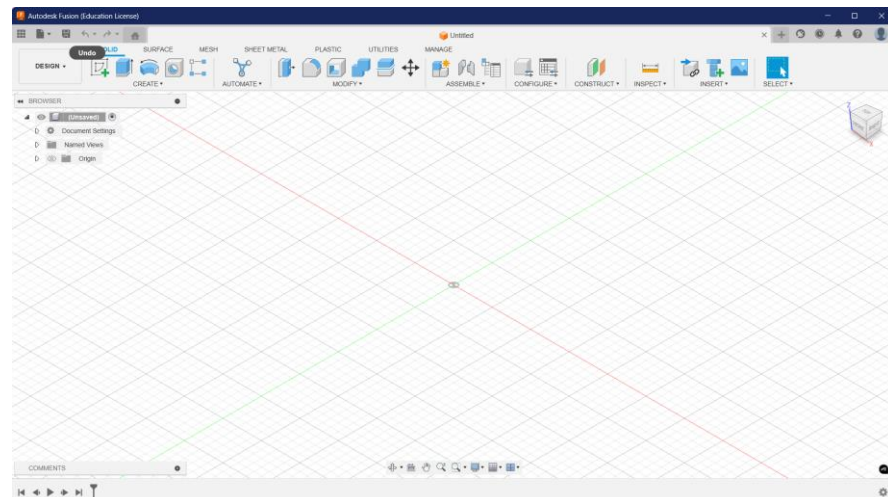
Untuk mendapatkan data digunakannya *Software EXscan Pro* untuk memproses hasil scan yang sudah didapatkan menjadi data STL.



Gambar 3. 3 Software EXscan Pro

### 3.3.4 Pemodelan CAD

Pembuatan model dilakukan dengan menggunakan *Software Autodesk Fusion 360*. Pemodelan dilakukan dengan memasukkan hasil 3D yang didapatkan melalui scan 3D dalam bentuk data STL.



Gambar 3. 4 Software Autodesk Fusion 360

### 3.3.5 Pencetakan dengan 3D Print

*Software* yang digunakan untuk simulasi pencetakan adalah *Flashprint 5* dan *Creality Print*. *Software* ini digunakan untuk mendapatkan G-CODE yang akan digunakan untuk pencetakan pada mesin *printer*.

Filament yang akan digunakan adalah filament PLA + dan berikut merupakan tabel properti filament :

**Tabel 3. 1 Properti Filament PLA+**

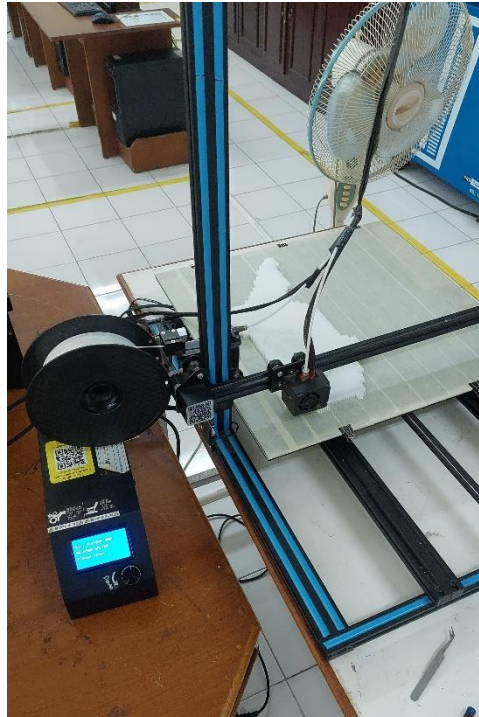
Property	Unit	Testing Standards	Typical Value
Density	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D-792	1.2-1.3
<b>Melting Index (190°C,2160g)</b>	g/10min	ASTM D-1238	4-8
Melting Point	°C	DSC	185-190
Vicat softening point A/120	°C	ASTM D-648	55
Tensile Strength	MPa	ASTM D-638	85
Break Elongation %	Break	ASTM D-638	4.0
Bending Strength	MPa	ASTM D-790	85
Impact Strength	kJ/M <sup>2</sup>	ASTM D-256	55
Water Absorption Rate	%	ASTM D-570	<0.6
Printing Temperature	°C	DSC	200-220

Pencetakan menggunakan mesin inventor series dan mesin CR-10S. Mesin inventor series ini memiliki ukuran dimensi sebesar 230 x150 x 160 mm.



**Gambar 3. 5 Mesin Inventor Series**

Pencetakan lain yang digunakan adalah mesin CR-10S. Mesin ini memiliki ukuran dimensi sebesar 500 x 500 x 500 mm.



**Gambar 3. 6 Mesin CR-10S**

## BAB 4

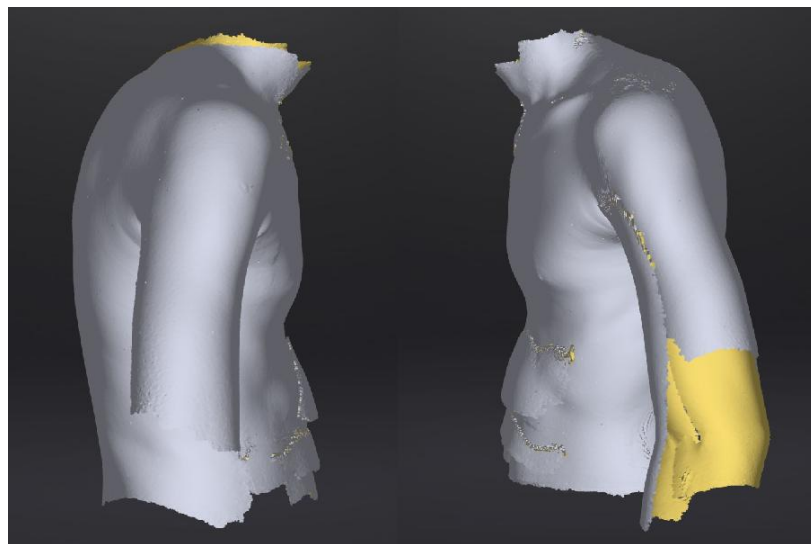
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Perancangan

Perancangan penelitian *brace* kifosis ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu 3D Scan, pemodelan CAD dengan *Software Autodesk Fusion 360*, pembuatan G-CODE dengan menggunakan *Flashprint 5* dan mesin print *Inventor Series*.

#### 4.2 Hasil 3D Scan

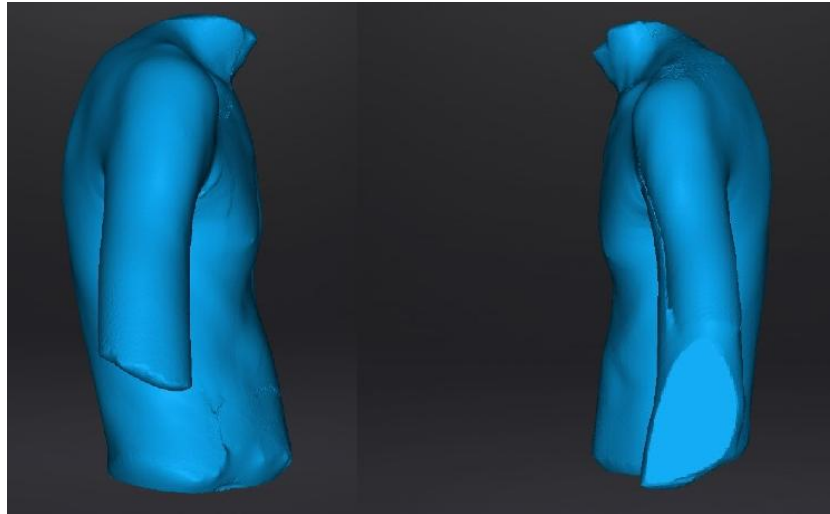
Hasil 3D scan didapatkan menggunakan badan peneliti sebagai rekayasa penderita kifosis ringan. Hal ini peneliti lakukan dikarenakan peneliti tidak memiliki pasien dengan jenis penyakit tersebut.



**Gambar 4. 1 Hasil Scan**

Hasil pada gambar diatas peneliti dapatkan dengan beberapa kali percobaan menggunakan 3D *Scanner* disertai beberapa kendala ketika proses scan sedang dilakukan. Kesalahan ini terjadi akibat beberapa faktor yaitu pergerakan objek, cahaya ruangan, dan posisi *Scanner* yang mempengaruhi model sehingga model yang didapatkan tidak sempurna. Tidak sempurna disini adalah model yang didapatkan masih memiliki beberapa bagian yang tidak terbaca dalam cakup besar akibat beberapa faktor tersebut.

Setelah mendapatkan hasil model badan yang dibutuhkan, peneliti melakukan tahap selanjutnya untuk memperbaiki model yang masih terlihat lobang-lobang.

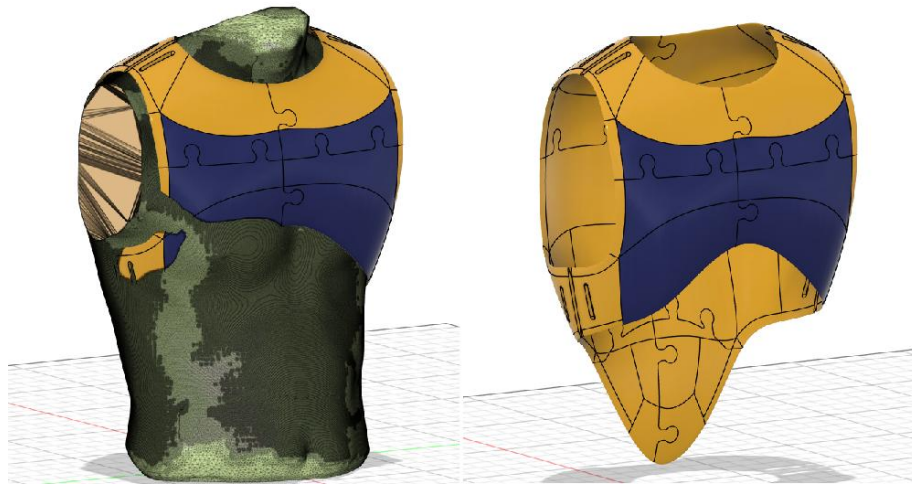


**Gambar 4. 2 Hasil Scan Setelah Watertight Model**

Gambar diatas merupakan hasil tahap perbaikan yang dilakukan oleh peneliti tahap ini adalah *watertight model*. Ketika *Software* melaksanakan tahap *watertight model* maka *Software* akan melakukan triangulasi menggunakan algoritme tertentu yang berdasarkan cloud point yang dipindai untuk meningkatkan detail model. Algoritme ini mampu memprediksi dan mengisi lubang besar berdasarkan data di sekitarnya.

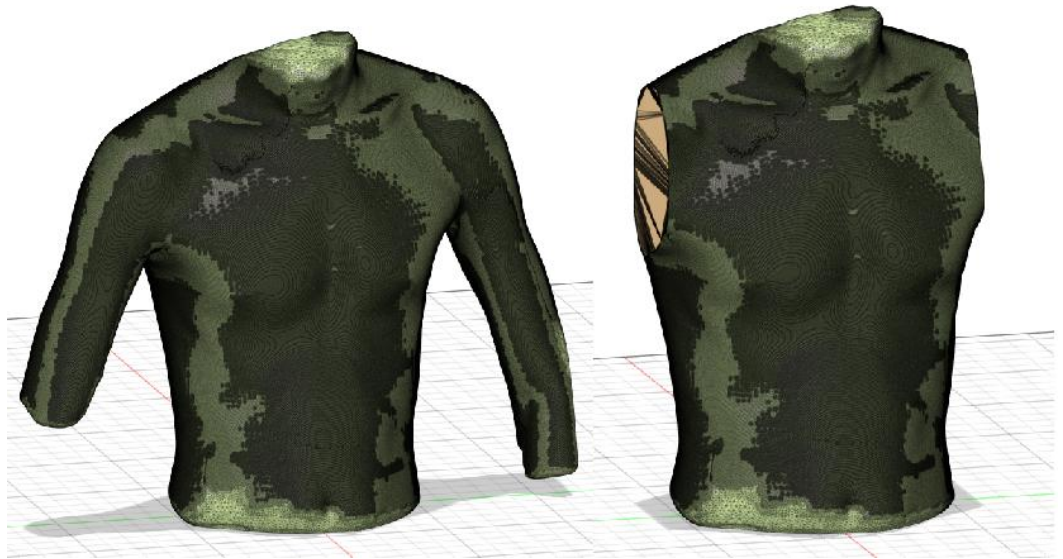
### 4.3 Hasil Pemodelan CAD

Hasil pemodelan CAD didapatkan dengan memasukkan model STL hasil scan sebagai acuan pembuatan model *brace*. Gambar dibawah merupakan hasil desain pada *Software Autodesk Fusion 360*. Pemodelan ini didapatkan dengan beberapa langkah yaitu pembuatan *surface*, pembuatan *brace*, pembuatan mekanisme pengunci *brace* dan pola pengunci *puzzle*. Proses yang dilakukan tidak lepas dari beberapa kendala seperti proses pengerjaan maupun waktu pengerjaan.



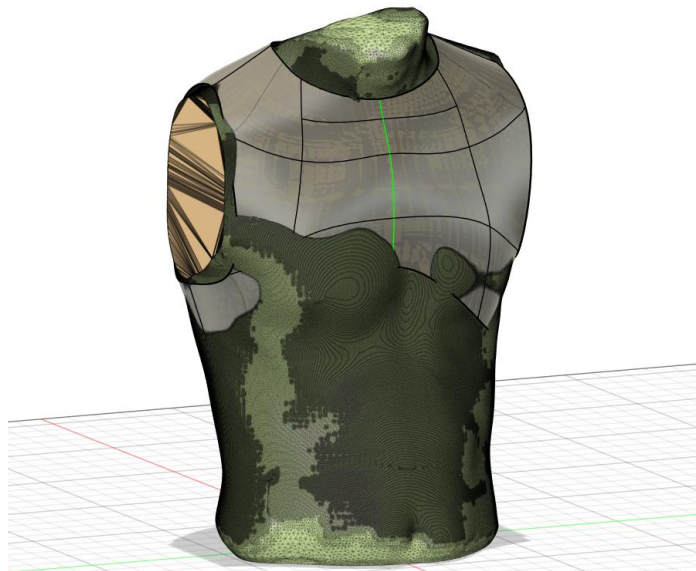
Gambar 4. 3 Hasil Desain *Brace*

Proses awal pembuatan *brace* dilakukan dengan memasukkan hasil konversi STL 3D scan melalui *insert mesh*. Dilanjutkan dengan melakukan *remeshing* dengan tujuan untuk membagi model tubuh dan mengurangi beban pada komputer. Hal ini didapatkan dengan menggunakan *mesh plane cut* untuk memotong model mesh hasil import.



**Gambar 4. 4 Model Tubuh Sebelum dan Sesudah *Remeshing***

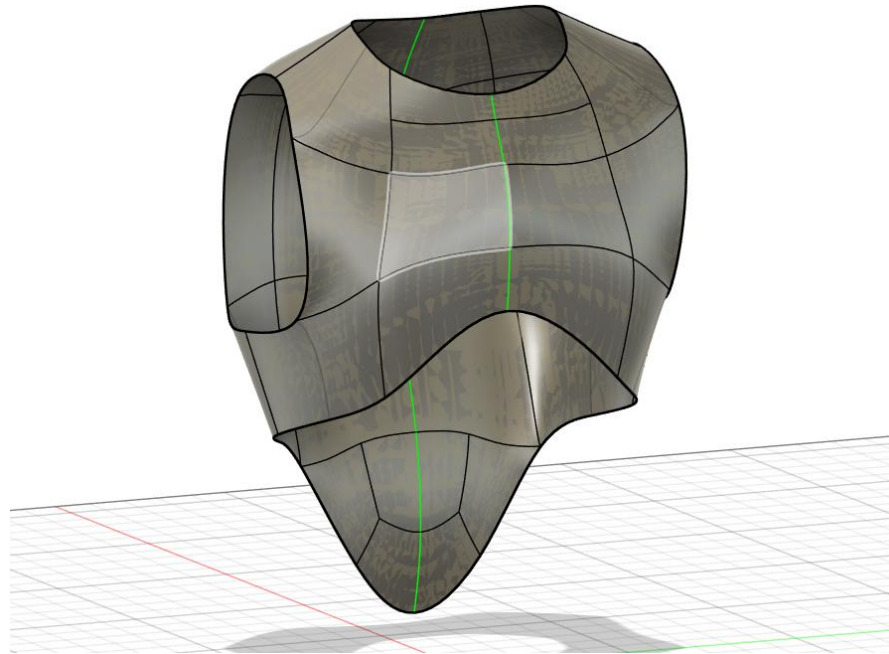
Kemudian tahap selanjutnya adalah pembuatan *surface* dengan menggunakan *Create form*. *Create form* merupakan salah satu fitur keunggulan pada *Software Autodesk Fusion 360* yang berguna untuk membentuk *surface* yang dapat mengikuti hasil 3D *scan* atau objek lain yang telah dibuat. Berikut adalah hasil bentuk *surface* yang didesain untuk memperbaiki tulang belakang tubuh :



**Gambar 4. 5 Pembuatan *Surface Form***

Dari hasil gambar diatas terlihat tidak semua bagian menyentuh permukaan tubuh. Hal ini dikarenakan tujuan *brace* untuk mengkoreksi bagian tubuh. Bentuk dasar tersebut didapatkan dengan menggunakan satu sisi bagian tubuh. Sehingga peneliti menggunakan fitur *symmetry* dengan tujuan mencegah terjadinya

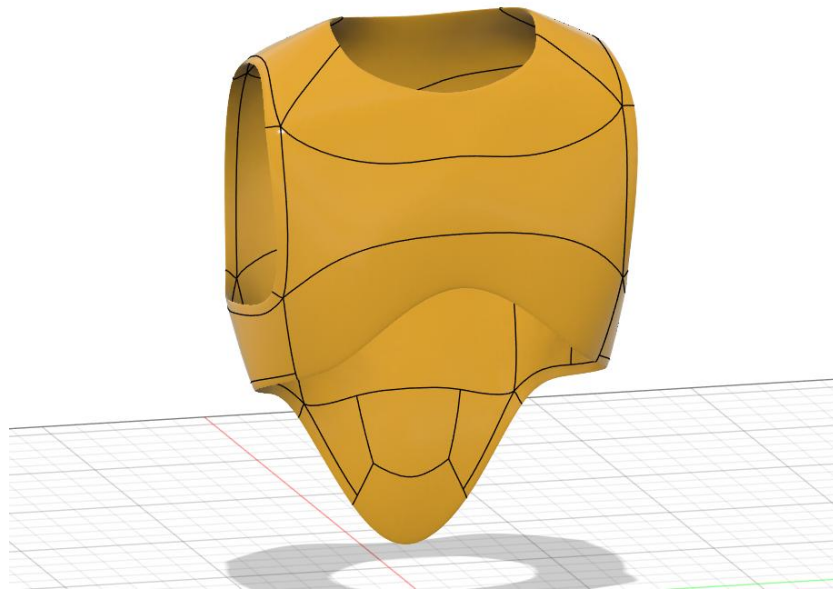
deformasi yang tidak diinginkan akibat perbedaan ukuran atau bentuk pada sisi kanan ataupun sisi kiri pada desain. Fitur *Symmetry* berfungsi untuk membuat garis yang dapat mencerminkan hasil yang geometri dari sisi lain garis *symmetry*. Kemudian proses dilanjutkan dengan menggunakan fitur lain pada *Software* sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut :



**Gambar 4. 6 Desain *Surface Brace***

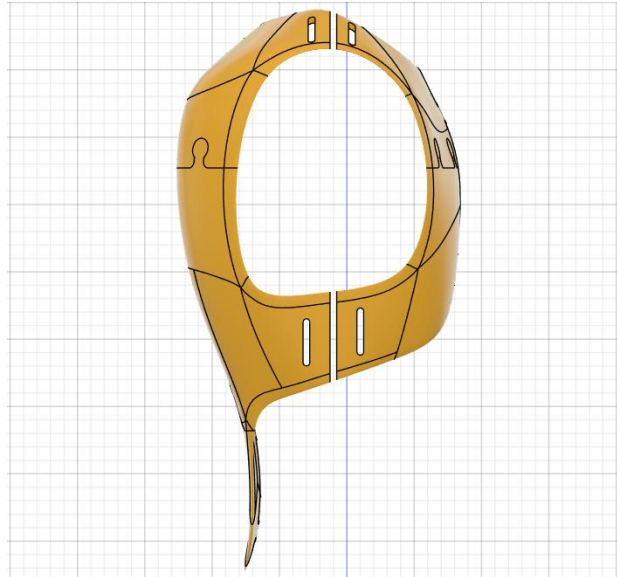
Gambar diatas didapatkan dengan menggunakan fitur pada *Software* yaitu *modify edit form*, *modify subdivide*, *modify merge edge*, dan *symmetry*. *Modify edit form* berfungsi sebagai pembentukan atau edit permukaan yang dipilih. *Modify subdivide* berfungsi untuk membagi permukaan yang dipilih. *Modify merge edge* berfungsi untuk menggabungkan beberapa permukaan yang dipilih menjadi 1 permukaan.

Setelah *surface* membentuk *brace* yang diinginkan maka proses selanjutnya adalah *solidify*. Dimana proses ini digunakannya *tool Modify Thicken* yang berfungsi untuk menebalkan permukaan yang terpilih. Sehingga mendapatkan hasil seperti gambar dibawah ini.



**Gambar 4. 7 Hasil Desain *Brace***

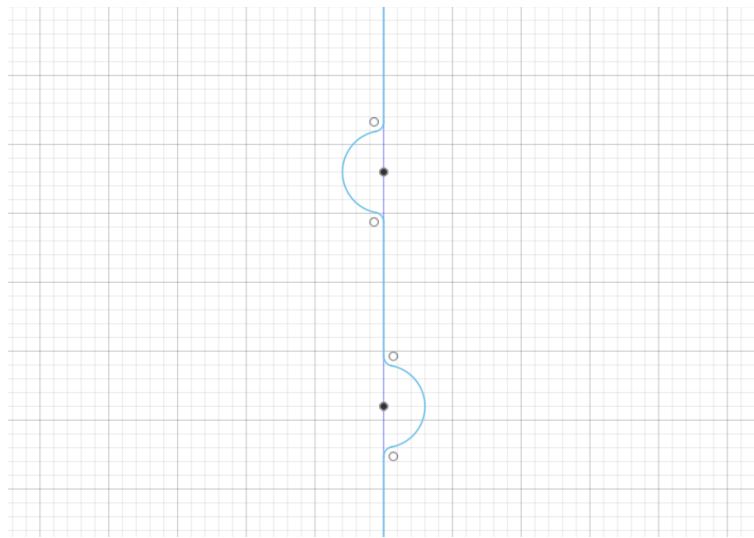
Kemudian peneliti melanjutkan tahap pembuatan mekanisme Pengunci *puzzle*. Pada tahap ini peneliti membagi *brace* menjadi 2 bagian dengan tujuan untuk mempermudah pemakaian *brace* ketika digunakan pengguna. Untuk itu, pengunci dibuat pada sisi atas dan bagian bawah seperti pada gambar dibawah ini.



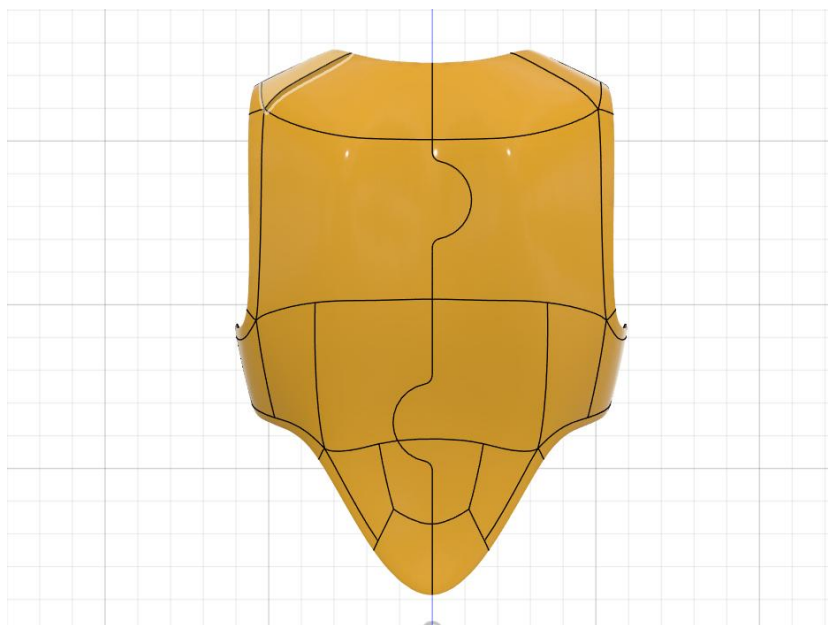
**Gambar 4. 8 Fitur pengunci *Brace***

Gambar diatas dibuat dengan fitur *extrude cut* yang menggunakan gambar sketsa yang telah dibuat untuk memotong bagian yang akan dipotong ataupun pembuatan lobang. Tujuan penggunaan lobang adalah sebagai fitur pengunci *brace*

dengan menggunakan pita pengikat. Tahap selanjutnya adalah pembuatan pengunci *puzzle* dengan bentuk sketsa seperti gambar dibawah ini.



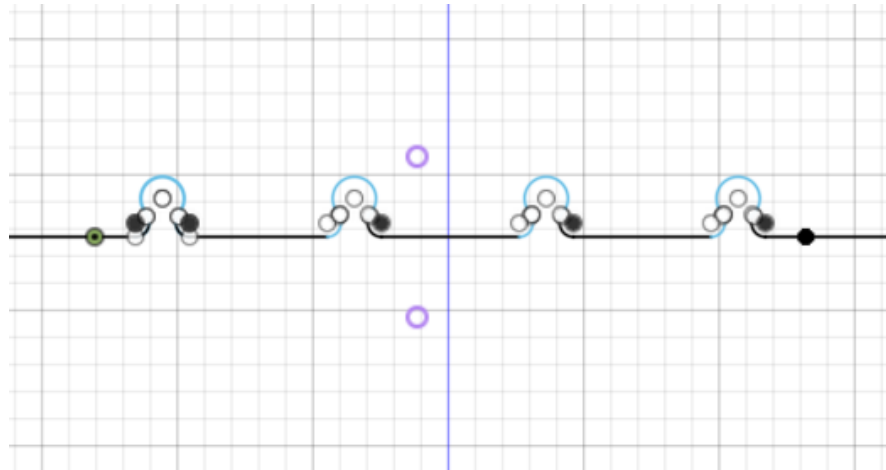
**Gambar 4. 9 Sketsa Desain Pola 1**



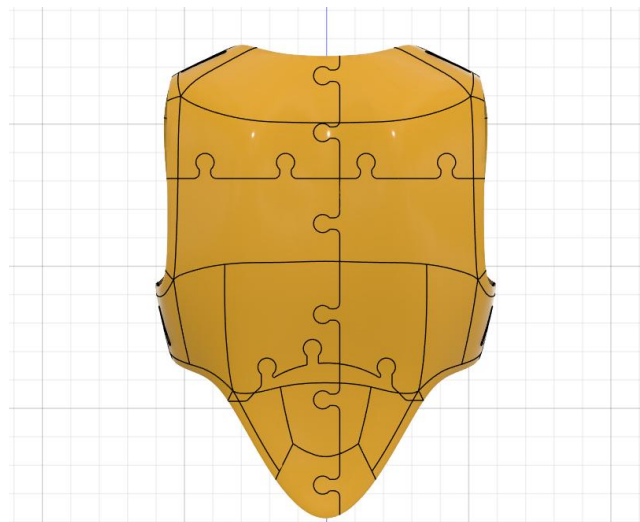
**Gambar 4. 10 Desain Pola 1**

Gambar 4.9 dan 4.10 merupakan hasil pola 1 puzzle yang diterapkan dengan fitur *modify split body* yang berfungsi untuk memotong bagian *brace* yang menyesuaikan pola sketsa yang dibuat sebagai bentuk pemotongan pada desain.

Namun setelah dilakukan proses pencetakan dengan mesin CR-10S hasil yang didapatkan adalah pola 1 tidak dapat melakukan penguncian antara sisi 1 dengan yang lainnya. Sehingga dibuat pola 2 seperti gambar berikut ini.



**Gambar 4. 11 Sketsa Desain Pola 2**



**Gambar 4. 12 Desain Pola 2**

Gambar 4.11 dan 4.12 merupakan pola 2 yang diterapkan pada desain dengan penerapan fitur yang sama seperti pola 1. Hasil yang didapatkan setelah proses pencetakan dengan mesin invetor series adalah pola 2 dapat mengunci bagian *brace* yang telah dipotong.

#### 4.4 Hasil 3D Print

Hasil 3D Print yang didapatkan dengan menggunakan 2 desain pola dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



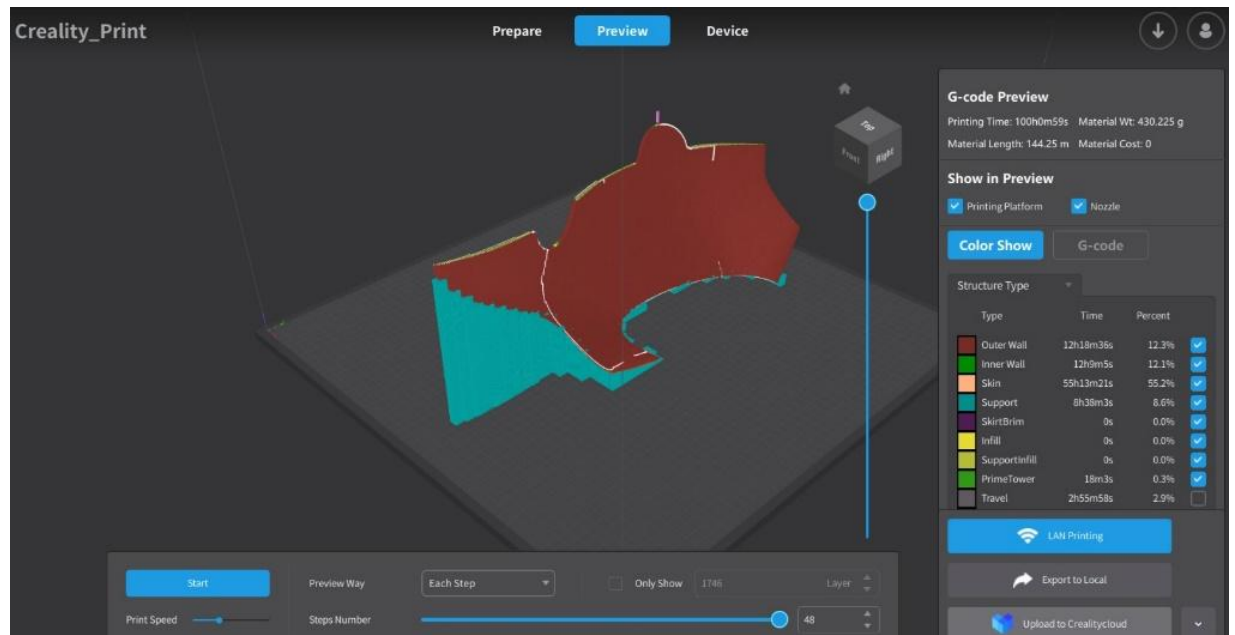
Gambar 4. 13 Hasil Cetak Desain Pola 1



Gambar 4. 14 Hasil Cetak Desain Pola 2

Hasil gambar 4.13 dan 4.14 didapatkan dengan menggunakan G-CODE yang telah didapatkan melalui *Software Flashprint 5* dan *Creativity Print*. Kriteria simulasi yang digunakan adalah suhu temperature *nozzle* 205°C, *infill* 100%, dan filament PLA+. Kemudian G-CODE digunakan untuk melakukan pencetakan pada mesin.

Untuk desain pola 1 telah dicetak dengan menggunakan mesin CR-10S, dimana mesin ini menggunakan *Software Creality Print* sebagai tempat untuk mendapatkan G-CODE yang disimulasikan pada gambar dibawah.



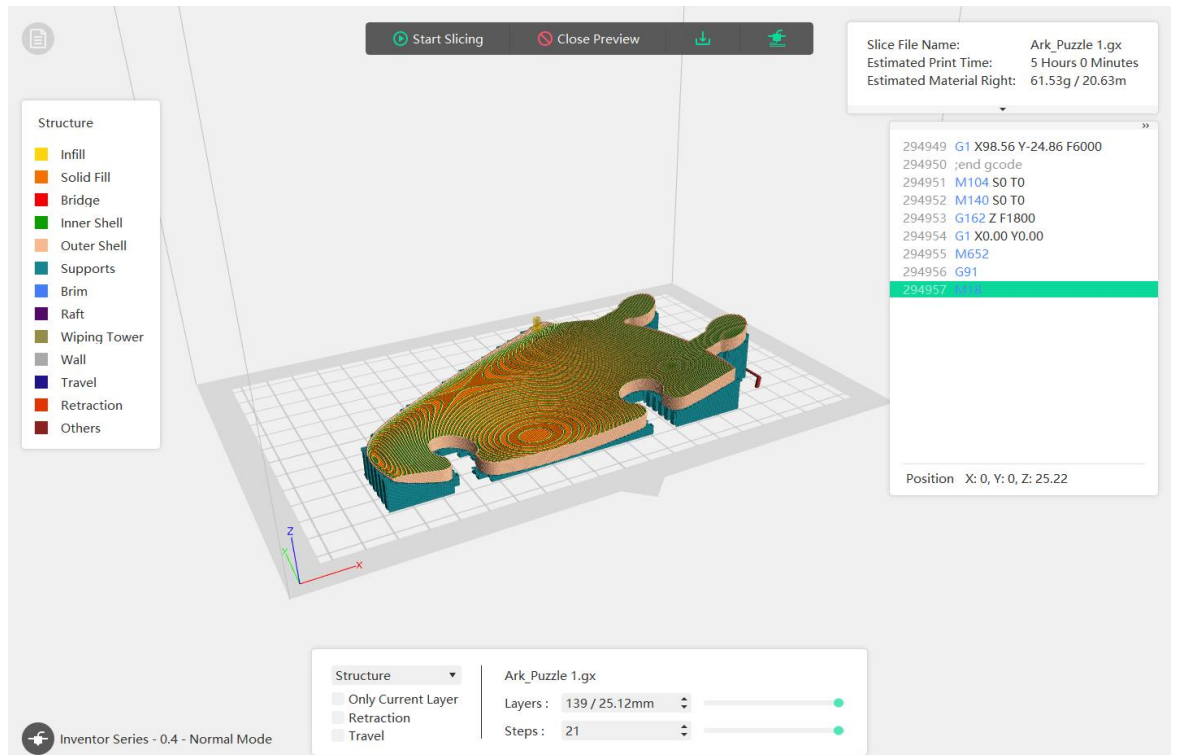
Gambar 4. 15 Simulasi Desain Pola 1

Dari simulasi gambar diatas didapatkan estimasi pembuatan sekitar 100 jam atau 4 hari 4 jam. Namun pada saat peneliti melakukan pencetakan, sering terjadi kendala pada mesin CR-10S.

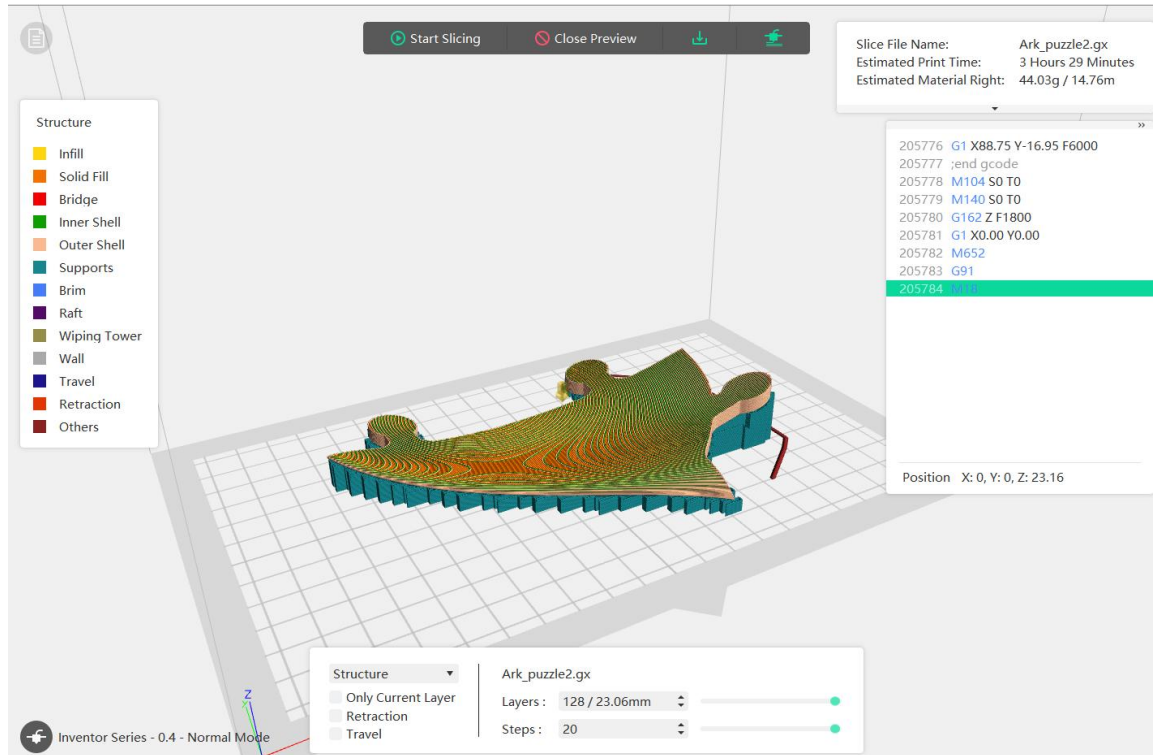
Kendala diantaranya adalah *leveling bed* dimana saat mesin melakukan pencetakan getaran yang dilakukan oleh mesin sangat kencang sehingga pengunci untung mengatur *level bed* sering terlepas. Hal tersebut juga terjadi akibat meja yang tidak stabil, sehingga peneliti memindahkannya pada meja yang lebih stabil. Namun pemindahan tersebut tetap tidak ada perubahan signifikan.

Kemudian kabel pada mesin terputus akibat gerakan horizontal pada *bed*. Hal ini terjadi karena kabel manajemen pada mesin yang kurang bagus dan kabel yang sudah berada pada hasil sambungan sebelum peneliti gunakan. Sehingga hasil pencetakan masih kurang dalam beberapa segi aspek seperti pada gambar 4.13.

Untuk mengatasi kendala desain pola 1, peneliti menggunakan desain pola 2 dimana desain ini telah dicetak dengan menggunakan mesin Inventor Series. Kemudian G-CODE didapatkan dengan *Software Creality Print* yang dapat dilihat pada gambar dibawah.



**Gambar 4. 16 Simulasi Desain Pola 2 Bagian 1**



**Gambar 4. 17 Simulasi Desain Pola 2 Bagian 2**

Dari gambar simulasi gambar 4.11 dan 4.12 didapatkan estimasi pembuatan pada bagian 1 sekitar 5 jam dan bagian 2 dengan estimasi pembuatan 3jam 29 menit.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Telah berhasil dirancang desain *brace* kifosis dengan beberapa alat bantu *Software (EXscan Pro, Autodesk Fusion 360, Flashprint 5)*
2. Pembuatan *brace* kifosis dapat dibuat dengan keunggulan proses yang mudah dimanipulasi sesuai yang diperlukan.

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

1. Bekerja dengan dokter serta pasien penderita untuk mendapatkan model desain *brace* yang dapat mengkoreksi postur tubuh penderita kifosis.
2. Menggunakan mesin *3D printer* dengan ukuran yang besar agar dapat mengurangi pembagian pada desain dan dapat mencetak *brace* secara keseluruhan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Permata Sari, W. Hasmar, P. Studi DIII Fisioterapi, dan Stik. Baiturrahim Jambi, “Edukasi Postur Tubuh yang Benar pada Kasus Kifosis terhadap Siswa SMP Nurul Ilmi Jambi”.
- [2] Hartanto, “Pengaruh Postur Duduk Membungkuk dalam Menimbulkan Kifosis Postural,” *Jurnal Kedokteran Meditek*, vol. 28, no. 2, hlm. 207–214, Mei 2022, doi: 10.36452/jkdoktmeditek.v28i2.2331.
- [3] A. Zećirović, B. Bjelica, L. Pajović, dan N. Aksović, “Postural Status And Kyphosis In School-Age Children,” *International Journal of Academic Health and Medical Research*, [Daring]. Tersedia pada: [www.ijeais.org/ijahmr](http://www.ijeais.org/ijahmr)
- [4] O. Yaman dan S. Dalbayrak, “Kyphosis and review of the literature,” 2014, *Turkish Neurosurgical Society*. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.8940-13.0.
- [5] P. Kale, A. Dhawas, S. Kale, A. Tayade, dan S. Thakre, “Congenital kyphosis in thoracic spine secondary to absence of two thoracic vertebral bodies,” *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, vol. 9, no. 1, hlm. TD03–TD04, Jan 2015, doi: 10.7860/JCDR/2015/11275.5431.
- [6] H. R. Weiss, D. Turnbull, dan S. Bohr, “Brace treatment for patients with *Scheuermann’s* disease - A review of the literature and first experiences with a new brace design,” 29 September 2009. doi: 10.1186/1748-7161-4-22.
- [7] J. C. Bernard, C. Lecante, J. Deceuninck, G. Notin, L. Journoud, dan F. Barral, “The carbon brace,” *Scoliosis*, vol. 8, no. 1, Feb 2013, doi: 10.1186/1748-7161-8-3.
- [8] H.-R. Weiss, “Brace Treatment Can Improve Thoracic Kyphosis During Growth: A Case Report,” *The Open Access Journal of Science and Technology*, vol. 1, 2013, doi: 10.11131/2013/100006.
- [9] F. Azadinia, M. Kamyab, H. Behtash, N. Maroufi, dan B. Larijani, “The effects of two spinal orthoses on balance in elderly people with thoracic kyphosis,” *Prosthet Orthot Int*, vol. 37, no. 5, hlm. 404–410, Okt 2013, doi: 10.1177/0309364612474487.

- [10] T. Babae, M. Kamyab, A. Ahmadi, M. A. Sanjari, dan M. S. Ganjavian, "Measurement of Milwaukee brace pad pressure in adolescent round back deformity treatment," *Asian Spine J*, vol. 11, no. 4, hlm. 627–633, Agu 2017, doi: 10.4184/asj.2017.11.4.627.
- [11] P. Sharifi, M. Kamyab, T. Babae, dan M. S. Ganjavian, "Objective monitoring of brace wearing time in adolescents with *Scheuermanns* kyphosis," *Asian Spine J*, vol. 13, no. 6, hlm. 942–948, 2019, doi: 10.31616/asj.2019.0008.
- [12] A. Piazzolla *dkk.*, "Maria Adelaide brace in the management of *Scheuermann's* Kyphosis," *Spine Deform*, vol. 9, no. 2, hlm. 549–557, Mar 2021, doi: 10.1007/s43390-020-00225-y.
- [13] F. Negrini *dkk.*, "The New Modular Sforzesco Brace (Modular Italian Brace) Is as Effective as the Classical One: A Retrospective Controlled Study from a Prospective Cohort," *J Clin Med*, vol. 13, no. 7, Apr 2024, doi: 10.3390/jcm13072075.
- [14] I. Rossetos *dkk.*, "Numerical Modeling and Nonlinear Finite Element Analysis of Conventional and 3D-Printed Spinal Braces," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14, no. 5, Mar 2024, doi: 10.3390/app14051735.
- [15] E. Bednarczyk, S. Sikora, A. Kossobudzka-Górska, K. Jankowski, dan Y. Hernandez-Rodriguez, "Understanding flat feet: An in-depth analysis of orthotic solutions," *Journal of Orthopaedic Reports*, vol. 3, no. 1, hlm. 100250, Mar 2024, doi: 10.1016/j.jorep.2023.100250.
- [16] F. Lamablawa<sup>1</sup>, S. Aritonang<sup>2</sup>, J. Teknologi, D. Gerak, dan S. Artikel, "Journal of Mechanical Engineering a LITERATURE REVIEW : JENIS KENDARAAN TEMPUR PRODUK REKAYASA BALIK YANG TERDAPAT DI INDONESIA I N F O ARTIKEL," 2023.
- [17] K. V. Wong dan A. Hernandez, "A Review of Additive Manufacturing," *ISRN Mechanical Engineering*, vol. 2012, hlm. 1–10, Agu 2012, doi: 10.5402/2012/208760.
- [18] O. Abdulhameed, A. Al-Ahmari, W. Ameen, dan S. H. Mian, "Additive manufacturing: Challenges, trends, and applications," *Advances in*

*Mechanical Engineering*, vol. 11, no. 2, Feb 2019, doi: 10.1177/1687814018822880.

- [19] F. K. Ghadeer, L. E. Alwan, dan A. K. J. Al-Azzawi, “Crystallization firing effect on the marginal discrepancy of the IPS. emax CAD crowns using two different CAD/CAM systems,” *Journal of Baghdad College of Dentistry*, vol. 35, no. 1, hlm. 49–57, Mar 2023, doi: 10.26477/jbcd.v35i1.3316.
- [20] P. P. Song, Y. M. Qi, dan D. C. Cai, “Research and Application of Autodesk Fusion360 in Industrial Design,” dalam *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Mei 2018. doi: 10.1088/1757-899X/359/1/012037.
- [21] “SHINING 3D-EinScan Pro 2X series-EXScan Pro 3.3.0.0-User Manual-USER MANUAL EinScan Pro 2X / 2X Plus / EP EXScan Pro Software V3.3,” 2019.

# Lampiran 1 Pengaturan 3D Print

Slice

Printer	Machine Type	Inventor Series
General	Nozzle Size	0.4 mm
Shells	Material Right	Flashforge-PLA 1.75mm
Infill	Material Left	Flashforge-PLA 1.75mm
Supports	Slice Profile	Standard
Raft	Right Extruder Temperature	200°C
Additions	Left Extruder Temperature	205°C
Cooling	Platform Temperature	50°C
Advanced	Temperature Control List	<input checked="" type="checkbox"/>
Others	Control Module	Right Extruder

+ -

Start Layer End Layer Temperature

Slice

Printer	Layer Height	Layer Height Mode	Fixed Layer Height
General	Layer Height	Layer Height	0,18mm
Shells	First Layer Height	First Layer Height	0,27mm
Infill	Speed	Base Print Speed	60mm/s
Supports	Travel Speed	Travel Speed	80mm/s
Raft	Minimum Speed	Minimum Speed	5mm/s
Additions	First Layer Maximum Speed	First Layer Maximum Speed	10mm/s
Cooling	First Layer Maximum Travel Speed	First Layer Maximum Travel Speed	70mm/s
Advanced	Slow Down First Few Layers	Slow Down First Few Layers	0
Others	First Few Layers Max Speed	First Few Layers Max Speed	30mm/s
	Slow Down For Overhangs	Enable "Slow Down For Overhangs"	Yes
	Maximum Speed When Overhang >75%	Maximum Speed When Overhang >75%	50mm/s
	Maximum Speed When	Maximum Speed When	...

Slice

Printer	Slow Down For Overhangs	
General	Enable "Slow Down For Overhangs"	Yes
Shells	Maximum Speed When Overhang >75%	50mm/s
Infill	Maximum Speed When Overhang >50%	80mm/s
Supports	Maximum Speed When Overhang >25%	100mm/s
Raft	Maximum Speed When Overhang >10%	100mm/s
Additions	Maximum Speed When Enable Overhang Infill	100mm/s
Cooling	Retraction	
Advanced	Right Extruder Length	1,3mm
Others	Right Retract Speed	30mm/s
	Right Extrude Speed	30mm/s
	Right Extra Restart Length	0,0mm
	Left Extruder Length	1,3mm
	Left Retract Speed	30mm/s
	Left Extrude Speed	30mm/s

Slice

Printer	Right Extrude Speed	30mm/s
General	Right Extra Restart Length	0,0mm
Shells	Left Extruder Length	1,3mm
Infill	Left Retract Speed	30mm/s
Supports	Left Extrude Speed	30mm/s
Raft	Left Extra Restart Length	0,0mm
Additions	Retraction While Switch Extruder	
Cooling	Right Extruder Length	1,3mm
Advanced	Right Retract Speed	30mm/s
Others	Right Extrude Speed	30mm/s
	Right Extra Restart Length	0,0mm
	Left Extruder Length	1,3mm
	Left Retract Speed	30mm/s
	Left Extrude Speed	30mm/s
	Left Extra Restart Length	0,0mm

Slice

Printer	Thickness	
General	Shell Count	2
Shells	Shell Thickness	0,80mm
Infill	Overlap Perimeter	30%
Supports	Speed	
Raft	Exterior Speed	50%
Additions	Exterior Maximum Speed	40mm/s
Cooling	Visible Interior Speed	70%
Advanced	Visible Interior Max Speed	200mm/s
Others	Invisible Interior Speed	100%
	Invisible Interior Max Speed	200mm/s
	Shell Print Order	anti-overrush deceleration
	Start Points	
	Mode	closest to specific location
	Right Extruder X	-10000,0mm
	Right Extruder Y	-100,0mm

Slice

Printer	Exterior Maximum Speed	40mm/s
General	Visible Interior Speed	70%
Shells	Visible Interior Max Speed	200mm/s
Infill	Invisible Interior Speed	100%
Supports	Invisible Interior Max Speed	200mm/s
Raft	Shell Print Order	anti-overrush deceleration
Additions	Start Points	
Cooling	Mode	closest to specific location
Advanced	Right Extruder X	-10000,0mm
Others	Right Extruder Y	-100,0mm
	Left Extruder X	-10000,0mm
	Left Extruder Y	-100,0mm
	Permit optimize start points	Yes
	Start Point Acceleration	
	Enable Start Point Acceleration	Yes
	Start Point Acceleration Distance	50,0mm

**Slice**

- Printer
- General
- Shells
- Infill**
- Supports
- Raft
- Additions
- Cooling
- Advanced
- Others

**General**

Top Solid Layers: 3

Bottom Solid Layers: 3

Fill Density: 100%

Fill Pattern: Hexagon

Overlap Perimeter: 15%

Vase Mode: No

**Speed**

Solid Speed: 70%

First Top Solid Layer Speed: 70%

Sparse Speed: 100%

**Combine Infill**

Maximum Solid Combine: 1

Maximum Sparse Combine: 2

Combine Area Threshold: 150mm<sup>2</sup>

Strength Infill:

**Slice**

- Printer
- General
- Shells
- Infill**
- Supports
- Raft
- Additions
- Cooling
- Advanced
- Others

Sparse Speed: 100%

**Combine Infill**

Maximum Solid Combine: 1

Maximum Sparse Combine: 2

Combine Area Threshold: 150mm<sup>2</sup>

**Strength Infill**

Interval Layers: 0

Solid Layers: 1

Infill Density Control:

Start Layer	End Layer	Density

**Small Area Filling Reinforcement**

Enable Small Area Filling Reinforcement: No

Small Area Filling Reinforcement Threshold: 25mm<sup>2</sup>

Small Area Filling Reinforcement Width: 0mm

Small Area Filling Reinforcement Density: 50%

◆ Slice

Printer	Supports Type	Linear
General	Speed	100%
Shells	Maximum shell speed above the support	50mm/s
Infill	Maximum infill speed above the support	50mm/s
Supports	Space to Model (X/Y)	0,35mm
Raft	Space to Model (Z)	0,20mm
Additions	Space to Raft (Z)	0,15mm
Cooling	Path Shape	Polyline
Advanced	Path Space	2,0mm
Others	Support Thickness	55%
	Top Solid Layers	0
	Path Angle	45°
	Top Solid Density	100%
	Horizontal Expansion	0,0mm
	Print Outline	No

◆ Slice

Printer	Maximum shell speed above the support	50mm/s
General	Maximum infill speed above the support	50mm/s
Shells	Space to Model (X/Y)	0,35mm
Infill	Space to Model (Z)	0,20mm
Supports	Space to Raft (Z)	0,15mm
Raft	Path Shape	Polyline
Additions	Path Space	2,0mm
Cooling	Support Thickness	55%
Advanced	Top Solid Layers	0
Others	Path Angle	45°
	Top Solid Density	100%
	Horizontal Expansion	0,0mm
	Print Outline	No
	Raft Layers	0
	Raft Density	100%

Slice

Printer	General	Enable Raft	No
General		Select Extruder	Automatch
Shells		Margin	5,0mm
Infill		Space to Model (Z)	0,20mm
Supports		Above Raft Extrusion Ratio	60%
<b>Raft</b>		Above Raft Maximum Speed	15mm/s
Additions	Bottom Layer	Layer Height	0,40mm
Cooling		Path Width	2,0mm
Advanced		Fill Density	50%
Others		Speed	10mm/s
	Middle Layers	Layer Height	0,20mm
		Layers	1
		Path Width	0,4mm

Slice

Printer	Layer Height	0,40mm	
General	Path Width	2,0mm	
Shells	Fill Density	50%	
Infill	Speed	10mm/s	
Supports	Middle Layers	Layer Height	0,20mm
<b>Raft</b>		Layers	1
Additions		Path Width	0,4mm
Cooling		Fill Density	30%
Advanced		Speed	60mm/s
Others	Top Layers	Layer Height	0,20mm
		Layers	2
		Path Width	0,4mm
		Speed	60mm/s
		Angle Between Model	90°

◆ Slice

Printer	Pre-extrusion	
General	Enable Pre-extrusion	Yes
Shells	Margin	5,0mm
Infill	Path Length	120mm
Supports	Speed	20mm/s
Raft	Wall	
Additions	Enable Wall	No
Cooling	Shell Count	2
Advanced	Margin	2,5mm
Others	Speed	60mm/s
	Generate Wall inside holes	Yes
	Brim	
	Enable Brim	Disable
	Select Extruder	Automatch
	Margin	5,0mm
	The desired gap between object	0,1mm

◆ Slice

Printer	Wall	
General	Enable Wall	No
Shells	Shell Count	2
Infill	Margin	2,5mm
Supports	Speed	60mm/s
Raft	Generate Wall inside holes	Yes
Additions	Brim	
Cooling	Enable Brim	Disable
Advanced	Select Extruder	Automatch
Others	Margin	5,0mm
	The desired gap between object	0,1mm
	Brim Layers	1
	Speed	60mm/s
	Generate Brim inside holes	Yes
	Wiping Tower	
	Speed	60mm/s

Slice

- Printer
- General
- Shells
- Infill
- Supports
- Raft
- Additions
- Cooling
- Advanced
- Others

Decelerate/Delay For Filament Cooling

Deceleration Area Threshold	50mm <sup>2</sup>
Delay Area Threshold	0mm <sup>2</sup>
Maximum Delay Time	1,5s
Cooling Fan Control	ON (when first layer printed)

Slice

- Printer
- General
- Shells
- Infill
- Supports
- Raft
- Additions
- Cooling
- Advanced
- Others

Bridge

Enable Bridge	Yes
Bridge Area Threshold	15mm <sup>2</sup>
Speed	80%

Extrusion Ratio

Extrusion Ratio	109%
First Layer Extrusion Ratio	109%

Path

Path Width	0,40mm
Path Precision	0,10mm

Ironing

Enable Ironing	No
----------------	----

Fuzzy Skin

Enable Fuzzy Skin	No
Fuzzy Skin Outside Only	No
Fuzzy Skin Thickness	0,30mm
Fuzzy Skin Point Dist	0.80mm

Slice

Printer	Bridge Area Threshold	15mm <sup>2</sup>
General	Speed	80%
Shells	Extrusion Ratio	
Infill	Extrusion Ratio	109%
Supports	First Layer Extrusion Ratio	109%
Raft	Path	
Additions	Path Width	0,40mm
Cooling	Path Precision	0,10mm
Advanced	Ironing	
Others	Enable Ironing	No
	Fuzzy Skin	
	Enable Fuzzy Skin	No
	Fuzzy Skin Outside Only	No
	Fuzzy Skin Thickness	0,30mm
	Fuzzy Skin Point Dist	0,80mm
	Maximum Flow Rate	20mm <sup>3</sup> /s

Slice

Printer	Material Shrinkage Compensation	
General	X Compensation	0,00%
Shells	Y Compensation	0,00%
Infill	Z Compensation	0,00%
Supports	Dimensional Adjustments	
Raft	Enable Adjustments	No
Additions	External Compensation	0,00mm
Cooling	Internal Compensation	0,00mm
Advanced	Z Offset	0,00mm
Others	Z Hop	
	Z Hop Mode	Always Disable
	Z Hop Height	0,20mm
	Z Hop Minimum Distance	1,00mm
	Pause At Layers	
	Pause Layers	+ -
	Sequential Printing	
	Enable Sequential Printing	No

Slice

Printer	External Compensation	0,00mm
General	Internal Compensation	0,00mm
Shells	Z Offset	0,00mm
Infill	Z Hop	
Supports	Z Hop Mode	Always Disable
Raft	Z Hop Height	0,20mm
Additions	Z Hop Minimum Distance	1,00mm
Cooling	Pause At Layers	
Advanced	Pause Layers	+
Others	Sequential Printing	
	Enable Sequential Printing	No
	Right Nozzle Margin X	84,90mm
	Right Nozzle Margin Y	52,48mm
	Left Nozzle Margin X	71,50mm
	Left Nozzle Margin Y	52,48mm
	Gantry Height	11,17mm