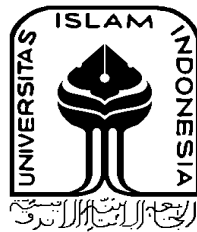


**PENERAPAN *REVERSE ENGINEERING* PADA PROSES
DESAIN *BRACE SKOLIOSIS***

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Naufal

No. Mahasiswa : 19525059

NIRM : 1906190044

**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 Naufal

19525059

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENERAPAN *REVERSE ENGINEERING* PADA PROSES
DESAIN *BRACE SKOLIOSIS***

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Naufal

No. Mahasiswa : 19525059

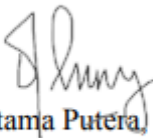
NIRM : 1906190044

Yogyakarta, _____ 2024

Pembimbing ,


Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Pembimbing II,


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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**PENERAPAN *REVERSE ENGINEERING* PADA PROSES
DESAIN BRACE SKOLIOSIS**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Naufal

No. Mahasiswa : 19525059

NIRM : 1906190044

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Ketua



Tanggal : 27/10/24

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

Anggota I



Tanggal : 29/10/24

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

Anggota II



Tanggal : 29/10/2024

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur , penulis mempersembahkan laporan tugas akhir ini kepada:

1. Papa mama yang saya sangat sayangi , saudara-saudara saya yang saya cintai, yang selalu mendukung dan mendoakan saya dalam segala urusan.
2. Dosen pembimbing tugas akhir saya bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. dan bapak Finny Pratama Putera, S.T. , M.Eng. yang selalu memberikan masukan, motivasi, saran dan ilmu yang bermanfaat bagi saya.
3. Dosen-dosen Teknik Mesin UII yang selalu mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat kepada saya.
4. Sahabat, teman satu Angkatan, maupun teman dari satu daerah yang telah senantiasa tidak bosan-bosan memberikan dukungan, dan semangat.

HALAMAN MOTTO

"Tuntutlah Ilmu Dari Buaiian Hingga Liang Lahat"

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil Alamin segala puji untuk Allah SWT yang telah banyak melimpahkan rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya. Shalawat serta salam juga tak lupa saya sanjungkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat islam dari zaman jahiliyah menuju ke zaman yang maju saat ini. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Keberhasilan dalam pelaksanaan sampai penyusunan Laporan Tugas Akhir tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya 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 memberi banyak ilmu dan arahan 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 Staf Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah berbagi ilmu dan bantuannya selama proses perkuliahan.
6. Teman, Sahabat, dan Kerabat yang menjadi tempat bertukar pikiran, pandangan dan pengalaman serta saling membantu dalam kebaikan.

ABSTRAK

Reversed Engineering (RE) atau rekayasa balik adalah proses untuk memahami cara kerja dan desain suatu objek tanpa mengetahui cara pembuatannya. Proses tersebut sering digunakan dalam berbagai bidang seperti teknologi, perangkat keras, dan perangkat lunak. Orthosis adalah suatu alat yang berfungsi untuk membantu atau mengoreksi penyakit yang diderita seperti scoliosis. Penderita skoliosis yang memiliki kurva 20° hingga 40° memerlukan orthosis berupa brace yang berfungsi untuk mempertahankan atau mengoreksi postur tubuh. RE *brace scoliosis* adalah suatu proses untuk memahami desain, fungsi, dan struktur suatu *brace scoliosis* yang digunakan untuk memperbaiki atau mengoreksi tulang belakang. Proses RE ini mencakup pengambilan data 3 dimensi dari tubuh pasien dan pembuatan desain *brace scoliosis*. Hasil dari penelitian ini merupakan desain *brace scoliosis* yang dapat di *3D print* dan juga dapat dimodifikasi lebih mudah.

Kata kunci : Reverse Engineering, Orthosis, Scoliosis, brace scoliosis, 3D print

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Orthosis	7
2.2.2 Reverse Engineering	7
2.2.3 Rapid Prototyping	8
2.2.4 CAD / CAM	8
2.2.5 Autodesk Fusion 360	8
2.2.6 3D Slicer	8
Bab 3 Metode Penelitian	9
3.1 Alur Penelitian	9
3.2 Peralatan dan Bahan	9
3.2.1 Peralatan	9
3.2.2 Bahan	10
3.3 Perancangan	10
3.3.1 Identifikasi Masalah	10
3.3.2 Kriteria Desain	10
3.3.3 Pengambilan Data	11
3.3.4 Pembuatan Desain	11
3.3.5 Pembuatan G-CODE	11
Bab 4 Hasil dan Pembahasan	13
4.1 Hasil Perancangan	13
4.1.1. Hasil pengolahan data	13
4.1.2. Hasil pemodelan desain	15
4.1.3. Hasil G-CODE	20
4.1.4. 3D Print	21
4.2 Analisis dan Pembahasan	23
Bab 5 Penutup	25
5.1 Kesimpulan	25
5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya	25

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Properti PLA+.....	12
------------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	9
Gambar 3.2 File pasien format .NRRD.....	11
Gambar 4.1 Gambar hasil Pengolahan data.....	13
Gambar 4.2 Gambar hasil Treshold.....	14
Gambar 4.3 Hasil Gambar hasil cut.....	14
Gambar 4.4 Hasil pemodelan.....	15
Gambar 4.5 Hasil pemodelan tampak depan.....	15
Gambar 4.6 Gambar badan pasien.....	16
Gambar 4.7 Bentuk dasar brace.....	17
Gambar 4.8 Hasil proses thickness.....	17
Gambar 4.9 Alternatif penguncian 1.....	18
Gambar 4.10 Alternatif penguncian 2.....	18
Gambar 4.11 Gambar pola 1.....	19
Gambar 4.12 Gambar pola 2.....	19
Gambar 4.13 Bagian 1.....	19
Gambar 4.14 Bagian 2.....	20
Gambar 4.15 Hasil simulasi dari aplikasi.....	21
Gambar 4.16 Hasil pencetakan 3 dimensi.....	21
Gambar 4.17 Tampilan layar mesin pencetakan.....	21
Gambar 4.18 Sampel.....	22
Gambar 4.19 Sampel gabung.....	22
Gambar 4.20 Gambar anatomi manusia.....	23
Gambar 4.21 Desain Face pada brace.....	23
Gambar 4.22 Face pada desain baru.....	24
Gambar 4.23 Face desain lama.....	24

DAFTAR NOTASI

RE	: <i>Reverse Engineering</i>
AM	: <i>Additive Manufacturing</i>
RP	: <i>Rapid Prototyping</i>
PLA+	: <i>Polyactic Acid</i>
3D	: 3 Dimensi
CAD	: <i>Computer Aided Design</i>
CAM	: <i>Computer Aided Manufacture</i>
AFO	: <i>Ankle Foot Orthoses</i>
FEM	: <i>Finite Element Modelling</i>
FEMA	: <i>Finite Element Modelling Approach</i>
CBA	: <i>Classification Based Approach</i>
TLSO	: <i>Thoracolumbosacral Orthosis</i>
AIS	: <i>Adolescent Idiopathic Scoliosis</i>
NRRD	: <i>Near Raster Raw Data</i>
STL	: <i>Standard Triangle Language</i>
MM	: Millimeter

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesehatan dapat digambarkan dengan kondisi fisik serta fungsi pikiran yang dapat bekerja dengan baik. Kesehatan merupakan hal yang penting dalam kelangsungan hidup manusia. Salah satu bagian tubuh yang paling penting adalah tulang belakang, dimana meliputi tulang leher (*cervical*), bagian tengah belakang (*thoracal*), dan bawah (*lumbal*). Jenis penyakit tulang belakang diantaranya skoliosis, lordosis, kifosis, osteoporosis. [2]

Skoliosis merupakan salah satu kelainan tulang belakang, dimana tulang membentuk huruf 'c' atau 's' dengan derajat kemiringan tertentu. Masih banyak masyarakat Indonesia yang belum mengetahui tentang informasi ini, sehingga seringkali skoliosis dianggap remeh. Penyebab skoliosis bermacam-macam dan salah satunya adalah kebiasaan sehari-hari yang salah, seperti postur saat tidur, duduk, berdiri dan berjalan. [1]

Keadaan tulang belakang yang terkena skoliosis bisa diperbaiki dengan cara penggunaan *orthosis* dan operasi. *Orthosis* menjadi pilihan bagi kebanyakan penderita skoliosis dibanding dengan operasi. Kelemahan *orthosis* sendiri adalah bentuknya yang terlalu *rigid* dan pemakaiannya yang merepotkan. [12]

Orthosis adalah alat yang dipasang diluar tubuh yang bertujuan untuk memperbaiki fungsi tubuh, seperti memperbaiki deformasi, melindungi bagian tubuh, mengurangi rasa sakit, dan membantu mobilitas gerak tubuh. *Brace* skoliosis adalah perangkat *orthosis* yang dirancang untuk membantu mengurangi progresivitas lengkungan tulang belakang pada individu yang menderita skoliosis.

Brace skoliosis biasanya digunakan pada anak-anak atau remaja yang masih dalam masa pertumbuhan, *brace* bertujuan untuk mengurangi atau menghentikan perkembangan lengkungan tulang belakang sehingga mengurangi kemungkinan memerlukan intervensi bedah dengan cara memberikan dukungan

dan tekanan pada area tulang belakang yang melengkung. Penggunaan brace skoliosis biasanya diawasi oleh dokter atau spesialis skoliosis dan dapat memerlukan penggunaan yang konsisten selama berjam-jam setiap hari.

Penting untuk dicatat bahwa efektivitas brace skoliosis dapat bervariasi tergantung pada sejumlah faktor, termasuk tingkat keparahan skoliosis dan kepatuhan pengguna dalam mengenakan brace secara teratur. Terapi fisik juga sering direkomendasikan sebagai bagian dari rencana perawatan skoliosis secara keseluruhan.

Pembuatan brace skoliosis menggunakan teknologi pencetakan *3D print* telah menjadi subjek penelitian dan pengembangan yang menarik dalam beberapa tahun terakhir. Metode ini memiliki potensi untuk menghasilkan brace yang lebih terjangkau, lebih cepat, dan lebih sesuai dengan anatomi individu dibandingkan dengan metode tradisional.

Reverse engineering adalah sebuah proses dalam bidang manufaktur yang bertujuan untuk memproduksi atau membuat ulang model yang sudah ada baik komponen, sub assembly, atau produk tanpa menggunakan data-data dokumen desain atau gambar kerja yang sudah ada. Dalam Tugas Akhir Ini, *Reverse engineering* dapat membantu dalam memahami desain yang sudah ada untuk meningkatkan inovasi produk yang akan dibuat. [3]

Dalam beberapa penelitian mengenai pembuatan brace skoliosis dengan cara *Reverse engineering* masih bisa diperbarui. Pada desain brace yang lama, memiliki jumlah *face* pada desain nya yang cukup banyak yang membuat desain tersebut sulit untuk dimodifikasi. Oleh karena itu , di dalam tugas Akhir ini akan mencoba membuat desain yang memiliki jumlah *face* yang lebih sedikit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, berikut adalah rumusan dalam penelitian ini :

1. Bagaimana cara mendesain brace skoliosis yang dapat mudah di edit *face* nya ?
2. Bagaimana cara mendapatkan jumlah *face* yang minimal pada desain *brace skoliosis* ?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut dibuat batasan masalah agar ruang lingkup pembahasan dalam penelitian menjadi jelas dan tidak meluas ke topik lain. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Filament yang digunakan *Polyactic Acid + (PLA+)*.
2. Pengambilan data pasien diambil dari Embodi3D.com dan diedit dengan *3D Slicer*.
3. Pembuatan desain *brace skoliosis* dengan *Autodesk Fusion 360*.
4. Mesin 3d printer yang digunakan adalah *Inventor Series*.
5. Tidak membahas lebih lanjut mengenai aspek medis lebih mendalam.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan rumusan yang sudah ada, Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

- Membuat brace skoliosis yang dapat mudah dilakukan perubahan pada *face* nya
- Melakukan *reverse engineering* terhadap desain brace skoliosis yang sudah pernah ada

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan tujuan penelitian dan latar belakang permasalahan, manfaat dari penelitian ini yaitu untuk meningkatkan penerapan *Reverse Engineering* dan *Rapid Prototyping* dalam bidang industri kesehatan serta menambah motivasi bagi penelitian selanjutnya terkait pembuatan brace skoliosis.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini diuraikan dalam lima bab yang berurutan agar pembahasannya mudah dipahami. Bab 1 berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian dan perancangan dilakukan, serta sistematika penulisan laporan akhir. Bab 2 berisi kajian pustaka dan teori-teori yang melandasi dan berhubungan dengan penelitian dan perancangan yang dilakukan. Bab 3 berisi alur penelitian dan perancangan, alat dan bahan yang digunakan serta tahapan-tahapan proses kerja. Bab 4 membahas mengenai hasil-hasil yang sudah diperoleh dari perancangan dan pembahasan dari hasil-hasil tersebut. Kesimpulan hasil penelitian dan perancangan serta saran untuk penelitian selanjutnya dijelaskan pada Bab 5.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penderita skoliosis dapat ditangani dengan penggunaan brace. Brace tersebut pada masa kini dapat dibuat dengan menggunakan mesin cetak 3 dimensi contohnya adalah penelitian pembuatan *Ankle Foot Orthoses (AFO)* dengan metode *additive manufacturing*. AFO adalah alat eksternal medis yang didesain untuk memperbaiki fungsi *gait* seorang individu. Penelitian tersebut bertujuan untuk membuktikan bahwa produksi alat medis seperti *orthosis* sekarang sudah dapat dilakukan lebih cepat dan efektif dengan menggunakan metode *additive manufacturing*. [7]

Beberapa tahun yang lalu terdapat penelitian merupakan sebuah percobaan untuk membuat, mendesain, dan menguji brace dengan menggunakan CAD, CAM, dan simulasi FEM (*Finite Element Model*). Hasilnya membuktikan bahwa metode pendekatan tersebut mampu untuk melakukan pengoreksian pada desain brace sebelum proses fabrikasi dilakukan. [9]

Penelitian mengenai perbandingan pengoreksian *in-brace* pada pasien menggunakan 2 metode yang berbeda. Yang pertama adalah *Classification Based Approach (CBA)*, sedangkan metode yang lain adalah *Finite Element Modeling Approach (FEMA)*.

Hasil dari penelitian tersebut adalah pengoreksian dari kedua metode tersebut memiliki sebuah perbedaan yang mana metode CBA memiliki nilai pengoreksian 66% dari nilai awalnya, sedangkan FEMA memiliki nilai pengoreksian 42% dari nilai awalnya. Berdasarkan pengoreksian *In-Brace* dan kepatuhan pasien Penelitian tersebut menyatakan brace metode CBA lebih bagus dibandingkan metode FEMA. [8]

Terdapat juga penelitian yang bertujuan untuk membandingkan keefektifan klinis dari *3D printed Brace* dengan *Thoracolumbosacral Orthoses (TLSO)* konvensional. Metode yang digunakan adalah 88 pasien penderita *Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS)* akan dibagi menjadi 2 grup yaitu grup

brace 3 dimensi dan grup TLSO konvensional. Kriteria pasien tersebut adalah seorang penderita AIS yang berumur 10-16 tahun , dengan *Cobb Angle* pada lekukan utama yaitu 20°-40°.[5]

Strategi untuk penanganan yang sukses terhadap penggunaan brace juga sudah pernah diteliti. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa pasien akan berhadapan dengan tantangan fisik maupun psikologis , sehingga keterlibat pasien dan keluarga pasien sangatlah penting terhadap perlakuan brace . Penelitian tersebut menjelaskan bahwa komunikasi antara pasien , keluarga pasien , dan tim *orthosis* sangat penting untuk memastikan kesuksesan jangka panjang. [11]

Ada juga Penelitian yang bertujuan untuk membandingkan 2 jenis brace yaitu *cheneau brace* dan *boston brace* dalam menangani skoliosis. Penelitian tersebut menggunakan metode dengan cara membagi 51 pasien menjadi 2 grup yaitu yang menggunakan *cheneau brace* dan yang menggunakan *Boston Brace*. Hasil dari penelitian tersebut adalah tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap pengoreksian yang didapatkan dari kedua brace tersebut. [6]

Penelitian yang bertujuan untuk mengevaluasi brace yang dicetak 3 dimensi juga sudah ada. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengevaluasi kemanjuran dari *3D printed brace* terhadap *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS) dan membandingkan tingkat kepuasan pasien brace tersebut dengan penggunaan *Thoracolumbosacral Orthosis* (TLSO) konvensional.

Penelitian tersebut menggunakan metode berupa 103 pasien ditindaklanjuti setiap 6 bulan ,pengujian klinis dan radiologi dilakukan dalam setiap tindak lanjutan. Pada tindak lanjutan terakhir, pasien diminta untuk mengisi kuisisioner kepuasan . Penilaian dilakukan dengan keinginan pasien untuk menggunakan brace selama ≥ 23 jam. Ketebalan brace yang dicetak 3 dimensi adalah 3mm sedangkan brace TLSO konvensional adalah 4mm.

Hasil dari penelitian tersebut adalah brace yang dicetak 3 dimensi lebih ringan, tipis, dan nyaman dibandingkan brace TLSO. Brace yang dicetak 3 dimensi juga meningkatkan tingkat kepuasan pasien dan dapat mengurangi kemajuan dari lekukan utama *Cobb*. [10]

Juga terdapat sebuah penelitian yang mencoba untuk *Reverse Engineering* sebuah brace skoliosis dan membandingkan metodenya dengan metode brace skoliosis yang dibuat dengan cara konvensional. Brace skoliosis tersebut dibuat dengan cara dicetak 3 dimensi dengan filamen PLA+. Hasil dari penelitian tersebut adalah Metode RE menghasilkan brace yang lebih ringan dan kokoh dibandingkan dengan metode konvensional. [18]

2.2 Dasar Teori

Dalam penelitian ini, digunakan berbagai teori-teori yang relevan dan menjadi dasar dari penyelesaian penelitian mengenai brace skoliosis.

2.2.1 Orthosis

Orthosis adalah perangkat medis yang digunakan untuk menopang sendi atau otot yang lemah atau tidak efektif. Sedangkan untuk bagian tubuh atas dan khususnya sendi nadi, ini adalah struktur kompleks dan rumit yang rentan terhadap berbagai jenis cedera, dan dimana fungsi *orthosis* biasanya diindikasikan sebagai pelengkap terapi. [9]

Metode tradisional untuk *orthosis* khusus memakan waktu dan sumber daya, dan bergantung pada keahlian teknisi, tidak selalu menjamin kesesuaian terbaik. Dengan cara ini, faktor-faktor seperti ketidaknyamanan, kebersihan dan estetika mempengaruhi penerimaan dan penggunaan *orthosis* yang benar, yang biasanya gagal.[11]

2.2.2 Reverse Engineering

Reverse Engineering adalah sebuah proses dari pengambilan bentuk baru menggunakan produk manufaktur dan memodifikasi model *Computer Aided Design* (CAD) sebelumnya melalui digitalisasi. Banyak peneliti mendeskripsikan *Reverse Engineering* sebagai pengambilan entitas fisik komponen melalui analisis digital. *Reverse Engineering* juga adalah proses pengambilan model CAD menggunakan pengambilan titik 3 dimensi menggunakan pemindaian dan digitalisasi dari produk yang ada.[3]

2.2.3 Rapid Prototyping

Rapid Prototyping merujuk pada variasi dari metode yang digunakan untuk membuat model fisik berdasarkan desain CAD dan CAM. Dengan bantuan *Rapid Prototyping*, hampir semua variasi dari permukaan dan struktur anatomi bagian dalam bisa di replika menjadi model medis yang dibuat lapis demi lapis. Untuk membuat model fisik, beberapa proses bisa dilakukan seperti, termasuk stereolitografi, laser selektif sintering, pencetakan inkjet, dan *fused deposit modeling*. [17]

2.2.4 CAD / CAM

Computer-Aided Design (CAD) digunakan untuk mengilustrasikan gambar 2 dimensi dan model 3 dimensi bantuan komputer. *Computer-Aided Manufacturing* (CAM) adalah proses manufaktur yang menggunakan komputer sebagai alat bantu dalam memproses manufaktur. [16]

2.2.5 Autodesk Fusion 360

Autodesk Fusion 360 adalah sebuah produk yang dibuat oleh *Autodesk* yang menggabungkan integrasi industrial design, mechanical simulation, dan CAM yang mendukung kolaborasi dalam aplikasinya yang berbasis cloud storage dan 12 *Cross-platform*. *Autodesk Fusion 360* memiliki beberapa modul yaitu *modelling, molding, surface patching, rendering, animation, simulation, CAM, drawings* dan lain lain. [14]

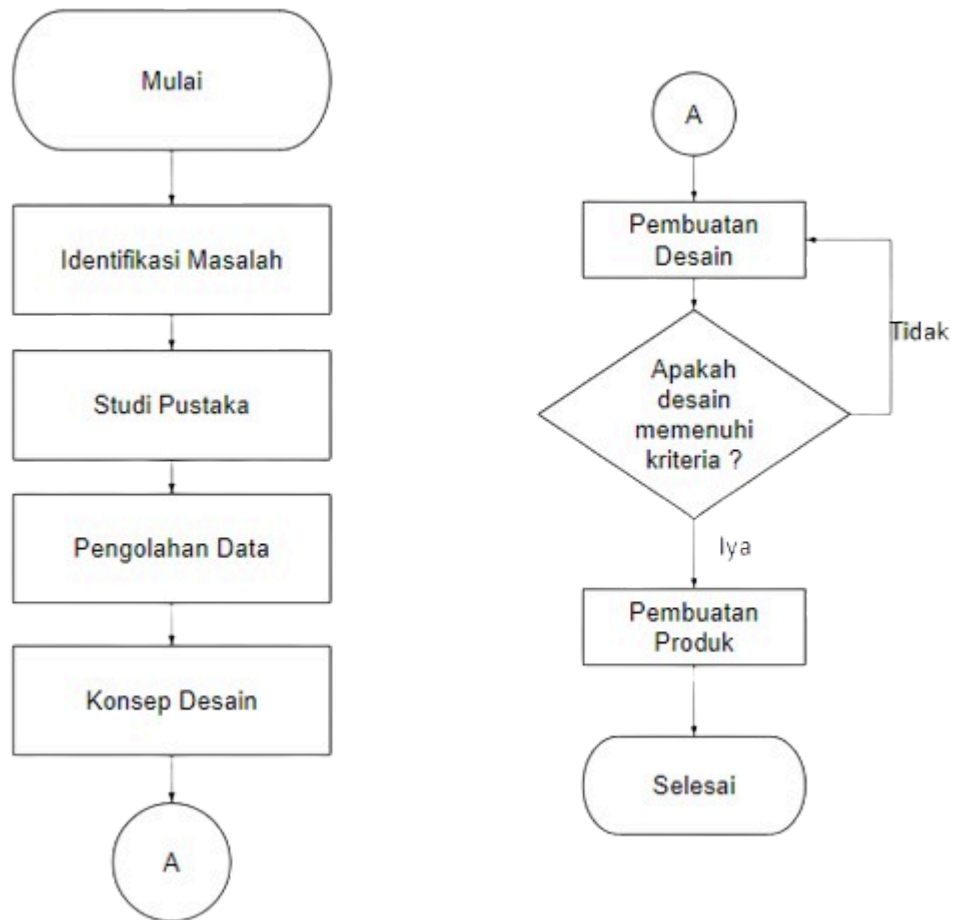
2.2.6 3D Slicer

3D Slicer digunakan sebagai aplikasi untuk memberikan data yang diperlukan dan mengkonversi format .NRRD ke .STL. sebagai alat analisis dengan cepat dan efisien. *3D Slicer* juga menyediakan berbagai macam *tools* yaitu sebagai berikut gambar, segmentasi, permukaan, anotasi, transformasi, dll., dalam 2D, 3D, dan 4D. [15]

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Berikut adalah tahap-tahapan yang dilalui dalam perancangan desain *brace skoliosis*:



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam perancangan ini adalah:

3.2.1 Peralatan

1. Laptop

2. *Software Autodesk Fusion 360*
3. *Software 3D Slicer*
4. *Software Creality Print*
5. *Software Flashforge 5*
6. 3D Printer

3.2.2 Bahan

1. Filament PLA+

3.3 Perancangan

3.3.1 Identifikasi Masalah

Dari pembuatan brace skoliosis yang telah ada, pembuatan desain dilakukan dengan menggunakan aplikasi autodesk fusion 360. Desain dilakukan dengan menggunakan fitur create form pada tab solid di fusion 360. dengan menggunakan fitur create form dan file stl yang ada bentuk dasar brace bisa dibuat. Bentuk dasar brace adalah bentuk 3 dimensi dari brace yang belum diberi ketebalan dan hanya terdiri permukaan, tepi, dan vertex. Dari desain brace yang telah ada, bentuk dasar brace tersebut memiliki jumlah permukaan ± 145 permukaan. Jumlah permukaan tersebut bisa dikurangi dengan cara pada saat pembuatan bentuk dasar brace, permukaan dibagi atau di buat berdasarkan bentuk otot manusia.

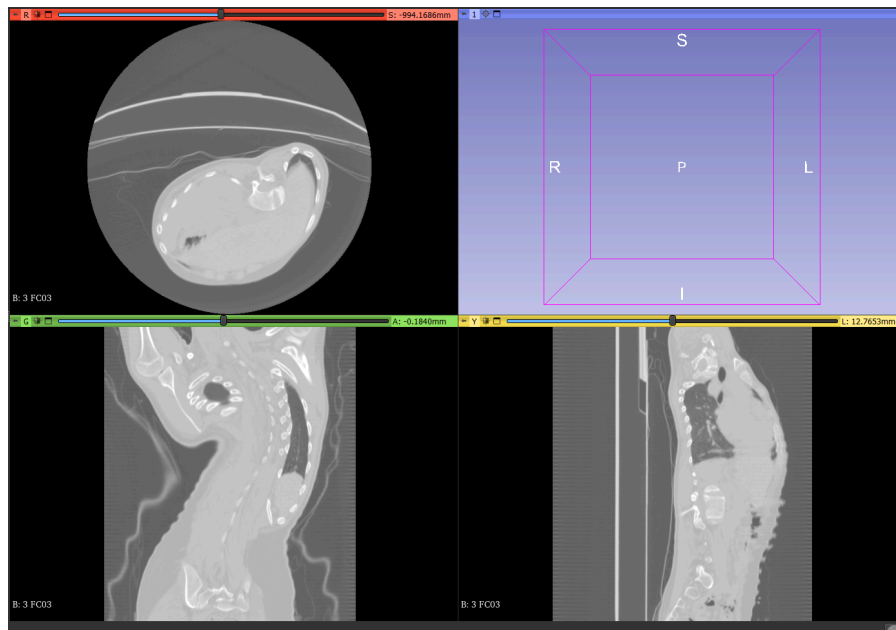
3.3.2 Kriteria Desain

Kriteria dari brace yang akan di desain adalah sebagai berikut :

1. Nilai *Thicken* yang digunakan 5 mm.
2. Menggunakan otot anatomi manusia sebagai referensi untuk pembuatan *Face*.

3.3.3 Pengambilan Data

Pengambilan data pasien didapatkan dari website *embodi3d.com*. Data yang didapatkan dari website tersebut masih dalam format *.nrrd*. Untuk file tersebut bisa digunakan, file tersebut harus diubah ke format *.stl*. Konversi file dilakukan dengan menggunakan aplikasi *3D Slicer*. Berikut adalah gambaran file pasien yang didapatkan dari website *embodi3d.com* :



Gambar 3.2 File pasien format *.NRRD*

3.3.4 Pembuatan Desain

Pembuatan desain dilakukan dengan aplikasi *autodesk fusion 360*. Alasan menggunakan aplikasi tersebut adalah karena terdapat fitur *Create Form*. *Create form* adalah mode yang ada pada *autodesk fusion 360* untuk melakukan pengeditan pada *face*, *edge*, dan *vertex* secara bebas tanpa menggunakan referensi bidang. Dengan fitur tersebut perancangan desain brace skoliosis bisa dilakukan.

3.3.5 Pembuatan G-CODE

Pencetakan 3 dimensi dilakukan dengan mesin *inventor series* yang memiliki volume print yaitu 230 x 150 x 160 mm. Sebelum proses pencetakan dilakukan G-CODE dari model yang akan di print harus dibuat terlebih dahulu. G-CODE tersebut bisa didapat melalui aplikasi *Flashforge 5*.

Setelah simulasi menggunakan *Flashforge 5* selesai dilakukan, maka G-CODE dari simulasi tersebut bisa didapatkan dan digunakan. Proses Pencetakan menggunakan filament PLA+ yang memiliki properti sebagai berikut:

Tabel 3.1 Properti PLA+

Property	Unit	Testing Standards	Typical Value
Density	g/cm ³	ASTM D-792	1.2-1.3
Melting Index (190°C,2160g)	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 ²	ASTM D-256	55
Water Absorption Rate	%	ASTM D-570	<0.6
Printing Temperature	°C	DSC	200-220

BAB 4

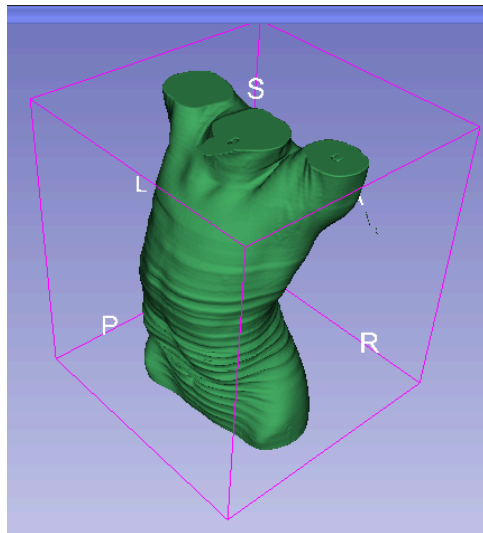
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan.

Perancangan Pattern brace skoliosis yang dilakukan pada penelitian ini memiliki 4 tahap. Tahapan tersebut adalah Pengolahan data pasien, Pemodelan desain, Pembuatan G-CODE, dan Proses pencetakan 3 dimensi.

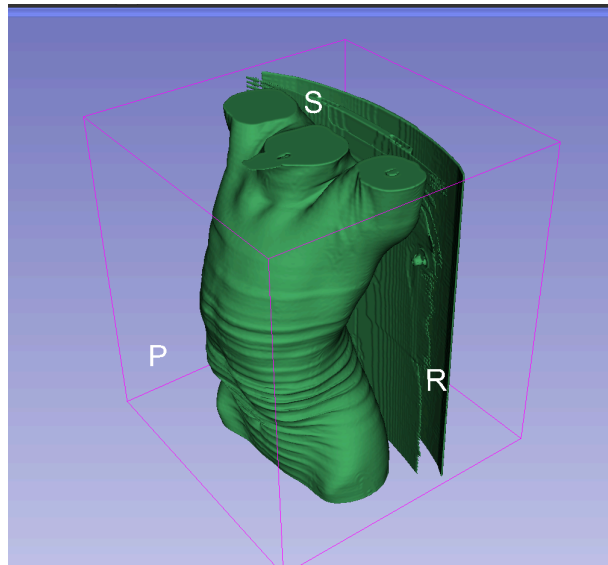
4.1.1. Hasil pengolahan data

Fitur yang digunakan kan di 3D slicer untuk mengkonversi format tersebut adalah fitur *segment editor*. *Tools* yang digunakan adalah *threshold* dan *cut* .Berikut adalah hasil dari pengolahan data pasien yang dapat di konversi ke format .stl:



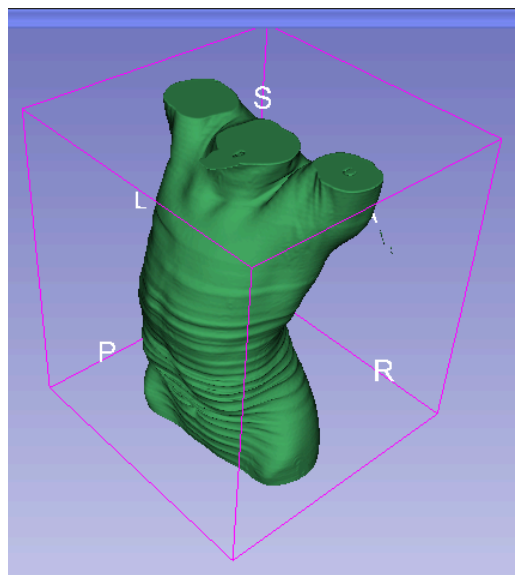
Gambar 4.1 Gambar hasil Pengolahan data

Threshold digunakan untuk mendapatkan bentuk dari 3 dimensi file yang diunduh. Berikut adalah hasil dari *Threshold* :



Gambar 4.2 Gambar hasil *Treshold*

cut digunakan untuk merapikan bentuk 3 dimensi yang ada. Berikut adalah hasil dari penggunaan *tools cut* :



Gambar 4.3 Hasil Gambar hasil *cut*

4.1.2. Hasil pemodelan desain

Pemodelan desain memiliki 3 hasil yaitu desain brace, desain penguncian, dan desain sample. Berikut adalah hasil pemodelan desain :

1. Hasil desain brace



Gambar 4.4 Hasil pemodelan



Gambar 4.5 Hasil pemodelan tampak depan

Gambar diatas adalah hasil desain brace. Desain tersebut dilakukan dengan 3 tahap yaitu bentuk dasar brace , bentuk *solid* brace , *finishing*. Berikut adalah file pasien yang telah di konversi ke format *.stl* di masukkan ke aplikasi melalui *insert mesh*.



Gambar 4.6 Gambar badan pasien

Bentuk dasar brace adalah bentuk dari brace yang sesuai dengan tubuh pasien yang belum diberi ketebalan dan hanya terdiri dari *face*, *edge*, dan *vertex*. Bentuk dasar brace dibuat dengan menggunakan fitur *create form*. Fungsi *create form* adalah untuk membentuk bentuk dasar dari brace yang akan di desain.

Tools cylinder digunakan untuk membuat bentuk silinder dengan menggunakan *bottom view* pada pasien sebagai dasar , sehingga silinder menyelimuti tubuh pasien. Tujuan silinder menyelimuti tubuh pasien adalah untuk silinder dibentuk menjadi seperti tubuh pasien.

Untuk mencapai tujuan tersebut bisa dengan menggunakan *modify edit form*, *modify subdivide*, dan *modify merge edge*. *Modify edit form* digunakan untuk membentuk atau mengedit *face*, *edge*, atau *vertex*. *Modify subdivide* digunakan untuk membagi *face*. Dalam pemodelan, fitur tersebut digunakan untuk menggabungkan *face* atau *modify merge edge* digunakan untuk menggabungkan 2 atau lebih *face* jadi 1 *face*.



Gambar 4.7 Bentuk dasar brace

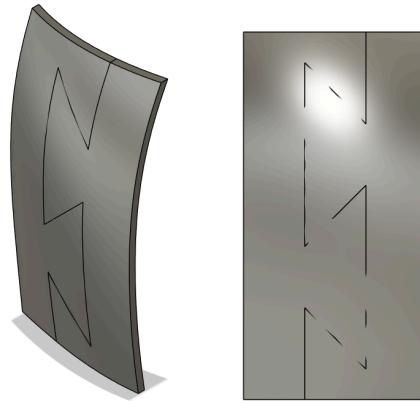
Bentuk *solid* brace adalah bentuk dasar brace yang telah diberi ketebalan. *Tools* yang digunakan adalah *Modify Thicken*. *Modify thicken* berfungsi untuk memberikan ketebalan pada bagian yang dipilih.



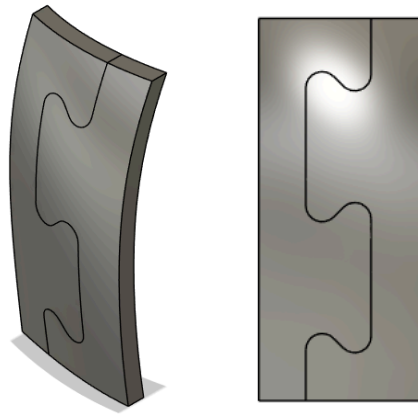
Gambar 4.8 Hasil proses *thickness*

finishing adalah tahap penyelesaian yang terdiri dari pembagian brace menjadi beberapa bagian. fitur yang digunakan yaitu *modify split body* yang terdapat pada menu *tab solid*. *Modify split body* berfungsi untuk membagi part yang dipilih berdasarkan *sketch* yang digunakan sebagai referensi.

2. Hasil desain penguncian



Gambar 4.9 Alternatif penguncian 1



Gambar 4.10 Alternatif penguncian 2

Gambar diatas adalah hasil desain penguncian. Desain Penguncian digunakan untuk mengunci bagian bagian brace untuk tidak bergerak. Desain penguncian tersebut memiliki 2 alternatif. Berikut adalah pola pada kedua gambar tersebut dalam bentuk *sketch* :



Gambar 4.11 Gambar pola 1



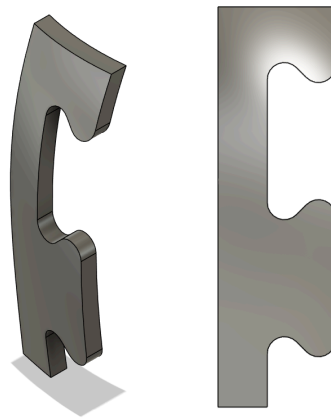
Gambar 4.12 Gambar pola 2

Kedua desain tersebut mengunci pergerakan antara bagian pada bidang Z dan X, namun desain yang akan digunakan adalah desain kedua. Desain kedua yang akan digunakan dikarenakan desain yang pertama lebih sulit untuk di cetak 3 dimensi dan sulit untuk dipasang.

3. Hasil desain sample



Gambar 4.13 Bagian 1

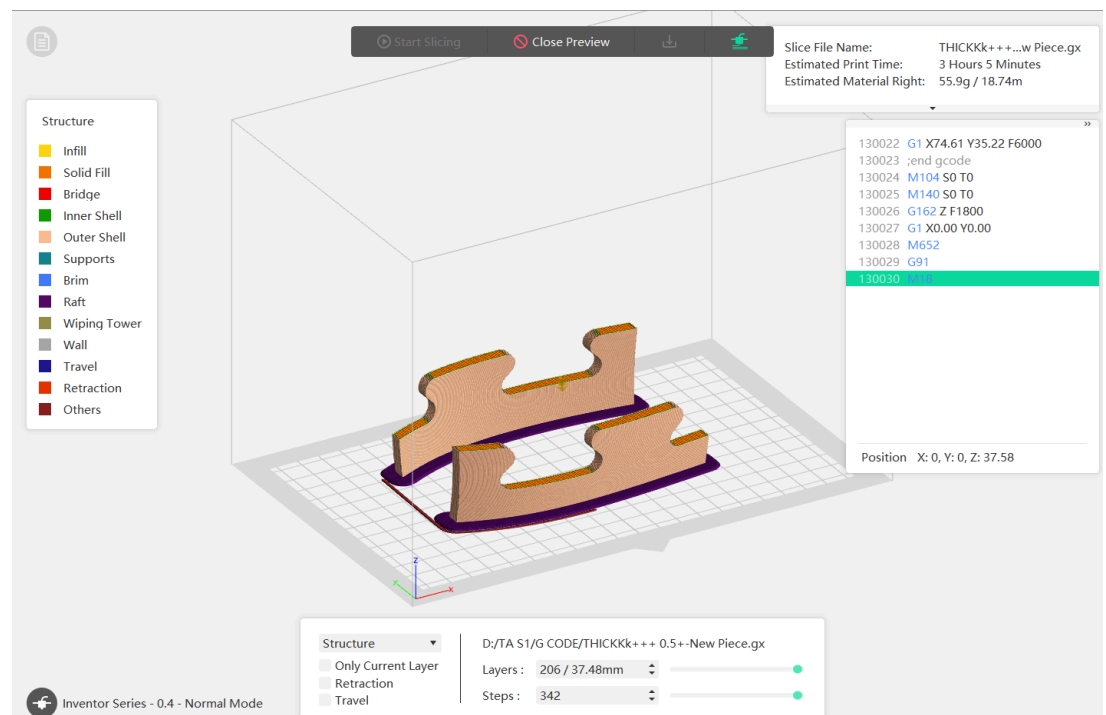


Gambar 4.14 Bagian 2

Gambar diatas adalah hasil desain sampel. Kedua gambar tersebut adalah desain yang akan dicetak 3 dimensi menggunakan mesin cetak *Inventor Series* yang memiliki volume cetak 230 x 150 x 160 mm.

4.1.3. Hasil G-CODE

G-CODE yang akan digunakan dalam pencetakan 3 dimensi didapatkan dari hasil simulasi pada aplikasi *Flashprint 5*. Berikut adalah hasil simulasi pada aplikasi tersebut :



Gambar 4.15 Hasil simulasi dari aplikasi

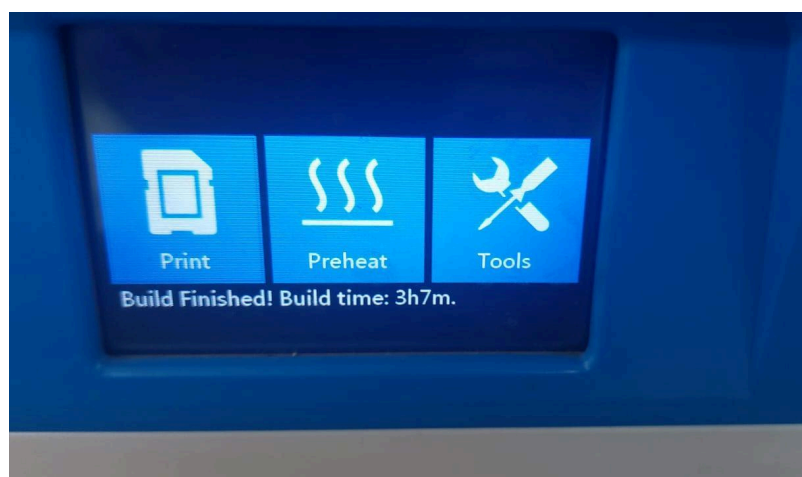
Simulasi tersebut dilakukan dengan mesin cetak 3 dimensi *Inventor Series* menggunakan filament PLA+ dengan suhu nozzle 205°C dengan infill 100% akan memakan waktu 3 jam 5 menit.

4.1.4. 3D Print

Pencetakan 3 Dimensi dilakukan dengan mesin 3d printer *Inventor Series* yang terdapat pada Laboratorium Mekatronika. Proses Pencetakan tersebut menghabiskan waktu 3 jam 7 menit. Berikut adalah Hasil pencetakan :



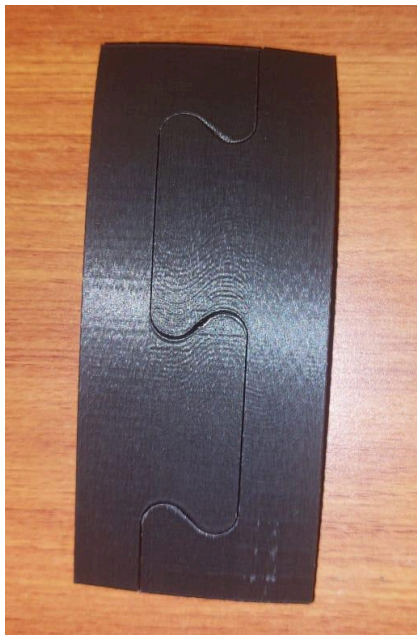
Gambar 4.16 Hasil pencetakan 3 dimensi



Gambar 4.17 Tampilan layar mesin pencetakan



Gambar 4.18 Sampel



Gambar 4.19 Sampel gabung

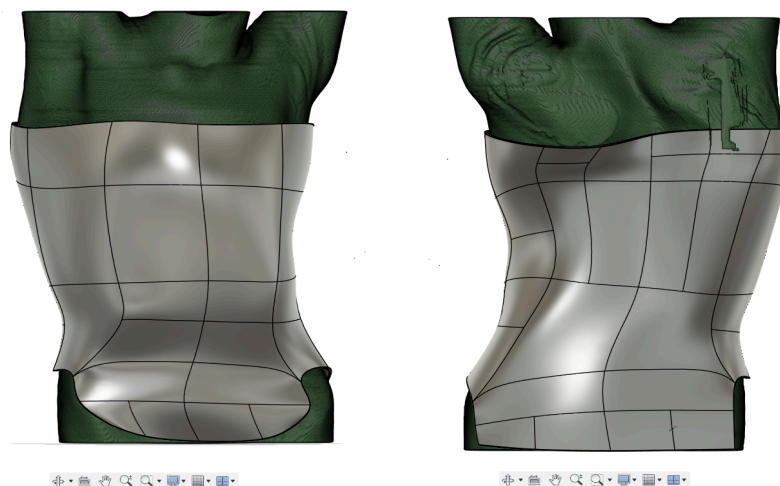
4.2 Analisis dan Pembahasan

Perbedaan perancangan *brace skoliosis* ini dibandingkan dengan *brace skoliosis* yang pernah ada adalah dalam perancangan desain nya *brace skoliosis* ini menggunakan aplikasi *autodesk fusion 360* untuk membuat desain digital nya. Desain tersebut dirancang dengan memiliki kriteria memiliki jumlah *face* yang seminimal mungkin.

Hal tersebut dicapai dengan menggunakan anatomi otot manusia sebagai referensi bentuk dasar *brace* pada saat menggunakan fitur *modify edit form*, *modify subdivide*, dan *modify merge edge* yang berfungsi untuk mengedit *face*, *edge*, atau *vertex*. Berikut adalah perbandingan gambaran anatomi otot manusia yang digunakan sebagai referensi dengan bentuk dasar *brace*:

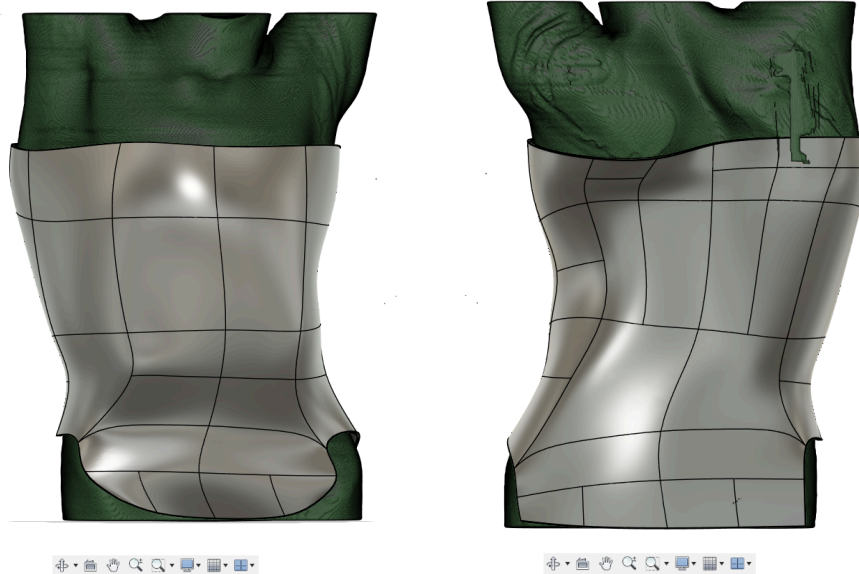


Gambar 4.20 Gambar anatomi manusia

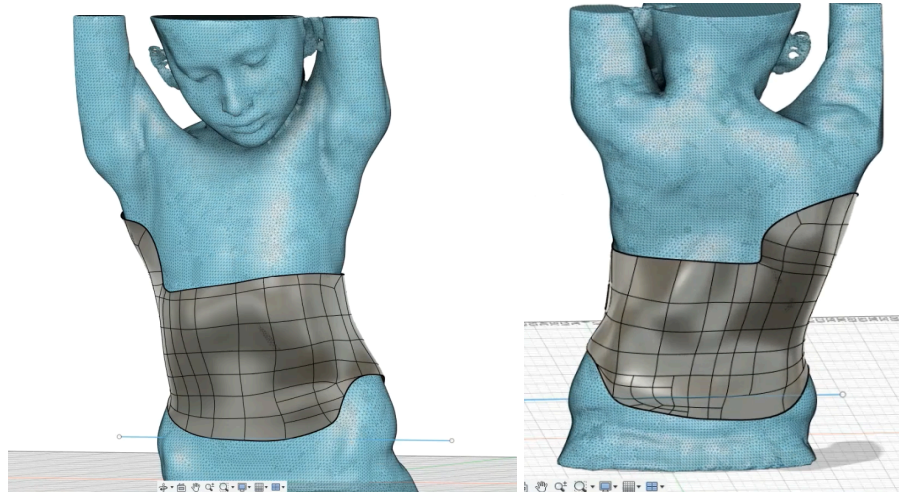


Gambar 4.21 Desain *Face* pada *brace*

Tujuan dari menggunakan otot manusia sebagai referensi adalah untuk memudahkan pembuatan *face* dan juga meminimalkan jumlah *face* yang akan terbuat. Berikut adalah perbandingan jumlah *face* dengan desain yang pernah ada:



Gambar 4.22 *Face* pada desain baru



Gambar 4.23 *Face* desain lama

Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa desain yang menggunakan anatomi otot manusia sebagai referensi dapat menghasilkan *face* yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan desain yang tidak menggunakan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Telah berhasil dirancang Desain Brace skoliosis dengan Autodesk Fusion 360 yang dapat diubah Face nya.
2. Pemodelan bentuk dasar brace dengan menggunakan referensi dapat mengurangi jumlah face yang dihasilkan dibandingkan dengan pemodelan yang tidak menggunakan referensi.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

1. Bekerja sama dengan seorang dokter sehingga dapat membuat model desain brace yang dapat mengoreksi postur tubuh penderita skoliosis.
2. Menggunakan mesin 3d printer yang memiliki volume print lebih besar sehingga dapat mencetak seluruh bagian brace.
3. Bekerja sama dengan seorang penderita skoliosis dan seorang dokter sehingga dapat mencoba brace skoliosis dapat dicobakan kepada penderita.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rendy Rinaldi Andar Bagus Sriwarno, R., Program Studi Sarjana Desain Produk, Ms., Seni Rupa dan Desain, F., & Kunci, K. (n.d.). *Jurnal Tingkat Sarjana Seni rupa dan Desain DAILY MILWAUKEE BRACE SEBAGAI PRODUK PENYANGGA TULANG BELAKANG PADA PASIEN SKOLIOSIS (Studi Kasus Ortosis Milwaukee)*.
- [2] Hayat, C., & Latuny, A. A. (2020). *SATIN-Sains dan Teknologi Informasi Rancang Bangun Aplikasi Informasi Awal Penyakit Tulang Belakang dengan Metode Forward Chaining*. 6(1).
<http://jurnal.sar.ac.id/index.php/satin>
- [3] Yusmira, H. (n.d.). *Reverse Engineering Blok Silinder, Comp-Head Genset X dan Pengaruh Developer terhadap Hasil 3D Scanning*.
- [4] Pelealu, J., Angliadi, L. S., Angliadi, E., Ilmu, B., Fisik, K., Fakultas, R., Universitas, K., & Manado, S. R. (n.d.). *REHABILITASI MEDIK PADA SKOLIOSIS*.
- [5] Zhang, Y., Liang, J., Xu, N., Zeng, L., Du, C., Du, Y., Zeng, Y., Yu, M., & Liu, Z. (2020). 3D-printed brace in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: A study protocol of a prospective randomised controlled trial. *BMJ Open*, 10(11). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-038373>
- [6] Karimi, M., & Nadi, A. (2024). Comparative analysis of Boston and Cheneau braces in treating scoliosis: A 2-year follow-up study on curve reduction. *North American Spine Society Journal*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.xnsj.2024.100337>
- [7] Patel, P., & Gohil, P. (2022). Custom orthotics development process based on additive manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 59, A52–A63. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.858>
- [8] Weiss, H. R., & Kleban, A. (2015). Development of CAD/CAM based brace models for the treatment of patients with scoliosis-classification based approach versus finite element modelling. *Asian Spine Journal*, 9(5), 661–667. <https://doi.org/10.4184/asj.2015.9.5.661>

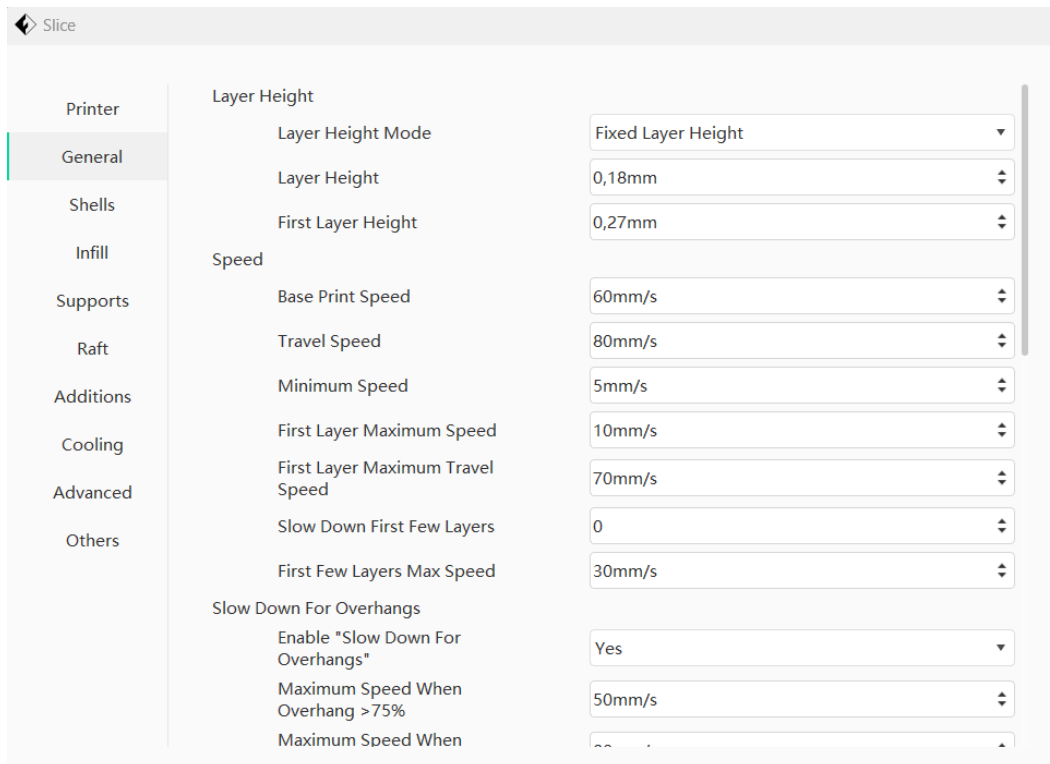
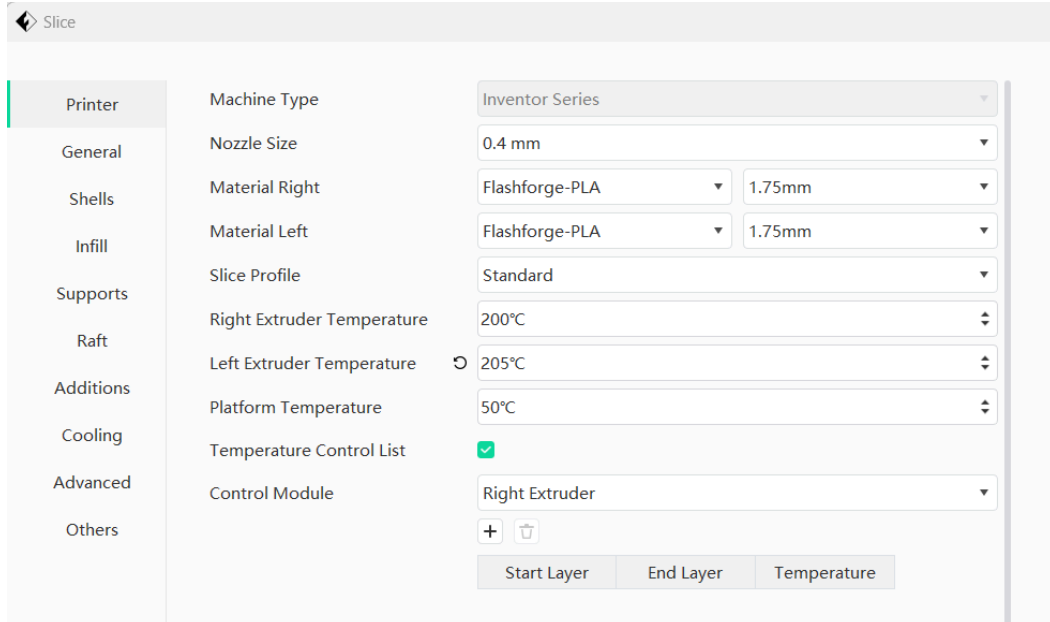
- [9] Desbiens-Blais, F., Clin, J., Parent, S., Labelle, H., & Aubin, C. E. (2012). New brace design combining CAD/CAM and biomechanical simulation for the treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Clinical Biomechanics*, 27(10), 999–1005. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2012.08.006>
- [10] Li, J., Zhou, G., Xu, N., Sun, P., Chang, S., Zhang, Y., Du, C., Li, W., Zeng, Y., & Yu, M. (2024). Patient-specific 3D-printed Brace for Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Prospective Cohort Study. *World Neurosurgery*. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.05.165>
- [11] Benes, G., Roye, B. D., Stikeleather, L., Hresko, M. T., Sucato, D. J., Welborn, M. C., McClellan, C., & Sponseller, P. D. (2023). Scoliosis Bracing: Details Make the Difference. *Journal of the Pediatric Orthopaedic Society of North America*, 5(4), 776. <https://doi.org/10.55275/jposna-2023-776>
- [12] Konieczny, M. R., Hieronymus, P., & Krauspe, R. (2017). Time in brace: where are the limits and how can we improve compliance and reduce negative psychosocial impact in patients with scoliosis? A retrospective analysis. *Spine Journal*, 17(11), 1658–1664. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.05.010>
- [13] Mendaza-DeCal, R., Peso-Fernandez, S., & Rodriguez-Quiros, J. (2023). Orthotics and prosthetics by 3D-printing: Accelerating its fabrication flow. *Research in Veterinary Science*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.104960>
- [14] 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
- [15] Pieper, S., Halle, M., & Kikinis, R. (n.d.). 3D Slicer. *2004 2nd IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: Macro to Nano (IEEE Cat No. 04EX821)*, 2, 632–635. <https://doi.org/10.1109/ISBI.2004.1398617>

- [16] Singh, I., Singh, K., & Sethi, N. (2022). CAD/CAM – Historical Aspects, Processing and Various Systems: A Literature Review. *IAR Journal of Medical Sciences*, 3(01), 1–6. <https://doi.org/10.47310/iarjms.2022.v03i01.001>
- [17] R., Dhakshyani & Yusoff, Nukman & Abu Osman, Noor Azuan. (2012). Rapid prototyping models for dysplastic hip surgeries in Malaysia. *European Journal of Orthopaedic Surgery and Traumatology*. 22. 41-46. 10.1007/s00590-011-0778-x.
- [18] *PEMBUATAN BRACE SCOLIOSIS DENGAN METODE REVERSE ENGINEERING DAN RAPID PROTOTYPING*. (n.d.).

LAMPIRAN 1

PENGATURAN *FLASHFORGE 5*

LAPORAN TUGAS AKHIR



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

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

Printer		
General	Right Extrude Speed	30mm/s
	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

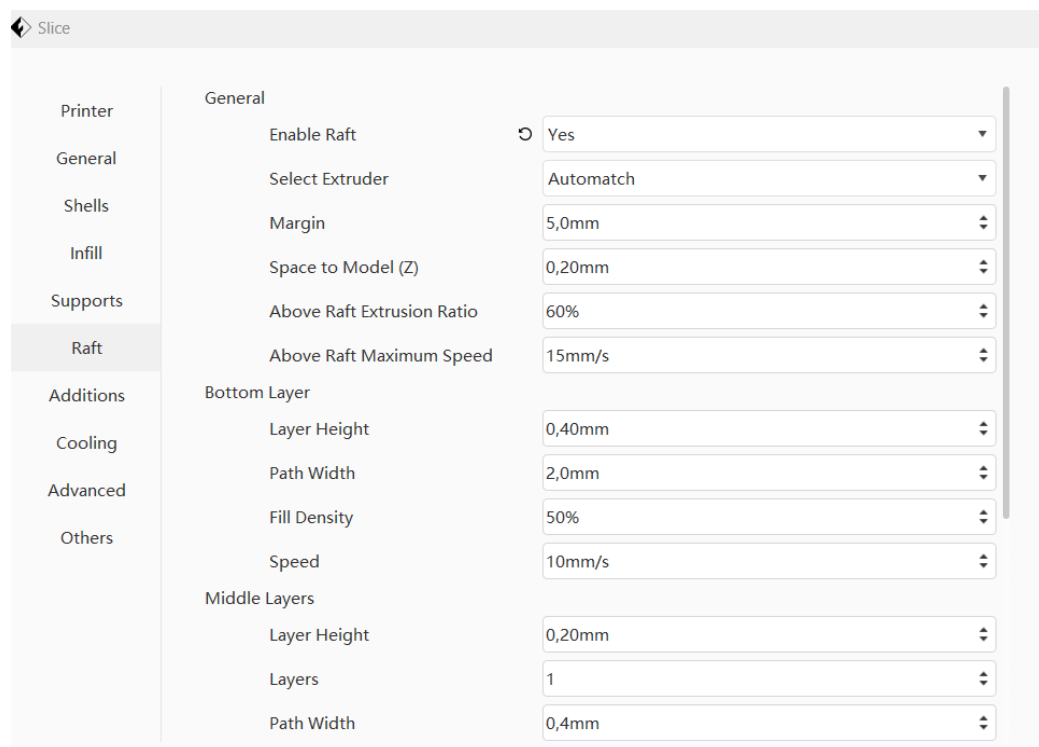
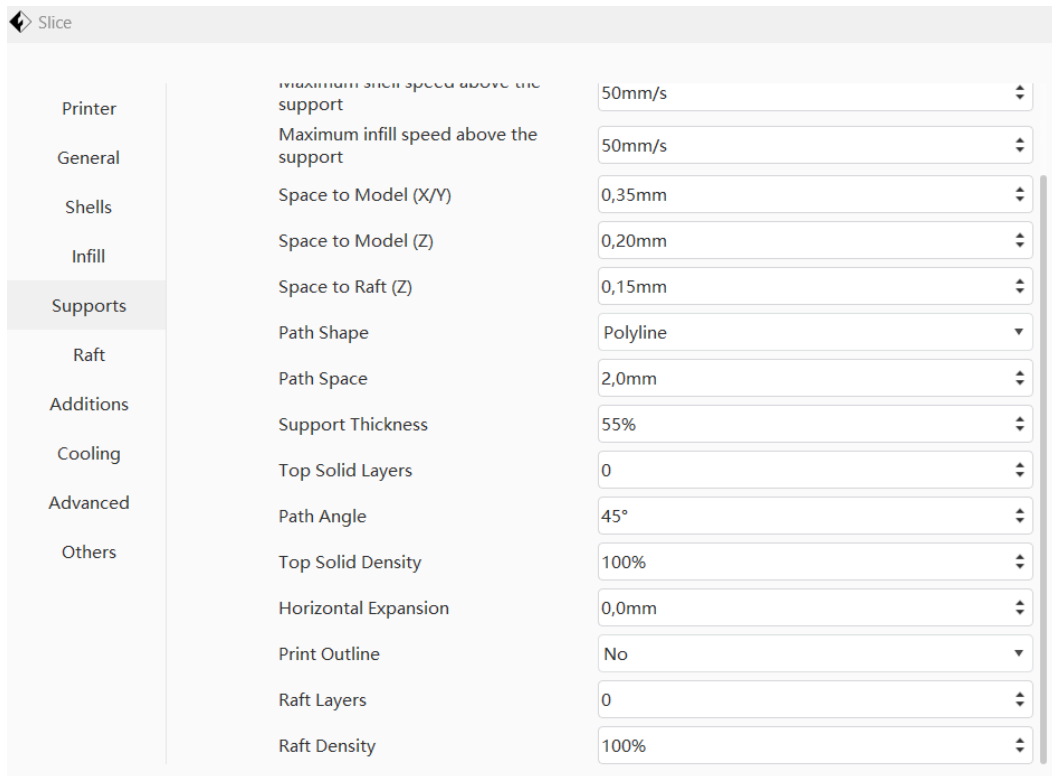
Printer	Thickness	
General	Shell Count	2
Shells	Shell Thickness	0,80mm
	Overlap Perimeter	30%
Infill	Speed	
Supports	Exterior Speed	50%
Raft	Exterior Maximum Speed	40mm/s
Additions	Visible Interior Speed	70%
Cooling	Visible Interior Max Speed	200mm/s
Advanced	Invisible Interior Speed	100%
Others	Invisible 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

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

Printer	General	
General	Top Solid Layers	3
Shells	Bottom Solid Layers	3
Infill	Fill Density	100%
Supports	Fill Pattern	Hexagon
Raft	Overlap Perimeter	15%
Additions	Vase Mode	No
Cooling	Speed	
Advanced	Solid Speed	70%
Others	First Top Solid Layer Speed	70%
	Sparse Speed	100%
	Combine Infill	
	Maximum Solid Combine	1
	Maximum Sparse Combine	2
	Combine Area Threshold	150mm ²
	Strength Infill	

Printer	Sparse Speed	100%
General	Combine Infill	
Shells	Maximum Solid Combine	1
Infill	Maximum Sparse Combine	2
Supports	Combine Area Threshold	150mm ²
Raft	Strength Infill	
Additions	Interval Layers	0
Cooling	Solid Layers	1
Advanced	Infill Density Control	<input checked="" type="checkbox"/> + 🗑️
Others	Small Area Filling Reinforcement	
	Enable Small Area Filling Reinforcement	No
	Small Area Filling Reinforcement Threshold	25mm ²
	Small Area Filling Reinforcement Width	0mm
	Small Area Filling Reinforcement Density	50%

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

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

Slice

Printer	Decelerate/Delay For Filament Cooling	Deceleration Area Threshold	50mm ²
General		Delay Area Threshold	0mm ²
Shells		Maximum Delay Time	1,5s
Infill	Cooling Fan Control		ON (when first layer printed)
Supports			
Raft			
Additions			
Cooling			
Advanced			
Others			

Slice

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

Bridge

Enable Bridge: Yes

Bridge Area Threshold: 15mm²

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

Bridge Area Threshold: 15mm²

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

Maximum Flow Rate: 20mm³/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