

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE
STRUKTUR RAHANG BAWAH MANUSIA PADA MESIN
PRINTER 3D**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

HUSFIZAR RAMADHANI
1307230016



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Husfizar Ramadhani
NPM : 1307230016
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pembuatan Prototipe Struktur Rahang
Bawah Manusia Pada Mesin Printer 3D
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Maret 2019

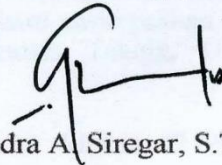
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



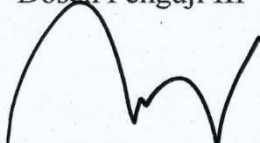
Beki Suroso, S.T., M.Eng

Dosen Penguji II



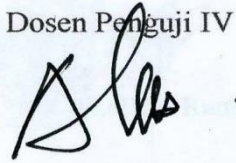
Chandra A. Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua

Ahandi, S.T., M.T

SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Husfizar Ramadhani
Tempat /Tanggal Lahir : Pangkalan Susu/14 Februari 1995
NPM : 1307230016
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

Perancangan Dan Pembuatan Prototipe Struktur Rahang Bawah Manusia Pada Mesin Printer 3D

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 02 Maret 2019

Saya yang menyatakan,



Husfizar Ramadhani

ABSTRAK

Seiring perkembangan zaman hingga saat ini kemajuan teknologi berkembang sangat pesat, dengan berjalannya waktu dan berkembangnya pola pikir manusia. Hal ini berdampak juga dengan dunia kesehatan yang membutuhkan peralatan dan alat-alat medis yang terbaru dan canggih serta akan kemudahan dan efisiensi dalam penggunaannya beberapa instansi-instansi dan sekolah kesehatan/kedokteran yang membutuhkan serta memanfaatkan alat prototipe struktur rahang bawah ini diantaranya untuk alat peraga dunia kedokteran menjelaskan tentang uji fungsi serta komponen-komponen yang ada di rahang bawah manusia. Bentuk prototipe ini memungkinkan material memiliki bobot minimal dengan kekuatan yang sangat besar dan daya yang tinggi namun tetapi memiliki daya produksi yang rendah banyak juga digunakan untuk struktur pesawat, konstruksi bangunan, perkapalan, otomotif dan dll untuk meminimalisasi jumlah material yang digunakan. Dalam perancangan ini didesain 3 model prototipe rahang bawah manusia berserta simulasinya, model 1 yaitu rahang bawah *The Body* rahang ini melengkung agak seperti tapal kuda, memiliki dua permukaan dan dua perbatasan permukaan ditandai garis median, model 2 yaitu rahang bawah ramus rahang ini memiliki dua dua permukaan, empat batas dan dua proses ditandai dengan tonjolan miring dibagian bawah dan model 3 yaitu rahang bawah mikrognati dimana rahang bawah berukuran kecil, ini adalah gejala berbagai kondisi kraniofasial kadang disebut hipoplasia. Dari hasil desain rahang bawah dan simulasi tekannya, dari 3 model tersebut rahang yang terbaik yaitu rahang bawah *The Body*.

Kata Kunci : *Solid works*, Perancangan, Simulasi/Perancangan rahang bawah manusia

ABSTRACT

Along with the development of the times until now the progress of technology is growing very rapidly, with time and the development of human thinking patterns. It is also related to the world of health which requires the latest and most sophisticated medical equipment and tools and the ease and efficiency of its use of several health / medical institutions and schools that need and utilize the lower jaw structure prototype tools for world props medicine explains the function tests and components in the human lower jaw. This prototype allows the material to have a minimum weight with very large strength and high power but but has a lot of low production power is also used for aircraft structure, building construction, shipping, automotive and etc. to minimize the amount of material used. In this design I designed 3 models of human mandibles along with their simulations, model 1, which is the lower jaw. The body jaw is curved somewhat like a horseshoe, has two surfaces and two surface borders are marked median lines, model 2 is the jaw under two jaws. surface, four boundary and two processes are characterized by oblique protrusions at the bottom and model 3, namely the lower jaw micrognate where the lower jaw is small, this is a symptom of various craniofacial conditions sometimes called hypoplasia. From the results of the lower jaw design and press simulation, of the 3 models the best jaw is the lower jaw of The Body.

Keywords: Solid works, Design, Simulation / Design of human lower jaws

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhaanahu Wa ta'ala yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perancangan Dan Pembuatan Prototipe Struktur Rahang Bawah Manusia Pada Mesin Printer 3D” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

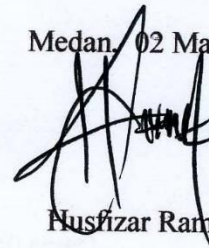
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Bekti Suroso, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Chandra A.Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ke teknik mesin kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Husni Thamrin dan Erma Yuslima, yang telah memberikan semangat dan kasih sayang yang tiada henti-hentinya dan selalu berdoa kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Riki Juliansah, Eko Kurniawan Putra, Bayu Yang, Yuda Satria, Wanda Trita, Riki Andrean, Bembeng Sutikno dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 02 Maret 2019



Nurfizar Ramadhani

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT KEASLIAN TUGAS AKHIR	
iii	
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	
viii	
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Teori Mesin Printer 3D	4
2.2 Prinsip Dasar Mesin Printer 3D	6
2.3 Cara Kerja Mesin Printer 3D	7
2.4 Filament PLA (<i>Polylactic Acid</i>)	7
2.5 Filament ABS (<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>)	9
2.6 Teori Rahang Bawah Manusia	11
2.6.1 Rekonstruksi Model 3D	12
2.6.2 Pemodelan Rahang Bawah Manusia	13
2.7 Metode Dan Bahan Rahang Bawah Manusia	15
2.8 Rahang Bawah Ramus	18
2.9 Rahang Bawah <i>Alveolar Ridge</i>	18
2.10 Rahang Bawah Edentulus	20
2.11 Rahang Bawah <i>The Body</i>	21
2.12 <i>Bioceramic</i>	22
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.1.1 Tempat	24
3.1.2 Waktu	24
3.2 Proses Perancangan Rahang Bawah Manusia	25
3.2.1 Alat Yang Digunakan	25
3.2.2 Bahan Yang Digunakan	27
3.3 Diagram Alir	30
3.4 Langkah Menggambar Rahang Bawah	31
3.5 Proses Pembuatan Struktur Rahang Bawah	39
3.6 Pengoperasian Mesin Printer 3D Prusa i3 A8	40

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Rancangan	41
4.1.1 Hasil Gambar Rahang Bawah Manusia	41
4.1.2 Hasil <i>Meshing</i> Pada Rahang Bawah	42
4.2 Hasil Pembuatan Spesimen	42
4.3 Model Desain Pembuatan Rahang Bawah	43
4.3.1 Hasil Desain Rahang Bawah <i>The Body</i>	43
4.3.2 Hasil Desain Rahang Bawah Ramus	43
4.3.3 Hasil Desain Rahang Mikrognati	44
4.4 Desain Rahang Bawah Yang Terbaik	45
4.5 Hasil Simulasi Rahang Bawah <i>The Body</i>	45
4.6 Hasil Simulasi Rahang Bawah Ramus	46
4.7 Hasil Simulasi Rahang Bawah Mikrognati	46
4.8 Hasil Pengujian Deformasi	47
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Penelitian	24
Tabel 4.1 Ukuran Desain Pembuatan Rahang Bawah	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mesin printer 3D	4
Gambar 2.2	Filament PLA	9
Gambar 2.3	Filament ABS	11
Gambar 2.4	Diagram Alir Perancangan	12
Gambar 2.5	Merekonstruksi Model 3D	13
Gambar 2.6	Sifat Material Dari Model Rahang Bawah	15
Gambar 2.7	Model Rahang Bawah Manusia	15
Gambar 2.8	Mewujudkan <i>Magics</i>	16
Gambar 2.9	Model 3D Dan Komposit Yang Disesuaikan 3D	16
Gambar 2.10	Analisis eksperimental	17
Gambar 2.11	Grafik Kurva	17
Gambar 2.12	Rahang Bawah Ramus	18
Gambar 2.13	Rahang Bawah <i>Alveolar Ridge</i>	20
Gambar 2.14	Rahang Bawah Edentulus	21
Gambar 2.15	Rahang Bawah <i>The Body</i>	22
Gambar 2.16	<i>Bioceramic</i>	23
Gambar 3.1	Mesin Printer 3D	26
Gambar 3.2	Laptop	26
Gambar 3.3	Filament PLA	27
Gambar 3.4	Filament ABS	29
Gambar 3.5	Diagram Alir Rancangan Rahang Bawah	30
Gambar 3.6	Tampilan Awal <i>Solidworks</i>	31
Gambar 3.7	Tampilan Menu	31
Gambar 3.8	Menu Bar	32
Gambar 3.9	<i>Tab Sketch</i>	32
Gambar 3.10	Plane Bidang Gambar	32
Gambar 3.11	Pemilihan Plane	33
Gambar 3.12	Pemilihan <i>Window Property</i>	33
Gambar 3.13	Pemilihan <i>Tool Buttom Smart Dimension</i>	34
Gambar 3.14	Lalu Klik Garis Horizontal	34
Gambar 3.15	Membuat Geometry 3D	35
Gambar 3.16	Garis Yang Diklik Pada Geometry	35
Gambar 3.17	<i>Tool Buttom Convert</i>	36
Gambar 3.18	<i>Tool Buttom Convert Entitics</i>	36
Gambar 3.19	<i>Tool Buttom Mirror</i>	37
Gambar 3.20	Pembuatan Duplikat Entities	37
Gambar 3.21	<i>Preview Hasil Mirror</i> Rahang	38
Gambar 3.22	Hasil Gambar Rahang Bawah	38
Gambar 3.23	Rancangan Struktur Rahang Bawah	39
Gambar 3.24	Proses Pembuatan Rahang Bawah	39
Gambar 3.25	Pengoperasian Mesin Printer 3D Prusa i3 A8	40
Gambar 4.1	Hasil Gambar Rahang Bawah	41
Gambar 4.2	Prosedur Simulasi	41
Gambar 4.3	Hasil Proses <i>Meshing</i>	42
Gambar 4.4	Hasil Pembuatan Spesimen	42

Gambar 4.5	Hasil Desain Rahang Bawah <i>The Body</i>	43
Gambar 4.6	Hasil Desain Rahang Bawah Ramus	44
Gambar 4.7	Hasil Desain Rahang Bawah Mikroganti	45
Gambar 4.8	Rahang Bawah Yang Terbaik	45
Gambar 4.9	Hasil Simulasi Rahang Bawah <i>The Body</i>	46
Gambar 4.10	Hasil Simulasi Rahang Bawah Ramus	46
Gambar 4.11	Hasil Simulasi Rahang Bawah <i>Mikroganti</i>	47
Gambar 4.12	Grafik Total Deformasi	47

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman hingga saat ini kemajuan teknologi berkembang sangat pesat, dengan berjalannya waktu dan berkembangnya pola pikir manusia. Hal ini berdampak juga dengan dunia kesehatan, karena itu dunia kesehatan membutuhkan peralatan dan alat-alat medis yang terbaru dan canggih serta akan kemudahan dan efisiensi dalam penggunaannya terutama yang berhubungan dengan penelitian.

Pemanfaatan rancangan prototipe struktur rahang bawah manusia dalam dunia kesehatan. Beberapa instansi-instansi dan sekolah kesehatan yang membutuhkan serta memanfaatkan alat prototipe struktur rahang bawah manusia instansi kesehatan yang memanfaatkan alat prototipe ini diantaranya untuk alat peraga menjelaskan tentang uji fungsi serta komponen-komponen yang ada di rahang bawah manusia.

Rahang adalah tulang punggung kerangka wajah. Dari struktur anatomi mereka tidak hanya tergantung pada keindahan profil, tapi juga penting untuk fungsi kehidupan. Mereka menyediakan mengunyah, menelan, bernapas berbicara, pembentukan gigi berlubang untuk indera dan banyak lagi. Menurut anatomi manusia rahang atas adalah sepasang dan rahang bawah tidak berpasangan.

Struktur rahang bawah mengasumsikan tubuh dan dua proses (cabang) berbeda dengan bagian atas, busur terbesar di dalamnya adalah basal dan yang terkecil. Tubuh terdiri dari dua bagian dasar dan bagian alveolar Pada tahun pertama kehidupan mereka bersatu menjadi satu tulang. Ketinggian tiap setengahnya lebih besar dari ketebalannya untuk permukaannya terpasang otot mengunyah kekasaran. Inilah satu-satunya bagian tengkorak wajah, yang memiliki kemampuan bergerak. Pada permukaan luar rahang bawah memiliki tonjolan dagu. Di luarnya berdiri dagu, bagian atas dan luarnya adalah bukaan dagu. Ini sesuai dengan penempatan akar gigi kecil kedua. Di balik pembukaan ini, garis miring diarahkan ke atas yang menjadi ujung tombak cabang di atasnya ada elevasi alveolar. Enam belas alveoli untuk gigi diberikan pada lengkung alveolar anatomi. Mereka dipisahkan satu sama lain oleh septa interalveolar. Rasio ukuran rahang bawah merupakan hal penting

dalam diagnosis dan perencanaan perawatan individu. Ukuran mesiodistal pada setiap individu berbeda-beda, untuk itu perbedaan ukuran rahang yang bervariasi dapat langsung mempengaruhi rasio lengkung rahang (Trehan et.al, 2012).

Dimulainya Printing 3D dapat ditelusuri kembali ke tahun 1976 ketika printer inkjet diciptakan. Pada tahun 1984, adaptasi dan kemajuan pada konsep inkjet bermetamorfosis pada teknologi pencetakan dari pencetakan menggunakan tinta menjadi pencetakan menggunakan bahan. Dalam beberapa dekade berbagai aplikasi teknologi Printer 3D telah dikembangkan di beberapa industri. Berikut ini adalah sejarah singkat dari perkembangan pencetakan 3D

Charles Hull 1984 (salah satu pendiri 3D Systems) menciptakan teori stereolithography yaitu proses pencetakan yang memungkinkan nyata objek 3D yang akan dibuat dari data digital. Teknologi ini digunakan untuk membuat model 3D dari gambar dan memungkinkan pengguna untuk menguji desain sebelum masuk ke dalam program manufaktur. Perancangan prototipe struktur rahang bawah manusia ini di rancang dan dibuat dengan menggunakan mesin printer 3D.

Dengan latar belakang ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul: PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE STRUKTUR RAHANG BAWAH MANUSIA PADA MESIN PRINTER 3D.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah didalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang prototipe struktur rahang bawah manusia dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks*?
2. Bagaimana mendesain tiga model prototipe struktur rahang bawah manusia dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks*?
3. Bagaimana mengoperasikan mesin printer 3D prusa i3 A8?
4. Bagaimana membuat prototipe struktur rahang bawah manusia dengan menggunakan mesin printer 3D?

1.3 Ruang Lingkup

Untuk menghindari meluasnya masalah yang akan dirancang, dari pada itu penulis akan membahas masalah yang berkaitan dengan perancangan antara lain:

- Membuat perancangan rahang bawah yang bisa memberikan solusi kebutuhan dan permasalahan yang terjadi dalam sebuah institusi pendidikan tinggi yang bergerak di bidang kedokteran.
- Membuat perancangan/desain rahang bawah yang sesuai, aman dan menunjang sistem pembelajaran yang berlangsung.
- Membuat desain interior rahang bawah yang bisa merangsang daya kreatifitas mahasiswa dan kinerja dosen serta staff yang berada di lingkungan fakultas.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian dan perancangan ini adalah:

1. Untuk meningkatkan desain dan pengembangan model rahang bawah manusia yang disesuaikan menggunakan perangkat lunak *solidworks* kombinasi model yang berbeda.
2. Untuk mendesain tiga model prototipe struktur rahang bawah manusia
3. Untuk mengoperasikan mesin printer 3D prusa i3 A8 berjalan dengan baik
4. Untuk membuat prototipe struktur rahang bawah manusia dengan menggunakan mesin printer 3D

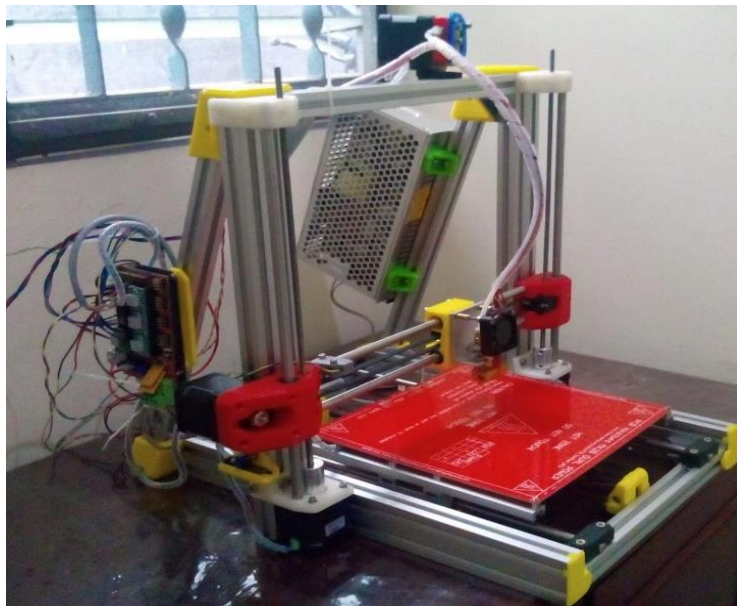
1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah merancang struktur rahang bawah manusia pada perangkat lunak *solidworks*, diperint pada mesin printer 3D dan bagi peneliti dipergunakan sebagai laporan tugas akhir, dimana salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana program studi teknik mesin universitas muhammadiyah sumatera utara. Manfaat perancangan ini bertujuan agar dapat digunakan sebagai referensi dan bahan pertimbangan dalam penelitian pada pengembangan perancangan prototipe struktur rahang bawah manusia.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Mesin Printer 3D

Teori mesin printer 3D adalah sebuah mesin pencetak yang mencetak objek secara tiga dimensi yang bisa dilihat, dipegang dan mempunyai volume. Sebuah model 3D dibangun lapis demi lapis yang proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari file digital. Penciptaan objek 3D dicetak dengan menggunakan proses aditif yang dalam prosesnya suatu objek dibuat dengan meletakkan lapisan yang berurut dari bahan sampai seluruh objek terbuat.



Gambar 2.1 Mesin printer 3D

Printer 3D, juga dikenal sebagai *Additive Manufacturing* (AM), mengacu pada proses yang digunakan untuk membuat objek tiga dimensi di mana lapisan material dibentuk di bawah kendali komputer untuk membuat objek. Benda bisa hampir sama bentuk atau geometri dan biasanya diproduksi dengan menggunakan data model digital dari model 3D atau sumber data elektronik lainnya seperti file *Additive Manufacturing File* (AMF). *STereoLithography* (STL) adalah salah satu jenis file yang paling umum yang dapat dibaca oleh printer 3D. Dengan demikian, tidak seperti material yang dikeluarkan dari persediaan dalam proses pemesinan

konvensional, pencetakan 3D atau AM membangun objek tiga dimensi dari model CAD dibantu dengan menambahkan lapisan demi lapis secara berturut-turut istilah pencetakan 3D awalnya mengacu pada proses yang menyimpan bahan pengikat ke tempat tidur bedak dengan kepala *printer inkjet* berlapis-lapis.

Baru-baru ini, istilah ini digunakan dalam bahasa vernakular populer untuk mencakup beragam teknik pembuatan aditif. Amerika Serikat dan standar teknis global menggunakan istilah resmi manufaktur aditif untuk pengertian yang lebih luas ini.

Mendefinisikan tujuh kategori proses *Additive Manufacturing* (AM) dalam maknanya sebagai berikut:

- Pengikat pengikat
- Deposisi energi terarah
- Ekstrusi bahan
- Bahan jetting
- Fusi bed bed
- Laminasi lembaran
- *Photopolymerization vat*

Pembuatan model 3D memerlukan waktu beberapa jam sampai beberapa hari, tergantung dari metode yang digunakan dan ukuran serta kompleksitas model. Sistem aditif biasanya dapat mengurangi waktu ini untuk beberapa jam, meskipun bervariasi tergantung pada jenis mesin yang digunakan dan ukuran serta jumlah model yang diproduksi secara bersamaan.

Printer 3D memberikan kemudahan bagi designer dan tim pengembangan konsep untuk memproduksi komponen dan model konsep menggunakan printer 3D sebagai *prototype*, dibandingkan menggunakan mesin Injection Moulding untuk produksi massal. Serta juga berguna untuk meminimalisir kesalahan dalam desain produk sebelum di produksi secara banyak. Untuk menciptakan sebuah objek membutuhkan model 3D secara digital yang didapatkan dengan memindai (*men-scan*) satu set model 3D/objek, atau menggambar dengan menggunakan program 3D desain seperti misalnya program *AutoCAD*, *3dsMax*, *SketchUp* dan lainnya, serta juga dapat dengan men-download dari internet.

Model 3D digital biasanya disimpan dalam format STL (*Stereo Lithography*) dan kemudian dikirim ke printer menggunakan *SD Card*. File STL perlu diproses oleh perangkat lunak yang disebut sebuah slicer yang mengubah model menjadi serangkaian lapisan tipis dan menghasilkan file *G-code* yang berisi instruksi disesuaikan dengan jenis tertentu dari printer 3D. File *G-code* ini kemudian dapat dicetak dengan perangkat lunak Printer 3D (*yang memuat G-code dan menggunakannya untuk menginstruksikan printer 3D selama proses pencetakan 3D*). Salah satu aplikasi yang paling penting dari Printer 3D adalah penggunaan model 3D dalam industri medis. Dengan Printer 3D, ahli bedah dapat menghasilkan maket dari bagian tubuh pasien mereka yang perlu dioperasi. Saat ini hampir semua dari komponen kedirgantaraan untuk mainan semakin dibangun dengan bantuan. Printer 3D dapat memberikan penghematan besar pada biaya perakitan karena dapat mencetak produk yang sudah dirakit. Penggunaan printer 3D pada perusahaan sekarang dapat melakukan eksperimen dengan ide-ide baru dan banyak alternatif desain tanpa waktu yang lama atau beban perkakas. Mereka dapat memutuskan apakah konsep produk layak atau tidak untuk mengalokasikan sumber daya tambahan. Printer 3D bahkan bisa menantang metode produksi massal di masa depan dan juga akan berdampak pada begitu banyak industri, seperti otomotif, medis, dan peralatan industri. (<http://www.partner3d.com>, diakses tanggal 23 Agustus 2018)

2.2 Prinsip Dasar Mesin Printer 3D

Kebutuhan mencetak tidak lagi sekedar di atas kertas. Kemajuan teknologi dapat mewujudkan apa yang ada di imajinasi anda kedalam bentuk yang lebih nyata dan dapat dirasakan melalui sentuhan. Kehadiran Printer 3D menjawab kebutuhan akan mencetak sebuah produk nyata. Printer 3D adalah proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari sebuah desain secara digital menjadi bentuk 3D yang tidak hanya dapat dilihat tapi juga dipegang dan memiliki volume.

Pada dasarnya, cara kerja membuat cetakan 3 dimensi sama saja dengan printer injeksi konvensional dimana printer membuat layar atau lapisan-lapisan cetakan warna untuk membuat sebuah objek terlihat seperti seharusnya. Hanya saja pada printer 3D yang digunakan bukanlah tinta tetapi plastik molten wax dan material lainnya sehingga menjadi sebuah objek yang diinginkan.

Prinsip utama untuk pencetakan printer 3D yaitu membutuhkan data yang berbentuk tiga dimensi juga atau yang disebut dengan data digital tiga dimensi. Dalam dunia keteknikan biasa disebut *CAD (Computer Aided Design)*. *CAD* merupakan aplikasi yang mampu menampilkan data dalam tiga dimensi. Berbeda dengan teknologi seperti pada mesin *CNC (Computer Numerical Control)* yaitu *subtractive manufacturing*, Printing 3D menganut teknologi *additive manufacturing* dimana objek terbangun dengan membentuk layar perlayer material, bukan membuang material seperti pada laser cutting/milling. Setelah produk tersebut keluar/dikeluarkan oleh *ejector*, maka siap untuk dilakukan pengejekan berikutnya sesuai dengan alur yang telah diuraikan diatas. (<http://www.partner3d.com>, diakses tanggal 23 Agustus 2018)

2.3 Cara Kerja Mesin Printer 3D

- Model Objek 3D

Model objek 3D dapat dibuat dengan menggunakan perangkat lunak khusus untuk model desain 3D yang printernya mendukung contohnya seperti *solidwork*, *catia*, *delcam* dll.

- Proses Printing

Apabila desainnya sudah dibuat anda bisa langsung print di Printer 3D. Kemudian proses pencetakan pun dimulai, lamanya proses pencetakan ini tergantung dari besar dan ukuran model. Proses printing menggunakan prinsip dasar Additive layer dengan rangkaian proses mesin membaca rancangan 3D dan mulai menyusun lapisan secara berturut-turut untuk membangun model virtual digabungkan secara otomatis untuk membentuk susunan lengkap yang utuh.

- Finishing

Finishing pada tahap ini anda dapat menyempurnakan bagian-bagian kompleks yang berbeda dari yang diinginkan teknik tambaha nuntuk menyempurnakan proses ini dapat pula menggunakan teknik multiple material atau material berbeda multiple color atau kombinasi warna. (<http://www.Partner3d.com>, diakses tanggal 23 Agustus 2018)

2.4 Filament PLA (*Polylactic Acid*)

Filament *Polylactic Acid* (PLA) adalah termoplastik *biodegradable*, terbuat dari pati jagung. Selain penggunaan untuk filament 3D, PLA juga digunakan

sebagai implant medis, kemasan makanan dan peralatan makanan sekali pakai. Keunggulan lebih dari PLA adalah mudah dicetak.

Filament PLA dapat dipanaskan hingga meleleh dan dapat di print pada suhu 120°C-200°C tanpa harus memanaskan alas printer bed terlebih dahulu. Tetapi sangat disarankan alas printer bed memiliki panas 60°C. PLA tidak terlalu sensitif terhadap perubahan suhu. jika beberapa model printer 3D memiliki desain yang tidak tertutup pada bagian pencetaknya kemungkinan besar penggunaan PLA akan lebih baik. Pada penggunaan PLA, biasanya mengalami penyumbatan pada ujung *nozzle* printer 3D. Ini disebabkan sifat lengket dan mengembang saat di panaskan. Untuk mengatasi masalah tersebut tambahkan sedikit minyak pada ujung *nozzle*, baca kembali pengaturan pada setiap petunjuk printer mengenai setting panas dan lainnya, kelebihan PLA adalah tidak perlu cemas mengenai hasil cetak pada printer bed saat dilepaskan pecah, melengkung atau mengalami penyusutan. PLA agak sedikit lebih rapuh dibandingkan dengan plastik lainnya. Jika terjatuh atau terpukul beberapa bagian mungkin saja pecah dan jika memiliki design yang tipis akan mudah pecah saat dilakukannya stress test atau sengaja di bengkokkan pada benda hasil printer 3D menggunakan filament PLA.

Asap dari proses pencetakan 3D menggunakan PLA Jika kebetulan mencium aroma asap dari PLN ini mungkin anda akan terkejut karena baunya enak, mungkin ini berkaitan dengan bahan yang terkandung dari PLA yaitu dari pati jagung. PLA ini merupakan bioplastik yang dapat didaur ulang. Dan penggunaan PLA ini sangat cocok dibentuk sebagai kotak, sebagai hadiah, model *figure*, bagian-bagian prototipe. Penggunaan PLA ini tidak terlalu sensitif dengan suhu ruangan dan tidak larut juga dengan air. Untuk model-model dengan kerumitan atau detail yang lebih tinggi PLA bisa menghandelnya dengan baik walaupun ABS bisa melakukannya akan tetapi butuh settingan yang sesuai dan temperature printer yang sesuai. Jika membuat suatu object dengan penggunaan pada suhu lebih dari 60°C dibenturkan atau dijatuhkan maka jangan menggunakan filament PLA.

Karakteristik secara umum dari PLA adalah tidak beracun, menyempit pada saat dipanaskan sehingga cocok digunakan sebagai bahan pembungkus dapat digunakan untuk aplikasi pencetakan 3D. Namun disisi lain suhu transisi yang relatif rendah menjadikan material ini cocok digunakan untuk aplikasi yang

bersentuhan dengan cairan panas yang berlebih. Dengan demikian aplikasi yang cocok dengan PLA adalah digunakan untuk membuat protipe perangkat medis. Yang paling menarik adalah PLA dapat mengalami degradasi atau pelapukan pada waktu tertentu, menurut beberapa literatur waktu pelapukannya berkisar antara 6 hingga 24 bulan. Dengan kondisi seperti ini, sampah botol yang dibuat dengan PLA akan mengalami pelapukan sehingga menjadi lebih ramah lingkungan.

Kelebihan Polylactic Acid (PLA) yang bersifat *biodegradable* dan memiliki karakteristik yang mirip dengan *polypropylene* (PP), *polyethylene* (PE), atau *polystyrene* (PS) yang bisa diproduksi dari peralatan manufaktur yang sudah ada sehingga bisa menekan biaya produksi. Dengan demikian PLA memiliki volume produksi yang besar di bidang bioplastik.

Suhu cetak umum PLA adalah antara 180°C hingga 220°C. Bahan ini sedikit fleksibel, namun menghasilkan cangkang luar yang harus dari benda tercetak. PLA lebih disukai untuk 3D mencetak benda yang lebih kecil. PLA lebih dipilih untuk digunakan pada bidang pendidikan terutama di sekolah tahap dasar karena aman tidak mengandung racun dan memiliki aroma yang wangi sehingga cocok jika digunakan oleh peserta didik. (<https://www.cetak3dimensi.ga>, diakses tanggal 23 Agustus 2018)



Gambar 2.2 Filament PLA

2.5 Filament ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)

Filament *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) adalah termoplastik berbasis minyak. Biasa ditemukan pada sistem pipa (DWV), trim otomotif, helm, dan mainan seperti lego. Benda yang dicetak dengan ABS memiliki kekuatan, fleksibilitas dan daya tahan yang lebih tinggi dari pada yang dibuat dari PLA.

Dengan proses cetak agak sedikit rumit lengkap dengan bau asapnya. Filament ABS dapat dipanaskan hingga meleleh dan dapat di print pada suhu 210°C-240°C dengan harus memanaskan alas printer bed terlebih dahulu dengan suhu minimal 80°C lebih baik.

ABS memiliki *glass transition zone* atau suhu yang melunak pada plastik dengan suhu 50°C ini sangat penting dikarenakan jika penggunaan hasil cetakan diaplikasikan pada kendaraan atau tatakan minuman panas sangat tidak diinginkan saat digunakan berubah bentuk. ABS bersifat plastik yang cenderung sangat mudah dicetak dengan panas sesuai dengan suhunya dan tanpa takut macet atau penyumbatan pada *nozzle* printer 3D. Yang sangat perlu diperhatikan adalah ABS setelah mengalami pendinginan akan mengalami penyusutan atau pengecilan. Penyusutan dapat menyebabkan masalah pada saat melepas hasil cetakan dari bed atau lapisan retak atau membelah saat tinggi benda meningkat saat di print. Untuk mengatasi masalah ini, harus diperhatikan adalah bed printer yang harus dipanaskan dan sebaiknya printer tertutup atau tidak langsung terkena paparan udara dan tidak didalam ruangan yang dingin. Hindari proses pencetakan dengan suhu atau ruangan yang mempercepat pendinginan.

ABS adalah plastik yang cukup kuat jika dicetak pada suhu yang sesuai dan akan mendapatkan ikatan lapisan yang bagus. ABS dilakukan stress test seperti benturan atau tekukan akan cukup kuat menahannya. Salah satu kekurangan ABS adalah bau yang kuat saat dicetak, meskipun tidak mengganggu kebanyakan orang, beberapa orang mungkin memiliki masalah dengan mencetak ABS dalam kondisi ruangan tertutup. Merekomendasikan mencetak diruangan yang memiliki ventilasi yang baik, baik itu menggunakan ABS atau PLA. Mencetak sebuah benda yang mungkin akan terjatuh, diletakkan dilingkungan yang panas atau digunakan dengan benturan-benturan penggunaan ABS hal yang paling sempurna. Seperti gagang pisau, tapak gelas panas, mainan, cincin. Singkatnya, ini sangat bagus untuk kebanyakan printer 3D tertutup atau tidak langsung terkena paparan udara dan tidak didalam ruangan yang dingin. Hindari proses pencetakan dengan suhu atau ruangan yang mempercepat pendinginan.

Kelebihan filamet ABS adalah plastik yang cukup kuat jika dicetak pada suhu yang sesuai dan akan mendapatkan ikatan lapisan yang bagus. ABS dilakukan

stress test seperti benturan atau tekukan akan cukup kuat menahannya. (<https://www.cetak3dimensi.ga>, diakses tanggal 23 Agustus 2018)



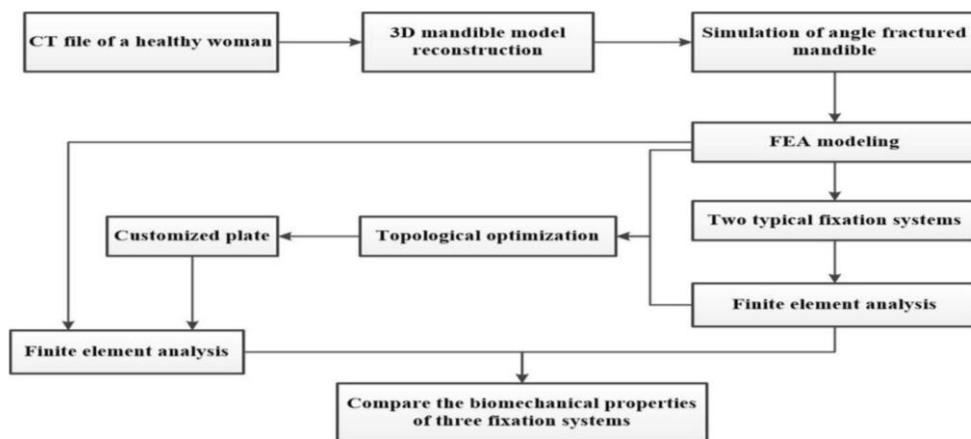
Gambar 2.3 Filament ABS

2.6 Teori Rahang Bawah Manusia

Perancangan rahang bawah *edentulous* komposit tiga dimensi (3D) pertama kali diproduksi menggunakan teknik *stereolithografi* (SLA) dengan bahan komposit. Pemindaian 3D rahang bawah manusia dilakukan menggunakan *Cyberware Mini Scanner* dan data dari pemindai dianalisis dan diperbaiki melalui penggunaan *Rapid Form* dan *Materialize Magics* untuk memastikan bahwa geometri CAD kedap air dan cocok untuk fabrikasi. Inti bagian dalam model komposit terdiri dari resin akrilik yang dapat disembuhkan dengan sifat mekanik yang mirip dengan tulang *trabecular*. Cangkang luar dari model rahang bawah terdiri dari serat diperkuat serat foto dapat disembuhkan kaca dan bahan ini digunakan untuk inti untuk mensimulasikan anisotropi tulang kompak dari lengkung rahang bawah. Untuk memvalidasi model rahang bawah polimer dan komposit, uji eksperimental dirancang dan dilakukan dengan memuat model komposit melalui kondilus hingga beban maksimum 20N. Kondisi pengujian mereproduksi konfigurasi pemuatan yang ditemukan dalam karya ilmiah sebelumnya. *Ekstensometer* digunakan untuk merekam perpindahan lokal di wilayah simfisis. Akhirnya, hasilnya dibandingkan dengan rahang bawah manusia.

Plat fiksasi yang disesuaikan dirancang dengan program optimasi topologi di Abaqus (*V6.14 Dassault Systèmes Cedex, Prancis*) dan dipasang pada rahang bawah dengan fraktur sudut mimicked dalam 3-matic (*V9.0, Materialize, Leuven*,

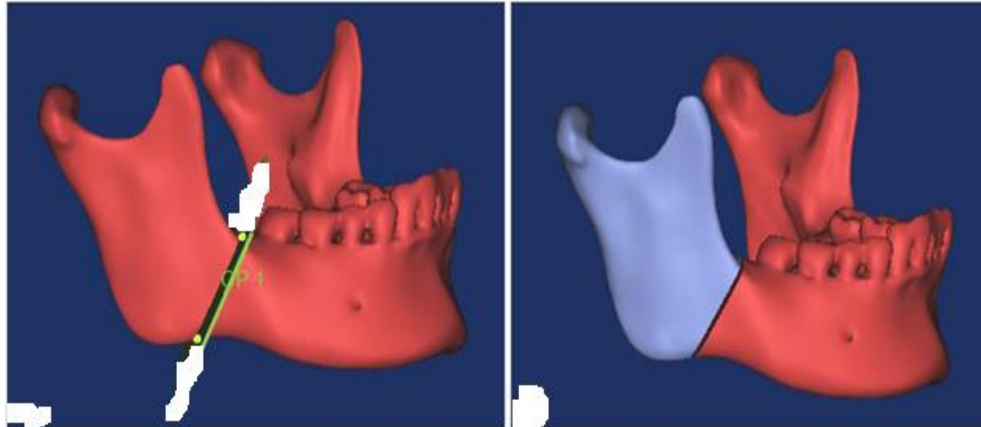
Belgia, alat aksesoris untuk MIMICS). Fraktur sudut kanan dengan celah 1 mm dibuat pada model 3D diMIMICS (V16.0, Materialize, Leuven, Belgia). Dan kemudian, dua sistem fiksasi konvensional (tipe A satu mini-plate, tipe B dua mini-plate) dianalisis oleh FEM dan data hasilnya digunakan sebagai kendala untuk desain optimal yang disesuaikan, juga mengambil memperhitungkan keberadaan saraf *alveolar* inferior. Setelah desain yang optimal untuk mendapatkan plat yang disesuaikan, model rahang bawah fraktur tiga sudut untuk tiga modalitas fix yang berbeda dibandingkan dan dianalisis: tipe A, tipe B, dan tipe C. Kinerja biomekanik dari tiga sistem fiksasi kaku internal untuk rahang bawah dengan celah fraktur 1 mm diselidiki. Tegangan maksimum *von Mises*, regangan utama dan perpindahan diukur dari setiap simulasi numerik. Secara total, 27 set data (113,6×98,1×85,1 mm hasil pengukuran) dibandingkan dan dianalisis. Gambar menunjukkan diagram alir perancangan ini, mulai dari file CT seorang wanita yang sehat, kemudian membandingkan hasilnya (stres, regangan dan distribusi dis-penempatan) dari FEA, dan akhirnya memvalidasi rahang yang disesuaikan.



Gambar 2.4 Diagram Alir Perancangan.

2.6.1 Rekonstruksi Model 3D

File CT seorang wanita sehat digunakan untuk merekonstruksi model 3D dengan kontur berbagai jaringan keras dalam MIMICS. Sepuluh model rahang bawah 3D yang direpresentasikan sebagai triangular mesh direkonstruksi sebagai topeng baru melalui wilayah ekstraksi yang menarik. Akhirnya fraktur sudut dengan celah 1 mm pada sisi kanan rahang bawah diciptakan oleh alat pemotong di MIMICS, dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.5 Merekonstruksi Model 3D

2.6.2 Pemodelan Rahang Bawah Manusia

Biomekanik khas sistem fiksasi Sebenarnya, jerat segitiga yang dibuat dari MIMICS hanya membentuk model permukaan. Tetapi jerat volume diperlukan untuk analisis elemen hingga. Jadi 3-matic digunakan untuk membuat jerat volume berkualitas tinggi untuk fraktur rahang bawah dan sistem fiksasi.

Te Abaqus digunakan untuk menganalisis kinerja biomekanik dari rahang bawah fraktur dengan modalitas fiksasi kaku internal yang berbeda. Dalam banyak penelitian FEA, sifat material tulang diasumsikan sebagai bahan homogen atau dua jenis bahan termasuk tulang kortikal dan kancellus. Pada kenyataannya, rahang bawah tidak homogen dalam material dan terdiri dari berbagai komponen tulang, sehingga tulang yang berada di area yang berbeda memiliki modulus elastisitas dan rasio poisson yang berbeda karena derajat kalsifikasi yang berbeda. Dengan demikian, beberapa peneliti melaporkan bahwa properti material tulang dapat dihitung pada *unit Hounsfield* (HU) nilai gambar CT, dan kepadatan nyata dapat dikaitkan dengan modulus elastisitas. Properti material rahang bawah yang didasarkan pada persamaan berikut:

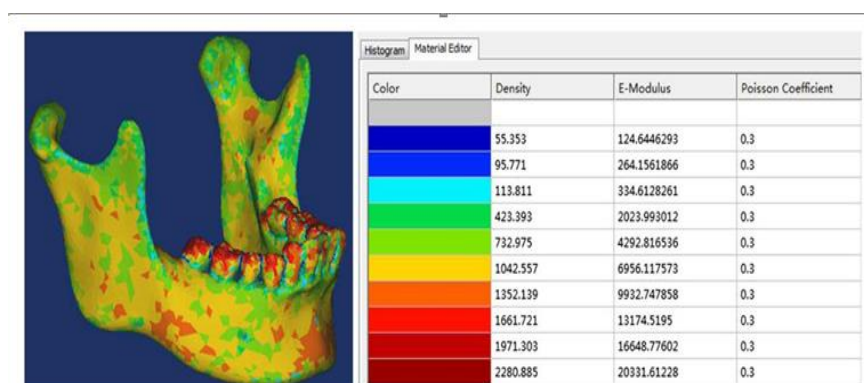
$$p = 114 + 0,756 \times HU \quad (2.1)$$

$$E = 0,51 \times p = 1,37 \quad (2.2)$$

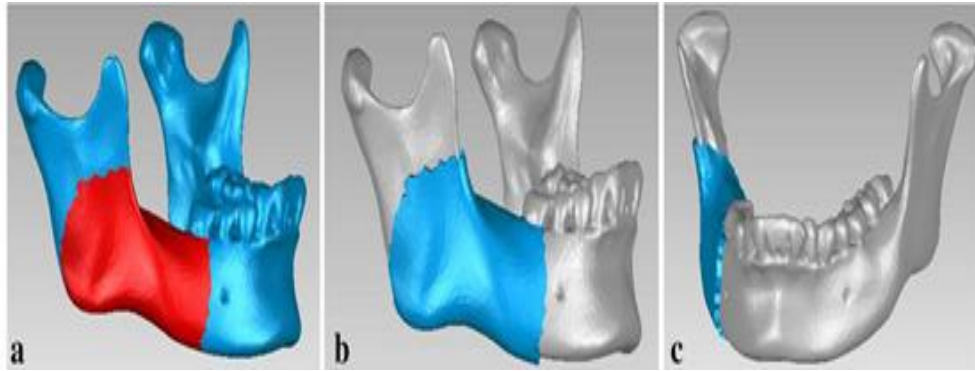
Nilai-nilai HU dari masker rahang bawah dibagi rata menjadi sepuluh kelompok untuk mewakili distribusi *nouniform* dari sifat rahang bawah. Kerusakan tulang berkisar antara 0,055 hingga 2,281 g/m³ berdasarkan file CT. *Modulus Te Young* berkisar antara 0,125 hingga 20,331 GPa berdasarkan kepadatan tulang. Dan

modulus Young maksimum didistribusikan di sekitar gigi, yang konsisten dengan penelitian lain. Modulus Te Young ditetapkan sebagai 116 GPa untuk pelat dan sekrup titanium alloy (Ti-6Al-4V). Dan semua pelat dan sekrup memiliki rasio poisson yang sama yaitu 0,34. Situasi oklusal pohon yang disimulasikan pada posisi gigi yang berbeda diaplikasikan pada model mandibula fraktur sudut: pemuatan I, pemuatan gigi seri dengan 125N, pemuatan II, pemuatan molar kedua kiri dengan 250N, dan pemuatan III, pemuatan molar kedua kanan dengan 250N, dan arah beban semuanya vertikal. Kedua kondilus diperbaiki pada derajat kebebasan, mensimulasikan saat menggigit. Otot mandibula disimulasikan sebagai pegas tanpa resistensi selama kompresi, nilai kekakuan pegas sepuluh diambil dari penelitian terkait otot masseter 16,35N/mm, otot pterigoid lateral 12N/mm, medial otot pterygoid 15N/mm, dan otot temporalis 14N/mm, dan area interaksi otot ditunjukkan pada Gambar. 4. Dan arah vektor struktur otot dirancang dari studi yang dipublikasikan. Hubungan kontak antara bagian-bagian tulang sepanjang celah yang retak ditetapkan sebagai kontak keras. Dan interaksi sekrup-tulang, dan sekrup-pelat ditetapkan sebagai ikatan tie, tanpa gerakan relatif pada antarmuka ini.

Dua sistem fiksasi yang khas termasuk pelat dan sekrup dimodelkan dan diperbaiki pada rahang bawah fraktur sudut menggunakan perangkat lunak 3 matic. Dan sifat-sifat biomekanik dari mandibula rekah yang diperbaiki dengan dua sistem fiksasi yang berbeda dihitung dengan analisis elemen hingga. Seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.6 Sifat Material Dari Model Rahang Bawah

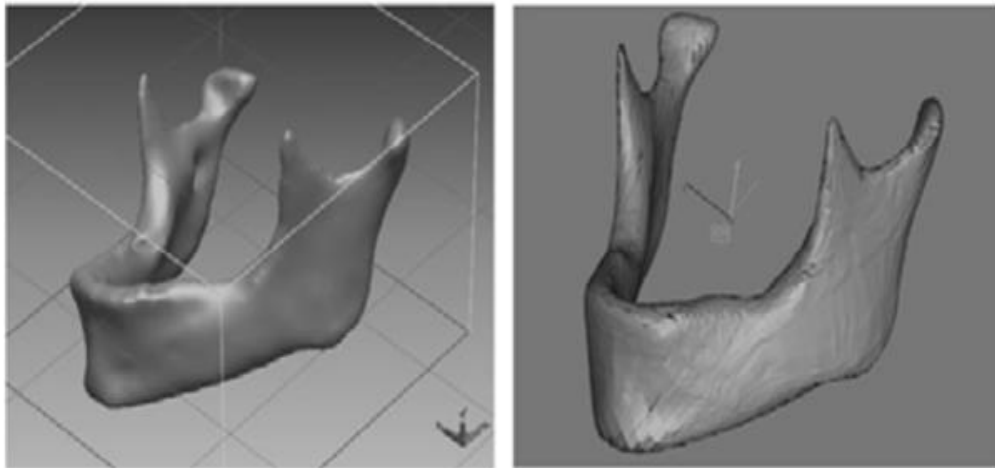


Gambar 2.7 Model Rahang Bawah Manusia

2.7 Metode Dan Bahan Rahang Bawah Manusia

rahang bawah *edentulous* komposit tiga dimensi (3D) pertama kali diproduksi menggunakan teknik *stereolithografi* (SLA) dengan bahan komposit. Pemindaian 3D rahang bawah manusia dilakukan menggunakan *Cyberware Mini Scanner* dan data dari pemindai dianalisis dan diperbaiki melalui penggunaan *Rapid Form* dan *Materialize Magics* untuk memastikan bahwa geometri CAD kedap air dan cocok untuk fabrikasi. Inti bagian dalam model komposit terdiri dari resin akrilik yang dapat disembuhkan dengan sifat mekanik yang mirip dengan tulang trabecular. Cangkang luar dari model mandibula terdiri dari serat diperkuat serat foto-dapat disembuhkan kaca dan bahan ini digunakan untuk inti untuk mensimulasikan anisotropi tulang kompak dari lengkung mandibula. Untuk memvalidasi model mandibula polimer dan komposit, uji eksperimental dirancang dan dilakukan dengan memuat model komposit melalui kondilus hingga beban maksimum 20 N. Kondisi pengujian mereproduksi konfigurasi pemuatan yang ditemukan dalam karya ilmiah sebelumnya. Ekstensometer digunakan untuk merekam perpindahan lokal di wilayah simfisis. Akhirnya, hasilnya dibandingkan dengan rahang bawah manusia.

3D rahang bawah manusia diperoleh dari data pemindaian 3D, menggunakan perangkat lunak khusus seperti *Rapidform* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

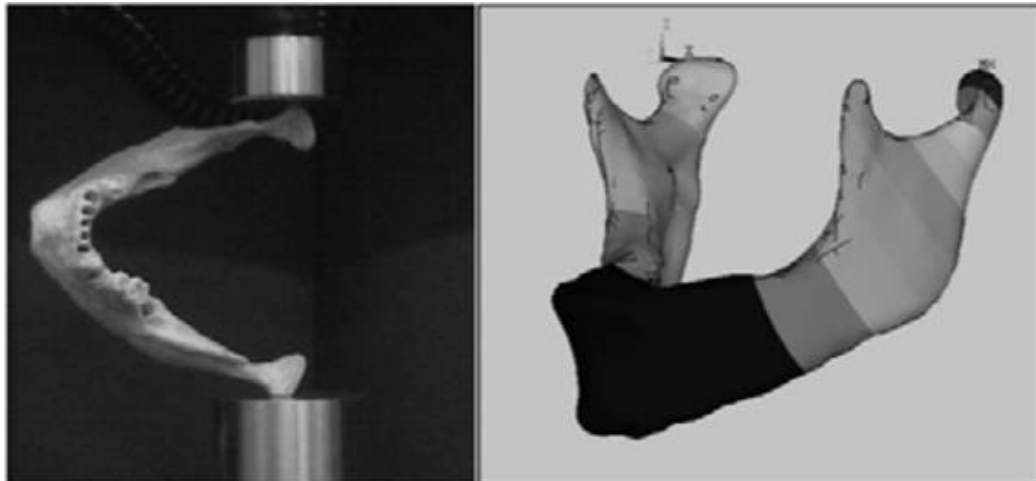


Gambar 2.8 Mewujudkan *Magics*

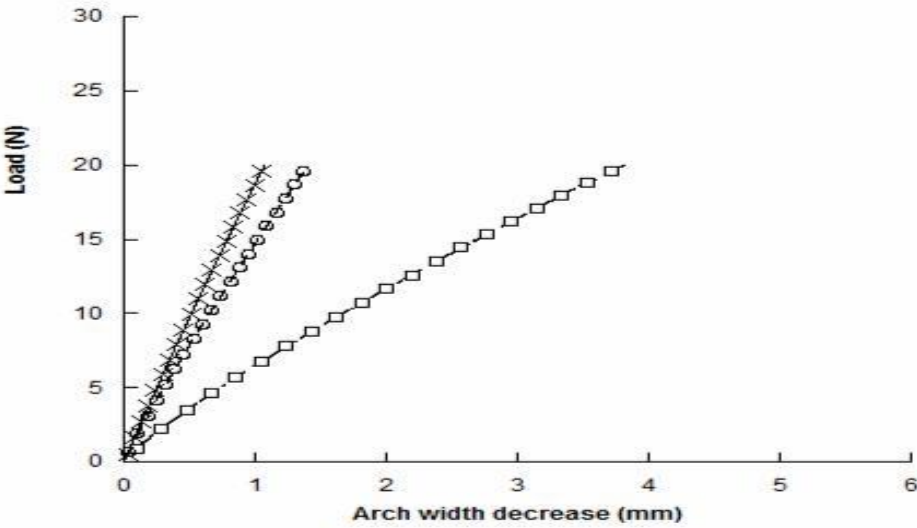
Untuk desain model rahang bawah, tulang trabecular direplikasi dengan resin akrilik yang memiliki modulus Young 2,0 GPa (Gambar 2) dan nilai ini dekat dengan yang diukur untuk tulang *trabecular* (2,2 GPa) dalam simfisis rahang bawah dan sepanjang arah bucco-lingual. Langkah selanjutnya adalah menundukkan mandibula manusia pada uji pemindahan beban seperti yang ditunjukkan pada Gambar dibawah ini:



Gambar 2.9 Model 3D dan komposit yang disesuaikan 3D



Gambar 2.10 Analisis eksperimental dan teoritis dilakukan pada tulang rahang. Akhirnya, kekakuan model manusia dan sintetis dievaluasi dengan memeriksa kemiringan wilayah linier awal kurva beban-perpindahan. Berbeda dengan model polimer, model komposit dan mandibula manusia menunjukkan kurva penurunan lebar lengkung-beban yang linier hingga beban maksimum 20N.

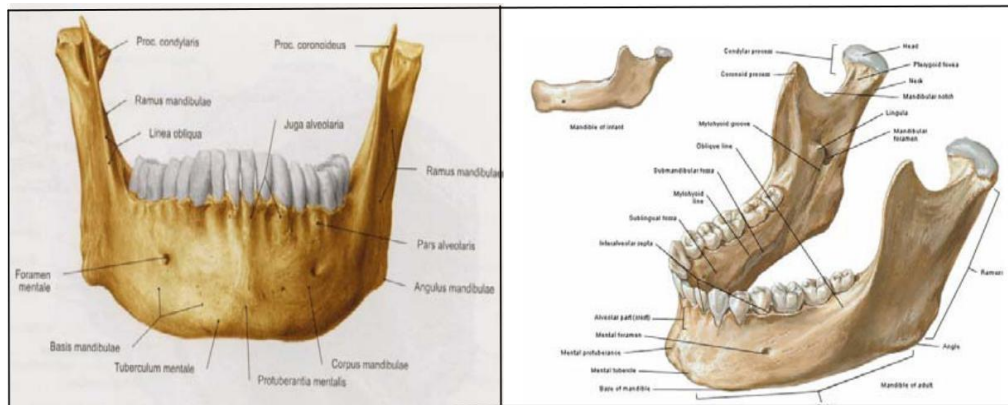


Gambar 2.11 Grafik Kurva dari model Rahang Bawah manusia.

Kekakuan model polimer dan komposit yang dimuat melalui kondilus adalah $5,1 \pm 0,5$ N/mm dan $14,1 \pm 1,9$ N/mm, masing-masing; sedangkan untuk rahang bawah manusia, nilai $17,5 \pm 1,8$ N/mm tercapai. Sejalan dengan *Hobkirk* dan *Schwab* (1991), beban otot pterygoid pada 16N akan sama dengan pengurangan 1 mm dalam hal jarak antara kondilus. Akibatnya, kekakuan rahang bawah *in-vitro* adalah 16 N/mm. Kekakuan model komposit yang dirancang dekat dengan nilai mandibula manusia ($17,5 \pm 1,8$ N/mm).

2.8 Rahang Bawah Ramus

Ramus merupakan bagian vertikal yang berada di sisi kanan dan kiri korpus mandibula. Tempat bertemunya korpus mandibula dengan ramus pada masing-masing sisi disebut angulus mandibula. Pada ujung dari masing-masing ramus terdapat dua buah tonjolan yang disebut prosesus kondiloideus dan prosesus koronoideus. Pada bagian tengah ramus terdapat foramen mandibula. (<http://repository.usu.ac.id>, diakses tanggal 23 Agustus 2018)



Gambar 2.12 Rahang Bawah Ramus

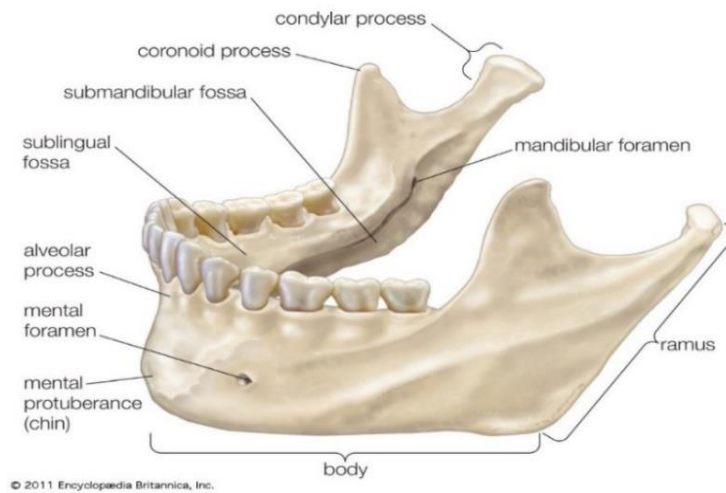
2.9 Rahang Bawah Alveolar Ridge

Tulang alveolar (*alveolar bone proper*) atau yang biasa disebut *prosesus alveolaris* adalah bagian dari tulang maksila dan mandibula yang terbentuk menebal seperti dinding (*ridge*) dan mendukung soket gigi (*alveoli*). Seluruh dinding tulang alveolar membentuk kesatuan atau lengkungan rahang yang dapat disebut dengan *alveolar ridge*. Tulang ini terbentuk sewaktu gigi erupsi yang berfungsi untuk memberikan tempat perlekatan bagi ligamen periodontal yang akan terbentuk. Pada gigi yang tidak erupsi seperti pada kasus anodontia, tulang alveolar tidak terbentuk. Kelainan pertumbuhan tulang alveolar terjadi oleh karena tidak adanya respon tulang akibat tidak adanya benih gigi.

Tulang alveolar dibagi menjadi tulang alveolar sejati (*alveolar bone proper*) dan tulang alveolar pendukung (*supporting alveolar bone*). Tulang alveolar sejati Meskipun tulang alveolar sejati terdiri dari tulang kompak, tetapi mengandung banyak lubang dimana kanal Volkman melewati tulang alveolar ke ligamen periodontal. Tulang alveolar sejati memiliki batas yang paling luar yang disebut *alveolar crest*. Pada jaringan periodontal yang sehat, puncak alveolar sedikit apikal ke *cementoenamel junction* (CEJ) sekitar 1,5-2 mm. Tulang alveolar

pendukung terdiri dari tulang kortikal dan tulang trabekular. Tulang kortikal atau plat kortikal, terdiri dari plat tulang kompak pada permukaan wajah dan lingual dari tulang alveolar. Plat kortikal biasanya sekitar 1,5-3 mm diatas gigi posterior, tetapi ketebalan sangat bervariasi pada gigi anterior. Plat kortikal maksila lebih tebal dibandingkan dengan mandibula. Tulang trabekular terdiri dari tulang kancellus yang terletak antara tulang alveolar sejati dan lempeng tulang kortikal.

Bagian rahang bawah yang miring di samping disebut rami (cabang). Sendi dengan cara rahang bawah mampu membuat semua gerakan bervariasi adalah antara kenop bulat, atau kondilus, di sudut belakang atas setiap ramus dan depresi, yang disebut fossa glenoid, di setiap tulang temporal. Lain, proyeksi yang agak tajam di bagian atas setiap ramus dan di depan, yang disebut proses koronoid, tidak membentuk bagian dari sendi. Terlampir pada otot temporalis, yang berfungsi dengan otot-otot lain dalam menutup rahang. Di sisi dalam ramus dari kedua sisi adalah pembukaan, besar ditempatkan miring ke saluran kanalis untuk saraf, arteri, dan vena. Proses resorpsi menyebabkan permukaan tulang tidak rata, dan pada tulang knife edge ditandai dengan jaringan lunak yang berlebih. Oleh karena itu, diperlukan palpasi pada saat pemeriksaan intra oral untuk memastikan bentuk tulang alveolus. Radiografi sefalometri memberikan data yang akurat untuk menentukan besarnya kehilangan tulang. Selain itu terdapat beberapa cara untuk menganalisa besarnya resorpsi pada tulang, yaitu menggunakan kaliper untuk melihat tinggi tulang rahang dento-counthograph perbandingan dengan model, metode photogrammetric, dan skala visualanalog klasifikasi bentuk tulang Sephalogram arah lateral menunjukkan perubahan yang signifikan pada bagian labial, puncak dan lingual dari tulang pasca pencabutan gigi-geligi. Terdapat beberapa klasifikasi bentuk tulang alveolus.



Gambar 2.13 Rahang *Alveolar Ridge*

2.10 Rahang Edentulus

Rahang edentulus seluruh gigi di rahang atas dan di rahang bawah dapat disebut rahang tidak bergigi atau edentulus. Kehilangan gigi geligi meningkat seiring dengan bertambahnya usia akibat efek kumulatif dari karies dan penyakit periodontal. Kehilangan gigi menyebabkan menurunnya rangsangan mekanis. Rangsangan mekanis menurun akibat beban eksternal berkurang. Rangsangan mekanis yang menurun menyebabkan berkurangnya produksi aliran fluida ke dalam sel.

Aliran fluida berguna untuk memberikan informasi biologis untuk osteosit memulai metabolisme tulang. Osteosit yang diaktifkan secara mekanis menghasilkan molekul sinyal seperti *bone morphogenetic proteins* (BMP) dan prostaglandin E2 (PGE2). Osteosit adalah *mechanosensors* yang mengirimkan sinyal ke permukaan tulang, melalui jaringan kanalikuli, menstimulasi osteoblas untuk pembentukan tulang. Kurangnya sinyal osteosit pada permukaan tulang menstimulasi osteoklas untuk resorpsi tulang. Akibat jumlah dan aktivitas osteoklas yang lebih tinggi dibandingkan osteoblas proses resorpsi tulang tidak diikuti aposisi tulang, proses *remodeling* tulang menurun sehingga terjadi resorpsi tulang alveolar.

Pada rahang edentulus terjadi penurunan fungsi dan status kesehatan mulut. Menurut evaluasi hubungan antara fungsi mulut dan gigi, rahang dengan gigi dibawah 20 gigi, yaitu dibawah sepuluh hingga sembilan pasang gigi kontak,

mengakibatkan gangguan efisiensi pengunyahan, kinerja, dan kemampuan mengunyah. (<http://repository.usu.ac.id>, diakses tanggal 23 Agustus 2018)

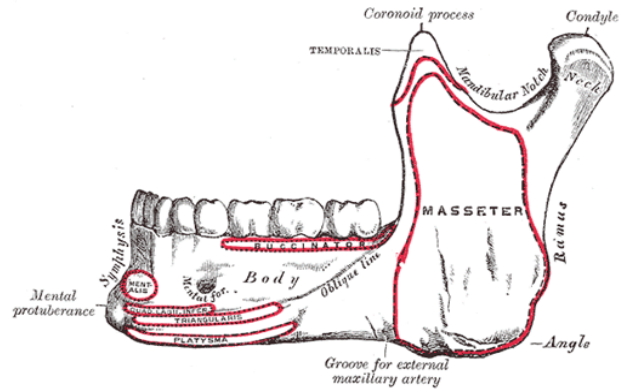


Gambar 2.14 Rahang Rawah Edentulus

2.11 Rahang Bawah *The Body*

The Body (*corpus mandibulae*) yaitu tubuh melengkung agak seperti tapal kuda dan memiliki dua permukaan dan dua perbatasan permukaan luar ditandai digaris median oleh punggung samar, menunjukkan simfisis atau garis persimpangan dari dua potongan di mana tulang tersusun pada periode awal kehidupan. Punggung ini membelah di bawah dan membungkus keunggulan segitiga, tonjolan mental, pangkal yang tertekan di pusat tetapi dibesarkan di kedua sisi untuk membentuk tuberkulum mental. Di kedua sisi simfisis, tepat di bawah gigi insisivus, terdapat depresi, fossa insisif, yang memberikan asal mula ke Mentalis dan sebagian kecil oris Orbicularis.

Di bawah gigi premolar kedua, di kedua sisi, di tengah antara batas atas dan bawah tubuh, adalah foramen mental, untuk perjalanan pembuluh mental dan saraf. Berlari ke belakang dan ke atas dari setiap tuberkulum mental adalah punggung samar, garis miring, yang terus menerus dengan batas anterior ramus itu memberi keterikatan pada *Quadratus labii inferioris* dan *triangularis*, *platysma* melekat di bawahnya. Rahang bawah Bagian kiri dan kanan rahang bawah, atau rahang bawah, awalnya berasal dari dua tulang yang berbeda, tetapi pada tahun kedua kehidupan, kedua tulang menyatu di garis tengah untuk membentuk satu tulang. Bagian tengah horizontal pada setiap sisi adalah badan mandibula. Bagian atas tubuh adalah margin alveolar, sesuai dengan margin alveolar maksila. Daggu yang memproyeksikan, dibagian bawah tubuh di garis tengah, dikatakan karakteristik khas tengkorak manusia dikedua sisi daggu adalah foramen mental.



Gambar 2.15 Rahang Bawah *The Body (Corpus Mandibulae)*

2.12 Bioceramic

Biokeramik adalah bagian penting dari biomaterial. kisaran Bioceramics dalam biokompatibilitas dari oksida keramik, yang inert dalam tubuh, rahang, keekstrim lainnya dari bahan resorbable, yang akhirnya digantikan oleh tubuh setelah mereka membantu perbaikan. Bioceramics digunakan dalam banyak jenis prosedur medis. Bioceramics biasanya digunakan sebagai bahan kaku dalam implan bedah, meskipun beberapa bioceramics bersifat fleksibel. Bahan keramik yang digunakan tidak sama dengan bahan keramik jenis porselen. Agaknya, bioceramics berhubungan erat dengan material tubuh sendiri atau oksida logam yang sangat tahan lama. Biokeramik digunakan secara umum di bidang medis sebagai implan gigi, rahang dan tulang. Bedah digunakan secara teratur, penggantian sendi umumnya dilapisi dengan bahan bioceramic untuk mengurangi keausan dan respons inflamasi. Contoh lain dari penggunaan medis untuk biokeramik adalah alat pacu jantung, mesin dialisis ginjal, dan respirator. Keramik yang digunakan untuk memperbaiki dan membangun kembali bagian yang sakit atau rusak dari sistem muskulo-skeletal, yang diistilahkan dengan bioceramics, mungkin bio-inert (alumina, zirkonia), resorbable (tricalcium phosphate), bioaktif (hy-droxyapatite, bioaktif gelas, dan kaca-keramik), atau berpori untuk pertumbuhan jaringan (hidroksiapatit berlapis metana, alumina). Aplikasi termasuk penggantian untuk pinggul, lutut, gigi, tendon, dan ligamen dan perbaikan untuk penyakit periodontal, konstruksi ulang maksilofasial, augmentasi dan stabilisasi tulang rahang, fusi tulang belakang, dan pengisi tulang setelah operasi tumor. Pelapis karbon bersifat thromboresistant dan digunakan untuk katup jantung prostetik.

Mekanisme ikatan jaringan dengan keramik bioaktif mulai dikenal, yang dapat menghasilkan desain molekuler bioteknologi untuk ikatan antar muka dengan jaringan keras dan lunak. Komposit sedang dikembangkan dengan ketangguhan tinggi dan pertandingan modulus elastis dengan tulang rahang (*lower jaw bone*) pada penampang rahang. (P.Ducheyne, G. W. Hastings, diakses tanggal 27 Agustus 2018)



Gambar 2.16 *Bioceramic*

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan perancangan dilaksanakan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri, No.3 Medan.

3.1.2 Waktu

Waktu perancangan prototipe rahang bawah ini, pelaksanaan pengerjaan dan penyusunan tugas sarjana ini dilaksanakan mulai 08 Februari 2018 dapat dilihat pada tabel 3.1 dan langkah-langkah perancangan yang dilakukan dibawah ini.

Tabel 3.1 : Waktu Penelitian

No	Kegiatan	<u>Waktu Penelitian</u>											
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Pengajuan Judul												
2	Studi Literatur												
3	Menentukan 3 Desain rahang Bawah manusia												
4	Menggambar Spesimen Mensimulasi												
5	Desain rahang Bawah manusia												
6	Menampilkan Gambar												
7	Pelaksanaan Pengujian												
8	Penyelesaian Skripsi												

3.2.1 Proses Perancangan Rahang Bawah Manusia

Proses perancangan rahang bawah manusia ini, Ada pula yang dicetak dengan filament PLA mesin printer 3D dan ada yang didesain dengan Software Solidwork.

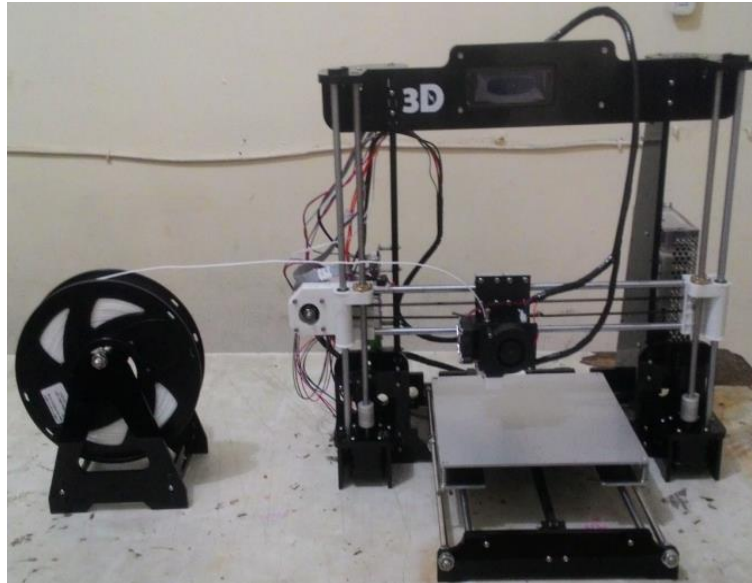
3.2.1 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam proses perancangan prototipe struktur rahang bawah manusia ini adalah sebagai berikut:

- Mesin Printer 3D

Mesin printer 3D adalah sebuah mesin pencetak yang mencetak objek secara tiga dimensi yang bisa dilihat, dipegang dan mempunyai volume. Sebuah model 3D dibangun lapis demi lapis yang proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari file digital dan jenis printer 3D yang di gunakan adalah jenis mesin printer 3D perusa i3 anet A8. Istilah pencetakan printer 3D awalnya mengacu pada proses yang menyimpan bahan pengikat ke tempat tidur bedak dengan kepala printer inkjet berlapis-lapis. Baru-baru ini, istilah ini digunakan dalam bahasa vernakular populer untuk mencakup beragam teknik pembuatan aditif. Amerika Serikat dan standar teknis global menggunakan istilah resmi manufaktur aditif untuk pengertian yang lebih luas ini.

Pembuatan model 3D memerlukan waktu beberapa jam sampai beberapa hari, tergantung dari metode yang digunakan dan ukuran serta kompleksitas model. Sistem aditif biasanya dapat mengurangi waktu ini untuk beberapa jam, meskipun bervariasi tergantung pada jenis mesin yang digunakan dan ukuran serta jumlah model yang diproduksi secara bersamaan. Printer 3D memberikan kemudahan bagi designer dan tim pengembangn konsep untuk memproduksi komponen dan model konsep menggunakan printer 3D sebagai prototipe, dibandingkan menggunakan mesin injection molulding untuk produksi massal serta juga berguna untuk meminimalisir kesalahan dalam desain produk sebelum di peoduksi secara banyak.

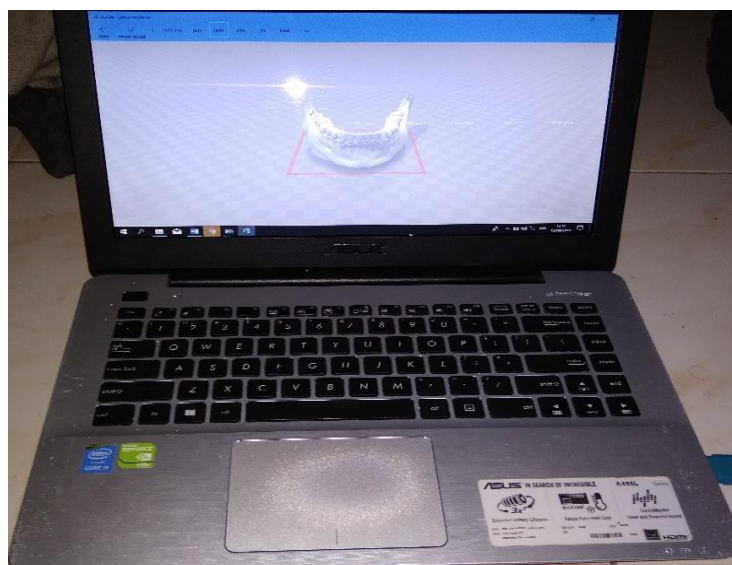


Gambar 3.1 Mesin *Printer 3D* Perusa i3 Anet A8

- Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam studi perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Processor : Intel(R) Core(TM) i5-52Q0U CPU 2.20 GHz
2. RAM : 4.00 GB
3. Operation system : windows 10 pro 64 bit (10.0, Build 17134)
4. HDD : 500 GB
5. Produk : Asus A455L



Gambar 3.2 Laptop

3.2.2 Bahan yang digunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam proses perancangan struktur rahang bawah manusia pada mesin *printer 3D* yaitu bahan sudah jadi dan bahan yang harus diproses lagi antara lain yaitu adalah sebagai berikut :

- Filament PLA

Filament PLA adalah termoplastik yang terbuat dari sari pati jagung, dan Adapun salah satu filament yang di gunakan untuk membuat atau mencetak spesimen rahang bawah manusia, sebagai implant medis. Keunggulan dari PLA ini adalah mudah dicetak dan kemungkinan besar penggunaan PLA ini akan lebih baik. Penggunaan filament PLA ini tidak terlalu sensitif dengan suhu ruangan dan tidak juga dengan air, untuk model-model dengan kerumitan atau detail yang lebih tinggi PLA bisa menghendelnya dengan baik walaupun ABS bisa melakukannya akan tetapi butuh settingan yang sesuai dan temperature printer yang sesuai jika membuat suatu object dengan penggunaan pada suhu lebih dari 60°C.

Karakteristik secara umum dari filament PLA adalah tidak beracun, menyempit saat dipanaskan sehingga cocok digunakan sebagai bahan pembungkus, dapat juga digunakan untuk aplikasi pencetakan *3D*. Namun disisi lain suhu transisi yang relatif rendah menjadikan material ini cocok digunakan untuk diaplikasi yang bersentuhan dengan cairan panas yang berlebih, dengan demikian aplikasi yang cocok dengan filament PLA adalah digunakan untuk membuat prototipe perangkat medis.



Gambar 3.3 Filament PLA

- Filament ABS

Filament Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) adalah termoplastik berbasis minyak. Biasa ditemukan pada system pipa (DWV), trim otomotif, helm, dan mainan seperti lego. Benda yang dicetak dengan ABS memiliki kekuatan, fleksibilitas dan daya tahan yang lebih tinggi dari pada yang dibuat dari PLA. Dengan proses cetak agak sedikit rumit lengkap dengan bau asapnya. Filament ABS dapat dipanaskan hingga meleleh dan dapat di print pada suhu 210°C-240°C dengan harus memanaskan alas printer, bed terlebih dahulu dengan suhu minimal 80° lebih baik digunakan oleh printer 3D FDM atau FFF dan datang dalam bentuk filamen panjang yang melilit spul. Mengoperasikan printer 3D cukup sederhana: untai ABS dipandu ke dalam ekstrusi kepala atau ekstruder yang memanaskan plastik ABS ke titik lelehnya untuk mencairkannya. Setelah dicairkan, materi disimpan lapis demi lapis pada platform pencetakan (yang mungkin atau mungkin tidak dipanaskan).

Keuntungan dari manufaktur aditif semacam ini adalah keterjangkauannya. Berkat selang paten tertentu yang terkait dengan teknologi FDM pada tahun 2009, biaya pencetakan 3D dalam ABS telah menurun secara signifikan. Printer entry-level harganya antara beberapa ratus hingga beberapa ribu euro. Bahan plastik juga terjangkau, seperti filamen ABS, yang harganya kurang dari € 50/kg Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) digunakan oleh printer 3D FDM atau FFF dan datang dalam bentuk filamen panjang yang melilit spul. Mengoperasikan printer 3D cukup sederhana: untai ABS dipandu ke dalam ekstrusi kepala atau ekstruder yang memanaskan plastik ABS ke titik lelehnya untuk mencairkannya. Setelah dicairkan, materi disimpan lapis demi lapis pada platform pencetakan (yang mungkin atau mungkin tidak dipanaskan). Keuntungan dari manufaktur aditif semacam ini adalah keterjangkauannya. Berkat selang paten tertentu yang terkait dengan teknologi FDM pada tahun 2009, biaya pencetakan 3D dalam ABS telah menurun secara signifikan.

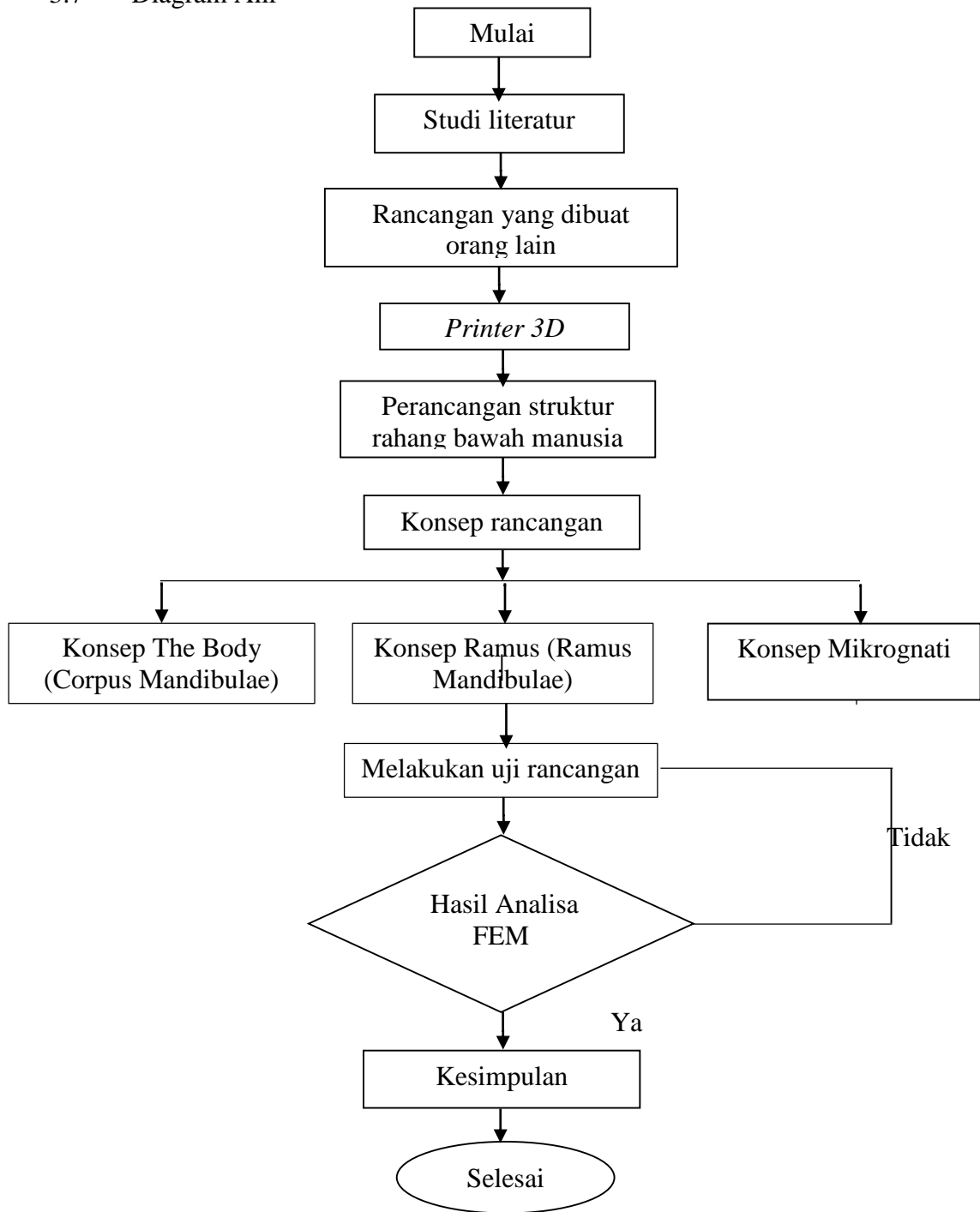
Penggunaan filament ABS memiliki glass transition zone atau suhu yang melunak pada plastik dengan suhu 50°C ini sangat penting dikarnakan jika penggunaan hasil cetakan diaplikasikan pada kendaraan atau tatakan minuman panas sangat tidak diinginkan saat digunakan berubah bentuk, ABS bersifat plastik yang cenderung sangat mudah dicetak dengan panas sesuai dengan suhunya dan

tanpa takut macet atau penyumbatan pada *nozzle* printer 3D, yang sangat perlu diperhatikan yaitu filament ABS setelah mengalami pendinginan akan mengalami penyusutan atau pengecilan. Karakteristik secara umum dari filament ABS yaitu plastik yang cukup kuat jika dicetak pada suhu yang sesuai dan akan mendapatkan ikatan lapisan yang bagus, ABS dilakukan strest test seperti benturan atau tekanan akan cukup kuat menahannya. Salah satu kekurangan ABS adalah bau yang kuat saat dicetak.



Gambar 3.4 Filamet ABS

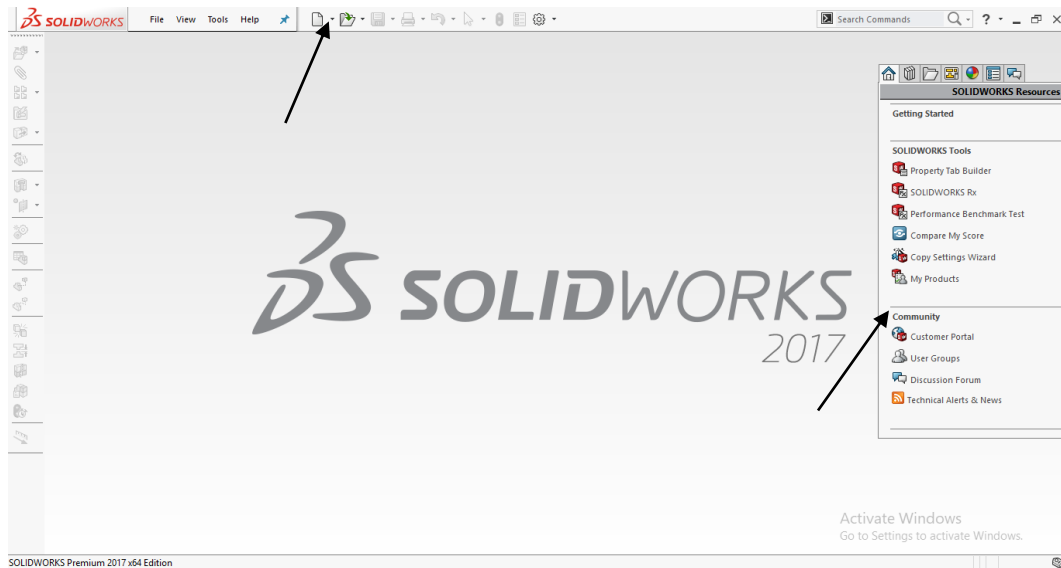
3.7 Diagram Alir



Gambar 3.5 Diagram Alir Perancangan Rahang Bawah

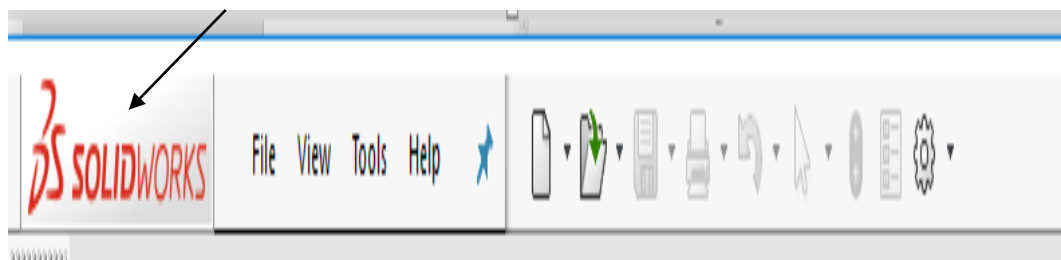
3.4 Langkah Menggambar Rahang Bawah Manusia

Pertama kali menjalankan *SolidWorks* 2017 anda akan mendapatkan tampilan seperti gambar dibawah ini:



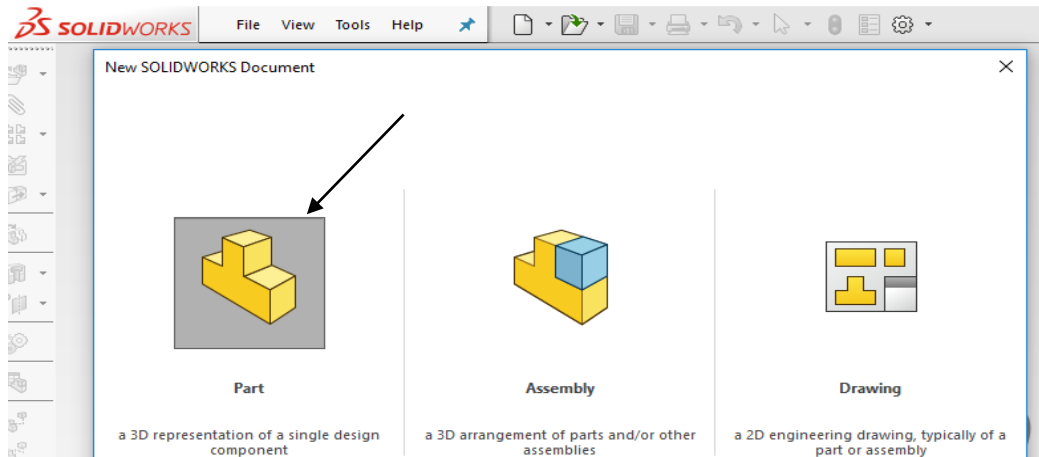
Gambar 3.6 Tampilan Awal *SolidWorks*.

Semua *Tool Button* belum aktif kecuali *Tool Button New* dan *Open File* beserta *Tool Button* pada *TaskPane*. Menu bar juga tidak terlihat, untuk menampilkannya klik pada logo area *SolidWorks* maka menu akan tampil terlihat pada gambar dibawah ini:



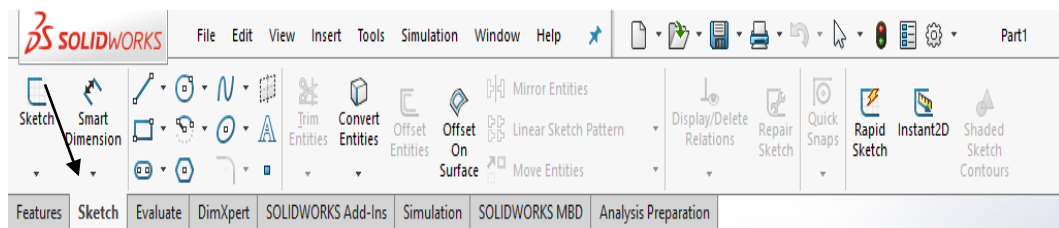
Gambar 3.7 Tampilan Menu

Untuk menampilkan menu secara permanen, tiap buka *SolidWorks* maka menunya akan terbuka klik pada pin menu bar. Untuk Mulai membuat gambar di *SolidWorks* klik pada tombol new atau klik pada *file new* maka akan tampil seperti gambar dibawah ini:



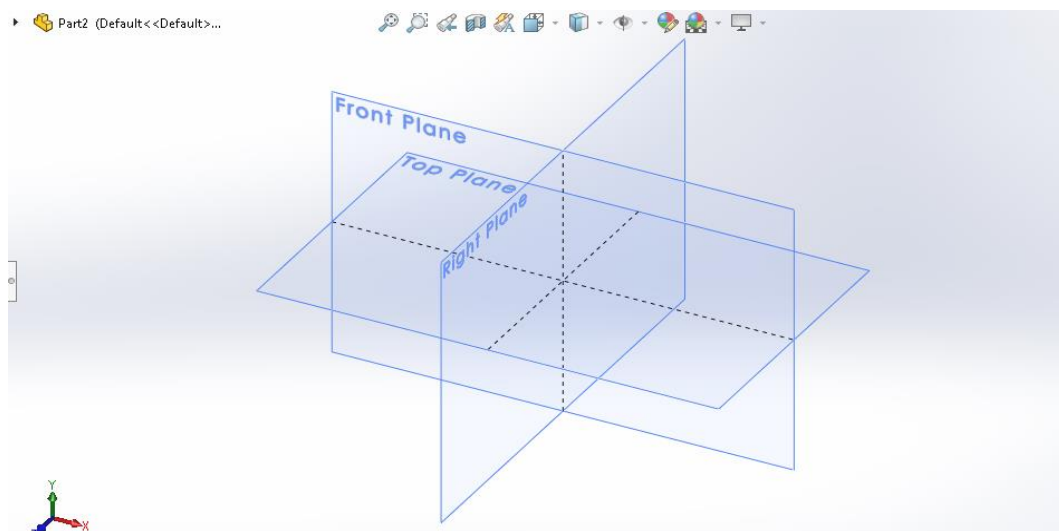
Gambar 3.8 Menu Bar

Kita mulai jalankan program *SolidWorks*, pada menu bar klik pada *new part* > Ok. *Interface SolidWoks* keluar. Klik kiri mouse pada *tab sketch* > *Sketch*



Gambar 3.9 Tab Sketch

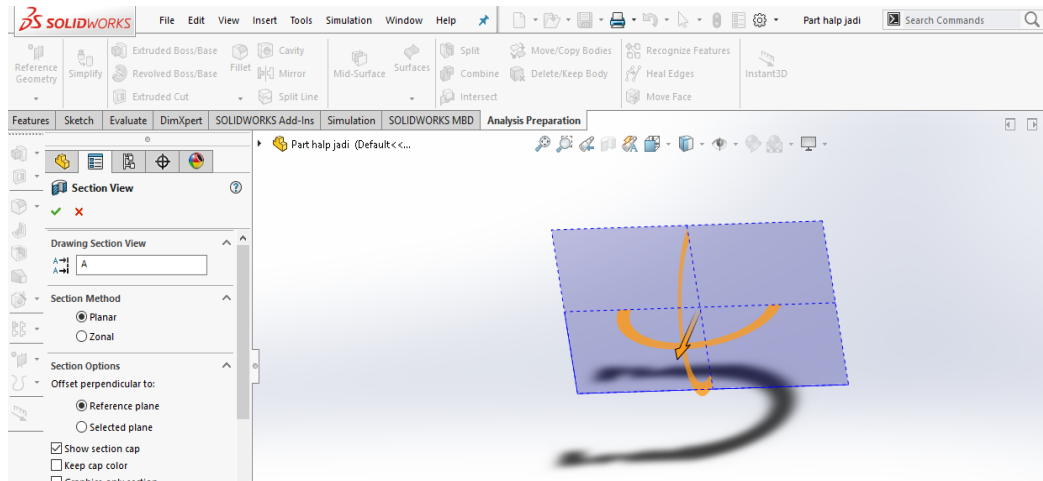
Akan keluar tiga plane, tentukan satu plane untuk bidang gambar seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.10 Plane Bidang Gambar

Kita pilih front plane (Dekatkan kursor ke front plane maka ujung front plane akan berubah jadi merah sebagai tanda terselec, klik pada fornt plane) setelah

diklik maka front plane akan memenuhi area grafik (pandangan normal) lalu klik Toolbutton Line dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

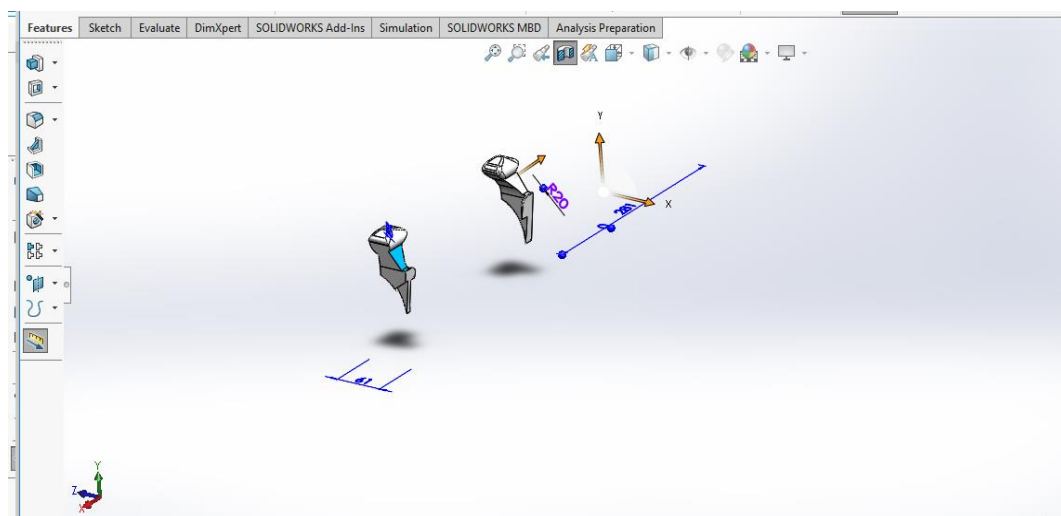


Gambar 3.11 Pemilihan Plane

Bentuk kursor berubah jadi pincil dan muncul *window property* dari pembuatan *line* yang berisi *Orientation line*. Option untuk type garis yaitu:

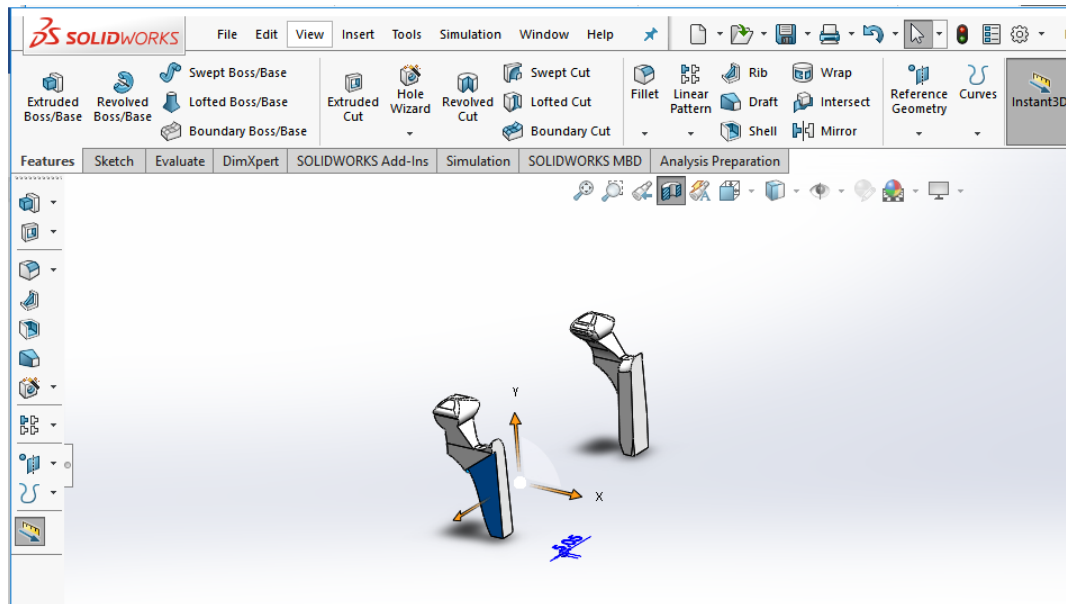
- *For contruction* (garis yang dibikin hanya untuk kontruksi/pembentuk misalnya garis sumbu)
- Infinite length garis dengan panjang yang tak terbatas
- Untuk kedua pilihan ini kita kosongkan saja

Kita siap membuat garis arahkan kursor ke arah gambar (bentuk kursor akan berubah jadi bentuk pincil) dekatkan ke titik origin.



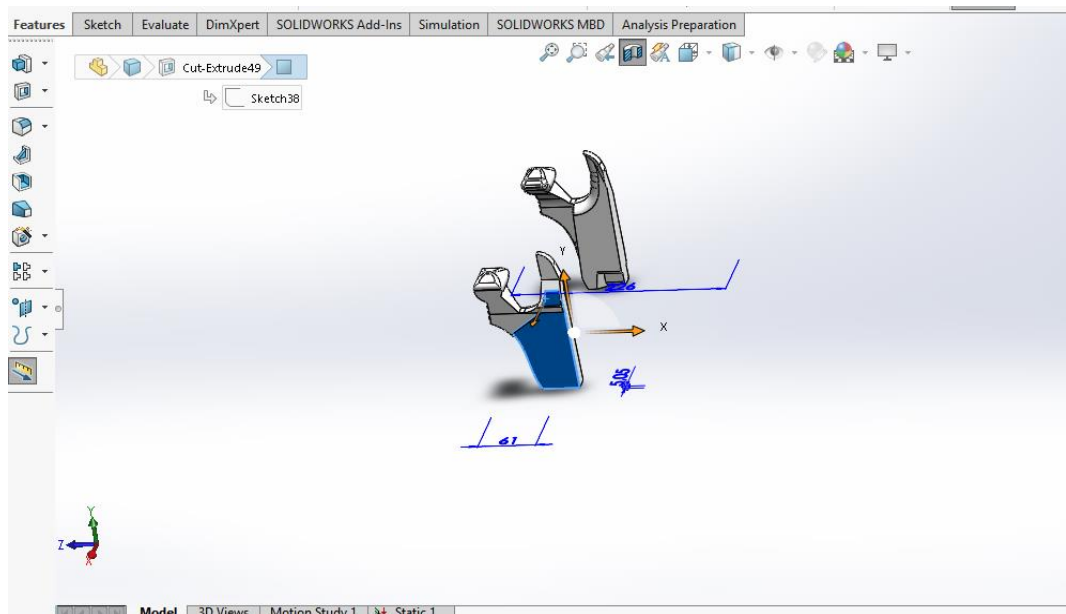
Gambar 3.12 Pemilihan *Window Property*

Klik pada *tool button Smart Dimension* klik pada garis vertikal lalu seret mouse untuk meletakkan ukuran ke sebelah kiri pada tempat yang tidak terlalu jauh dari garis, klik untuk meletakkan ukuran.



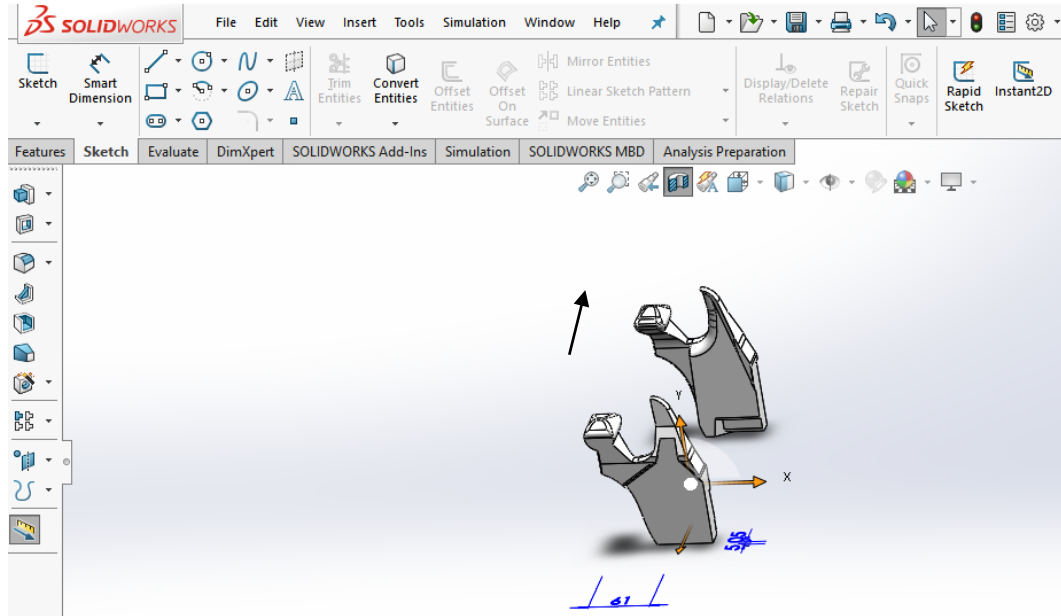
Gambar 3.13 Pemilihan *Tool Button Smart Dimension*

Klik pada garis horizontal (atas) lalu seret mouse untuk meletakkan ukuran ke sebelah atas pada tempat yang tidak terlalu jauh dari garis.



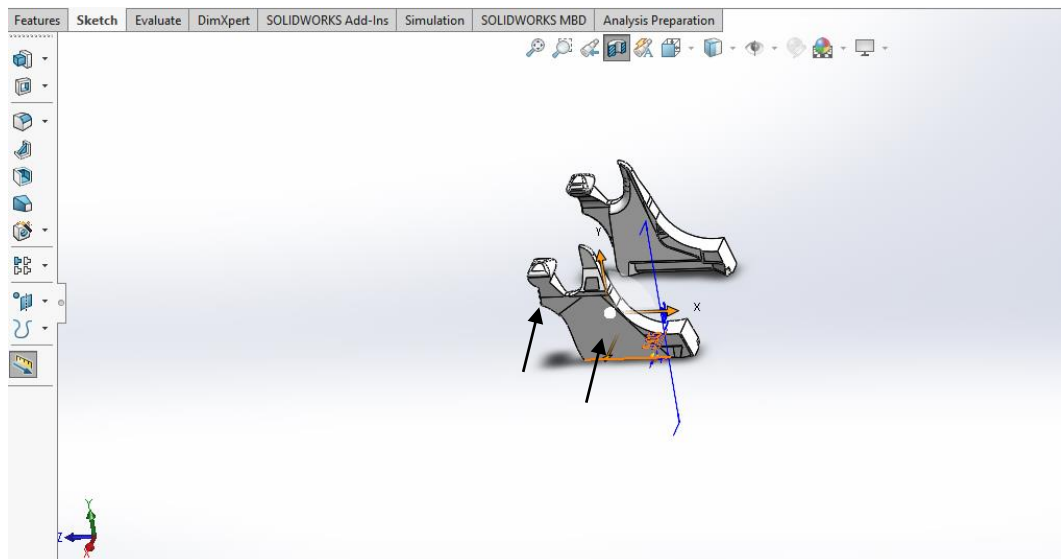
Gambar 3.14 Klik Garis Horizontal

Klik pada convert entities berupa garis, arc, lingkaran atau kurva dari hasil proyeksi edges, surface atau kurva dari geometry 3D terhadap gambar dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



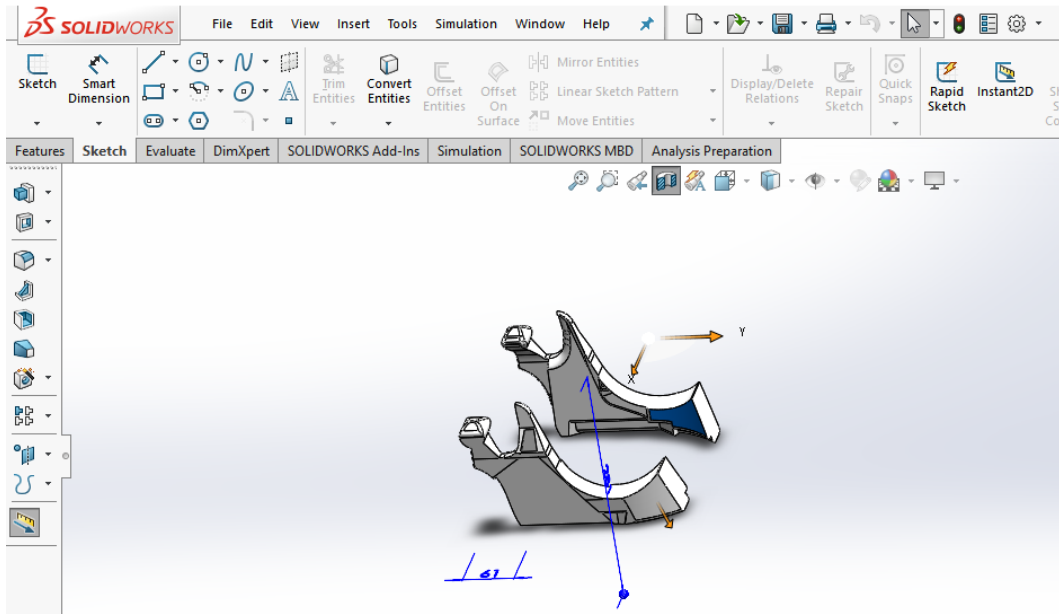
Gambar 3.15 Membuat Geometry 3D

Klik pada batas radius seperti terlihat pada gambar dibawah ini:

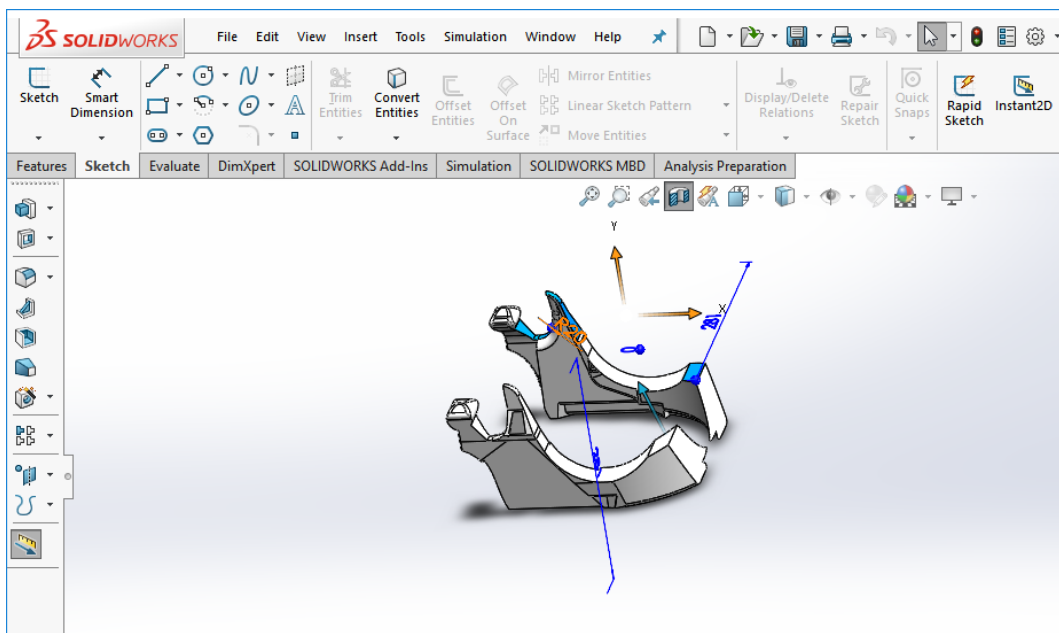


Gambar 3.16 Garis Yang Diklik Pada Geometry

Klik Tool button convert entities maka akan terbentuk kurva berupa hasil proyeksi seperti pada gambar dibawah ini:

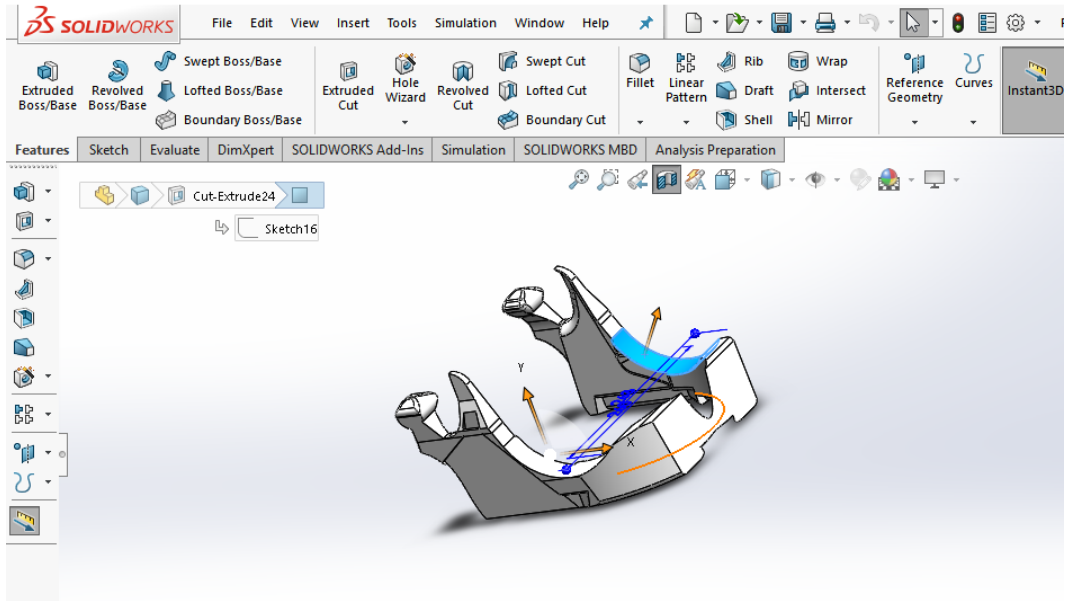


Gambar 3.17 Tool Button Convert

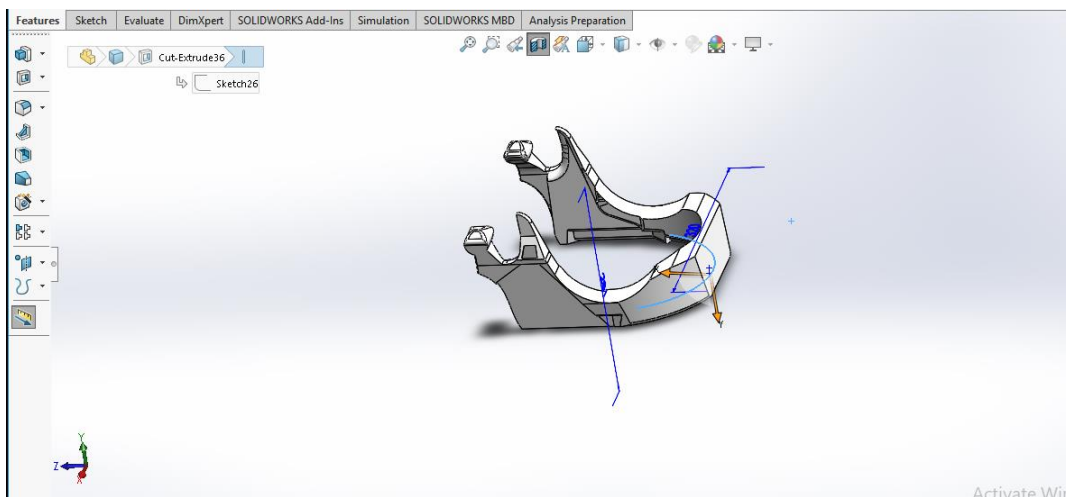


Gambar 3.18 Tool Button Convert Entities

Klik Tool button mirror akan keluar property manager dari mirror, klik area entities to mirror lalu klik lingkaran kecil untuk entities to mirrornya lalu klik kontak copy untuk memberi tanda centang untuk mengaktifkan pembuatan duplikat entities yang dimirror dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

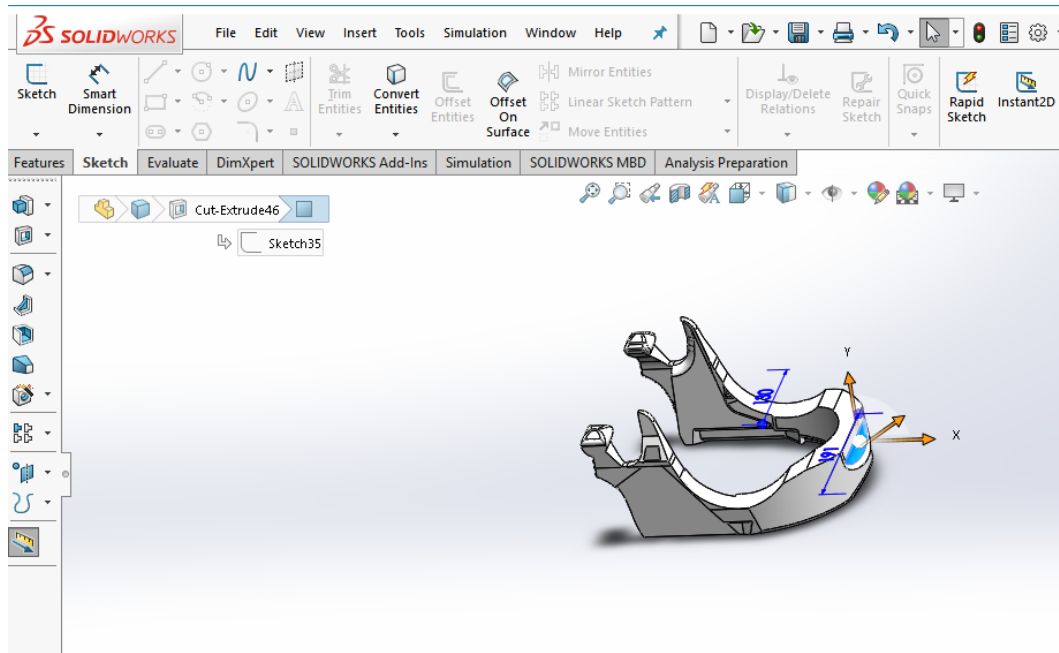


Gambar 3.19 Tool Buttom Mirror



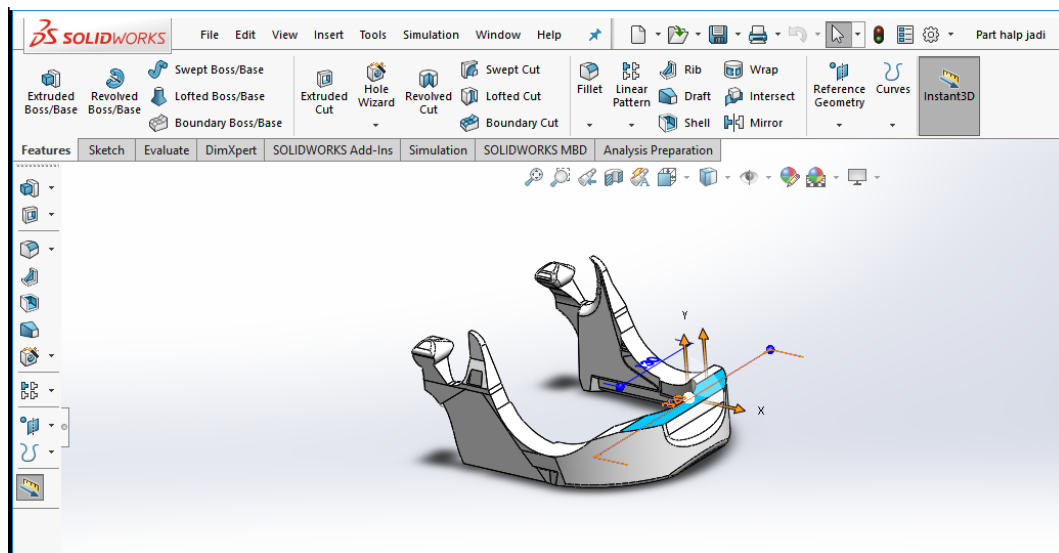
Gambar 3.20 Pembuatan Duplikat Entities

Klik area mirror about sebagai sumbu untuk entities yang akan dimirror, klik garis sumbu maka akan timbul preview hasil mirror rahang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



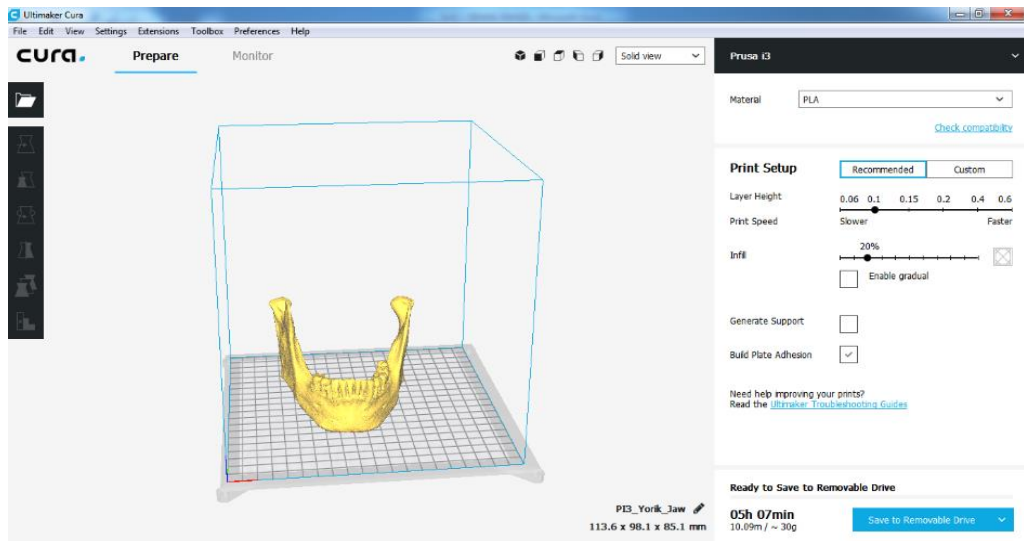
Gambar 3.21 *Preview Hasil Mirror Rahang*

Klik tanda centang untuk menyetujui atau tekan escape maka akan terbentuk hasil mirror garis bisa berupa type garis biasa atau *type for construction* setelah itu selesai dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.22 Hasil Gambar Rahang Bawah

Dalam proses perancangan, desain gambar struktur rahang bawah manusia ini dimasukan ke aplikasi Cura untuk mengetahui berapa lama waktu, berapa gram filament yang di gunakan dan kemudian di save di rubah format kebentuk *G-code* seHINGA bisa dimasukan dan di cetak pada mesin printer 3D



Gambar 3.23 Rancangan Struktur Rahang Bawah

3.5 Proses Pembuatan Struktur Rahang Bawah

Proses pembuatan prototipe struktur rahang bawah manusia ini menggunakan mesin printer 3D prusa i3 A8, menghabiskan waktu sekitar 5 jam 07 menit menggunakan speed mul 60-100°C dan flow mul 100°C suhu yang digunakan untuk mengeprint rahang gigi bawah ini sekitar 190°C, jika dibawah suhu tersebut filament tidak akan meleleh dengan sempurna filament yang akan saya cetak berjenis filament PLA. Jika di atas suhu 210°C permukaan bed lapisan bawah terlalu panas maka filament yang akan dicetak tidak sempurna, hasil print yang kita inginkan tidak sesuai apa yang kita harapkan.

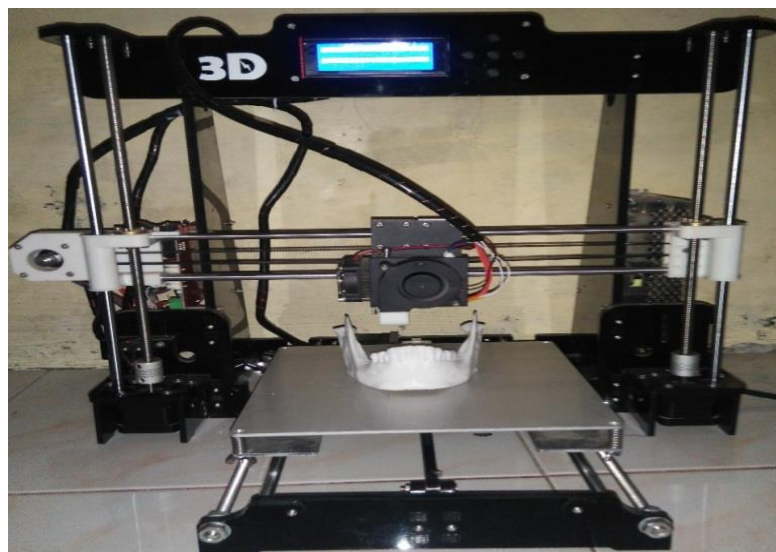


Gambar 3.24 Proses Pembuatan Rahang Bawah

3.6 Pengoperasian Mesin Printer 3D Prusa i3 A8

Pengoperasian mesin printer 3D prusa i3 A8 ini dalam pengoperasiannya sedikit sulit namun disini saya akan menjelaskan sedikit langkah-langkah sederhana yang dapat dilakukan:

- Menghidupkan mesin printer 3D
Bila mana mesin sudah dinyalakan hal pertama yang dapat di lakukan selanjutnya memasukan data yang sudah di *seve* melalui *SD Card* saja, sebab data seperti *flashdisk*, *cardreader* tidak dapat dioperasikan di mesin printer 3D.
- Masukan data *SD Card*
Masukan data *SD card* ke slot yang berada disamping kiri pada mesin printer 3D setelah memori sudah dimasukan adapun langkah selanjutny.
- Mereset mesin printer 3D
Setelah mesin di reset kemudian kita dapat melihat pada monitor yang tertera di mesin yang memerintahkan untuk "*PRINTER READY*"
- Lalu klik pilih tombol menu yang tertera pada mesin kemudian muncul perintah "*QUICK SETTING*" "*HOME ALL*" setelah itu pilih "*Preheat PLA*" apabila ingin menggunakan berbahan filament ABS, maka kita tinggal pilih menggunakan berbahan "*Preheat ABS*" setelah selesai klik tombol "*BACK*" dan muncul perintah "*Print File*" lalu kita bebas memilih salah satu file yang mau di Print.

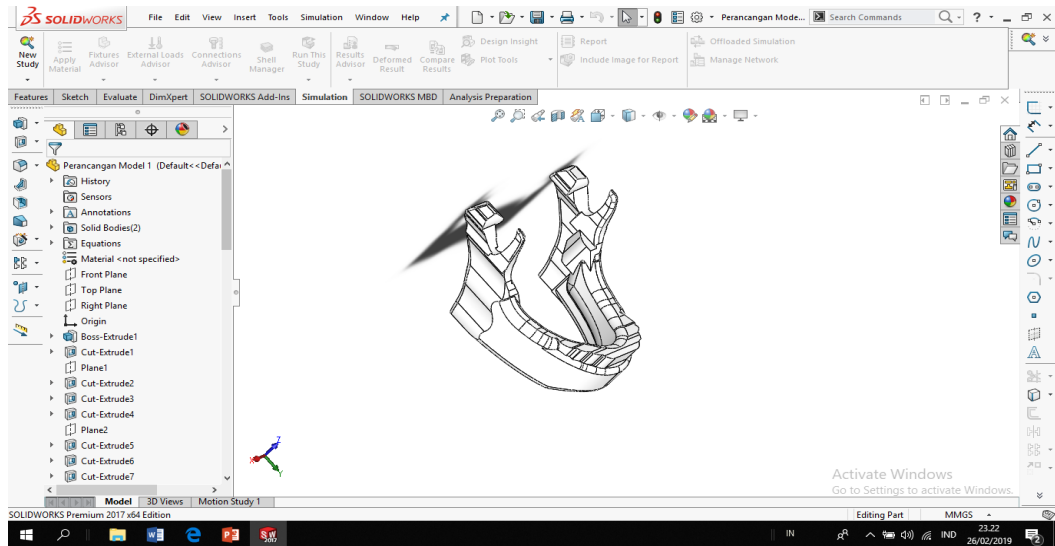


Gambar 3.25 Pengoperasian Mesin Printer 3D Prusa i3 A8

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancangan

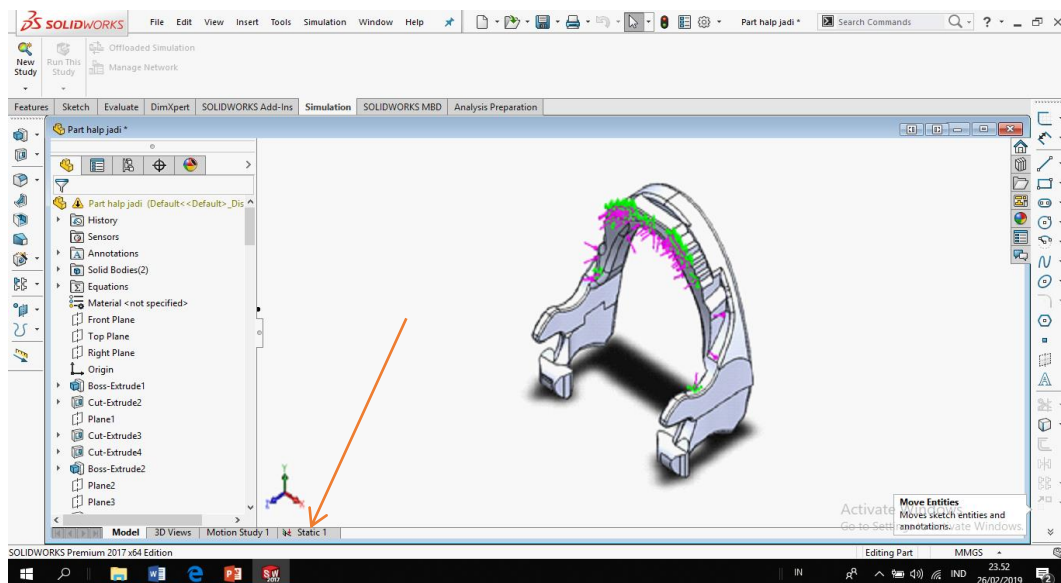
4.1.1 Hasil Gambar Rahang Bawah Manusia



Digabungkan semua komponen seperti pada gambar 4.1 di bawah ini.

Gambar 4.1 Hasil gambar rahang bawah

Sebelum melakukan prosedur simulasi sebaiknya dilakukan proses pemilihan perintah pada *toolbar manager* dengan ketentuan yang sudah ditentukan dan daya tekan yang sudah disesuaikan dengan kekuatan



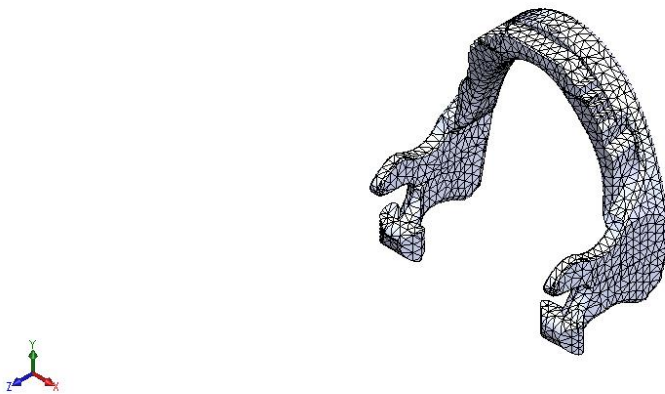
Material tersebut seperti yang sudah di perlihatkan pada gambar 4.2 dibawah ini.

Gambar 4.2 Prosedur Simulasi

4.1.2 Hasil *Meshing* Pada Rahang Bawah

Sebelum melakukan prosedur simulasi dilakukan proses *meshing* terlebih dahulu. Proses *meshing* merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa di bantu proses komputer. *Meshing* mempengaruhi akurasi, kecepatan konvergensi dari solusi. Hasil dari proses *meshing* akan diperlihatkan pada gambar 4.3 dibawah ini.

Model name:Perancangan Model 2
Study name:Static 1-(Default)
Mesh type: Solid Mesh



Gambar 4.3 Hasil Proses *Meshing*

4.2 Hasil Pembuatan Spesimen

Dari hasil perancangan struktur rahang bawah manusia ini, spesimen dibuat dengan ukuran $113.6 \times 98.1 \times 85.1$ mm waktu yang diperlukan untuk mencetak di mesin printer 3D yaitu 5 jam 07 menit, filament yang di gunakan sebanyak 10.09m/30g, menggunakan *speed mul* 60-100°C dan *flow mul* 100°C suhu yang digunakan untuk mengeprint rahang bawah ini sekitar 190°C.



Gambar 4.4 Hasil Pembuatan Spesimen

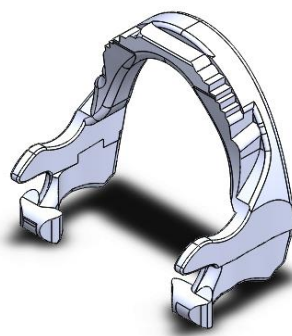
4.3 Model Desain Pembuatan Rahang Bawah

Desain pembuatan prototipe struktur rahang bawah, dibuat menjadi 3 ukuran dan bentuk yang berbeda, dengan masing-masing ukuran dapat dilihat dibawah ini :

Panjang (P) (mm)	Lemar (L) (mm)	Tinggi (T) (mm)
113.6	98.1	85.1
113.6	98	85
113.6	95.1	83.1

4.3.1 Hasil Desain Rahang Bawah *The Body*

The Body yaitu rahang bawah melengkung agak seperti tapal kuda dan memiliki dua permukaan dan dua perbatasan permukaan ditandai di garis median oleh punggung samar, menunjukkan simfisis atau garis persimpangan dari dua potongan di mana tulang tersusun pada periode awal kehidupan. Desain rahang bawah manusia *the body* (*corpus mandibulae*) didesain dengan perangkat lunak *solidworks*, dalam proses desain rahang bawah manusia ini disimulasikan perangkat lunak *solidworks* beserta simulasi tekanya.

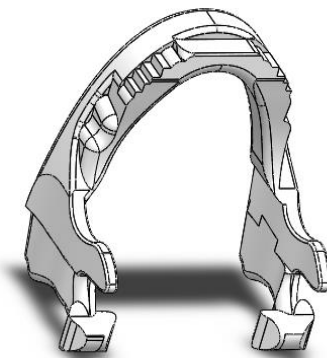


Gambar 4.5 Hasil Desain Rahang Bawah *The Body*

4.3.2 Hasil Desain Rahang Bawah Ramus

Ramus (ramus bagian tegak lurus) Ramus yaitu berbentuk segi empat, dan memiliki dua permukaan, empat batas, dan dua proses. Permukaan lateral datar dan

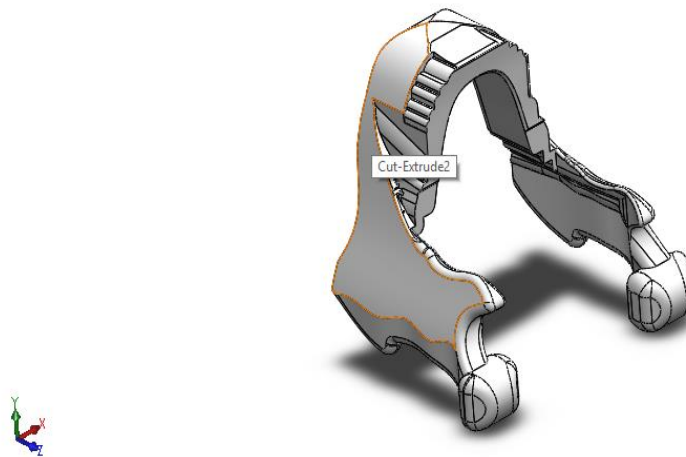
ditandai dengan tonjolan miring di bagian bawahnya itu memberikan keterikatan di hampir seluruh luasnya ke *Masseter*. Permukaan medial menyajikan tentang pusatnya foramen mandibula oblique untuk masuknya pembuluh alveolar inferior dan saraf. Margin pembukaan ini tidak teratur itu hadir didepan punggung bukit yang menonjol diatasi oleh tulang rahang bawah manusia. Desain rahang bawah manusia ramus (ramus mandibulae) didesain dengan perangkat lunak *solidworks*, dalam proses desain rahang bawah manusia ini disimulasikan diperangkat lunak *solidworks* bersesrta simualsi tekanya. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.6 Hasil Desain Rahang Bawah Ramus

4.3.3 Hasil Desain Rahang Mikrognati

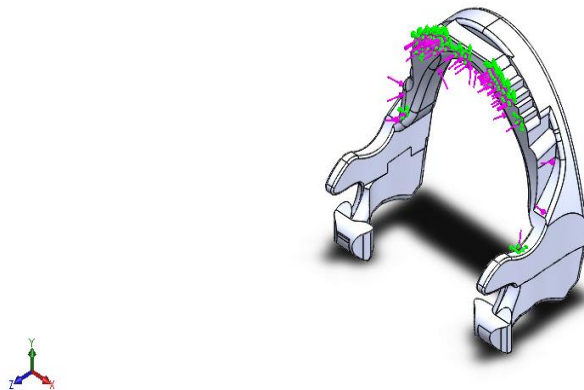
Mikrognati adalah suatu kondisi di mana rahang bawah berukuran kecil, ini adalah gejala berbagai kondisi kraniofasial kadang-kadang disebut hipoplasia mandibula, *micrognathia* dapat mengganggu makan dan pernapasan anak anda. Mikrognati agak umum pada bayi, tetapi sering mengoreksi diri saat anak tumbuh pada beberapa anak, *micrognathia* dapat menyebabkan kelurusan gigi yang abnormal karena tidak ada cukup ruang dirahang bawah anda untuk gigi tumbuh. Desain rahang bawah manusia ramus (ramus mandibulae) didesain dengan perangkat lunak *solidworks*, dalam proses desain rahang bawah manusia ini disimulasikan diperangkat lunak *solidworks* bersesrta simualsi tekanya.



Gambar 4.7 Hasil Desain Rahang Bawah Mikrognati

4.4 Desain Rahang Bawah Yang Terbaik

Adapun desain rahang bawah manusia yang terbaik yaitu desain rahang bawah *the body* (Tubuh rahang bawah), dikarenakan memiliki dua permukaan yang baik dan dua perbatas permukaan ditandai garis median oleh punggungan samar. Bagian inferior dari korpus mandibula mempunyai tepi yang lengkung dan tebal, merupakan tempat perlekatan dari gigi geligi. Terdapat delapan lekukan dari masing-masing belahan mandibula yaitu dua untuk gigi insisif, satu untuk kaninus, dua untuk gigi premolar, dan dua untuk gigi molar.

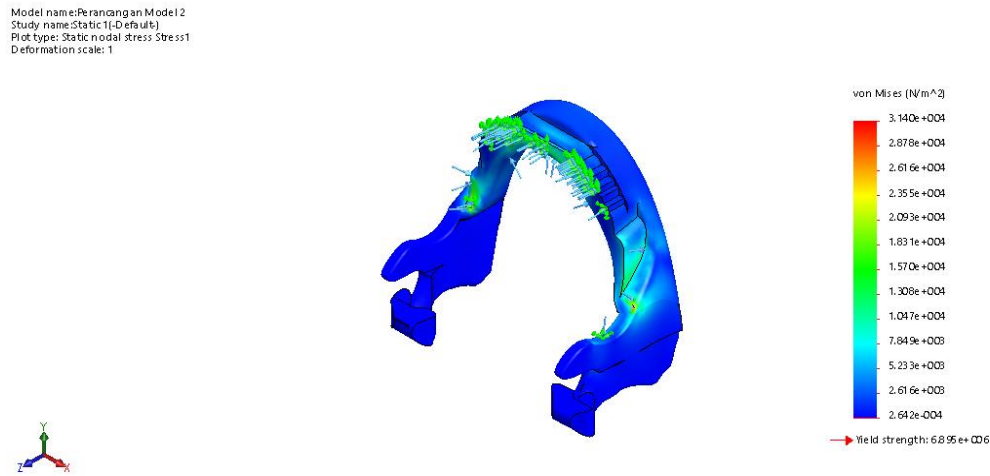


Gambar 4.8 Rahang Bawah yang Terbaik

4.5 Hasil Simulasi Rahang Bawah *The Body*

Simulasi rancangan rahang bawah *the body* ini menggunakan perangkat lunak *solidworks* yang meliputi gaya tekan dan jenis rancangan yang berbeda

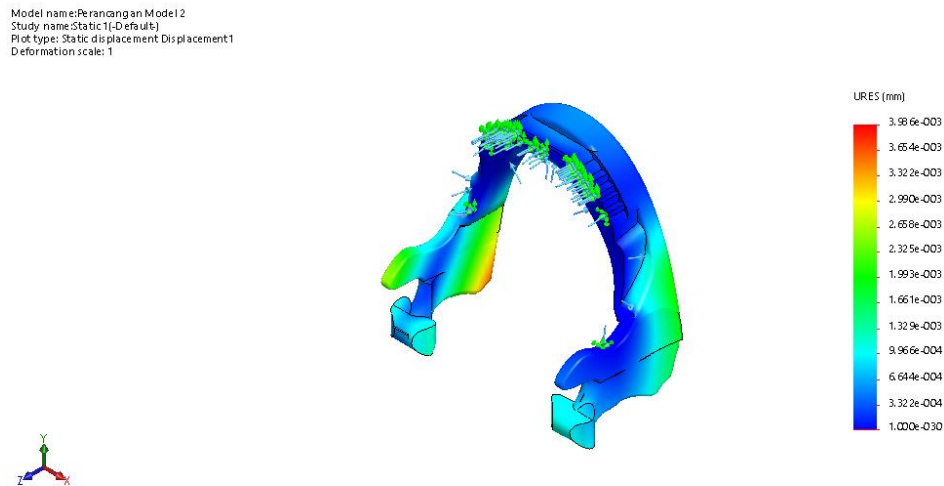
dengan memberikan nilai spesifikasi dimensi rahang bawah sebagaimana gambar dibawah ini :



Gambar 4.9 Hasil Simulasi Rahang Bawah *The Body*

4.6 Hasil Simulasi Rahang Bawah Rahang Bawah Ramus

Simulasi rancangan rahang bawah ramus ini menggunakan perangkat lunak *solidworks* yang meliputi gaya tekan dan jenis rancangan yang berbeda dengan memberikan nilai spesifikasi dimensi rahang bawah sebagaimana gambar dibawah ini :

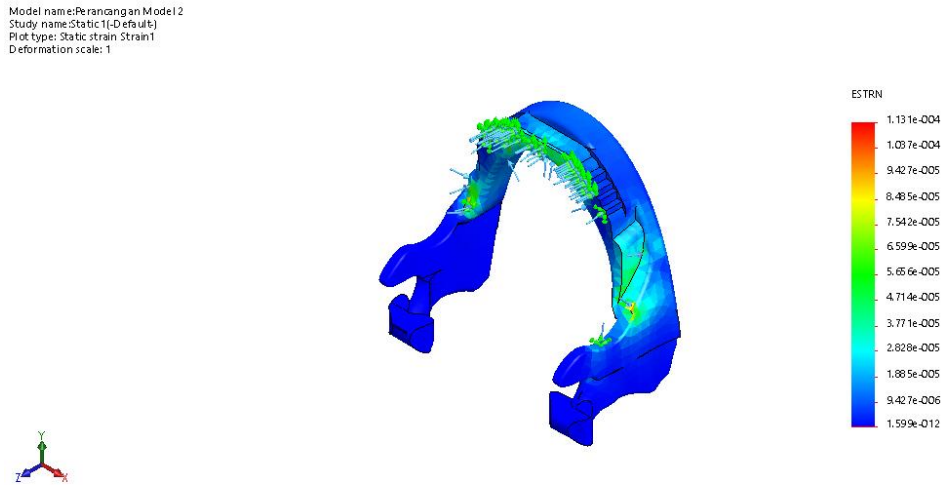


Gambar 4.10 Hasil Simulasi Rahang Bawah Ramus

4.7 Hasil Simulasi Rahang Bawah Mikrognat

Simulasi rancangan rahang bawah mikrognati ini menggunakan perangkat lunak *solidworks* yang meliputi gaya tekan dan jenis rancangan yang berbeda

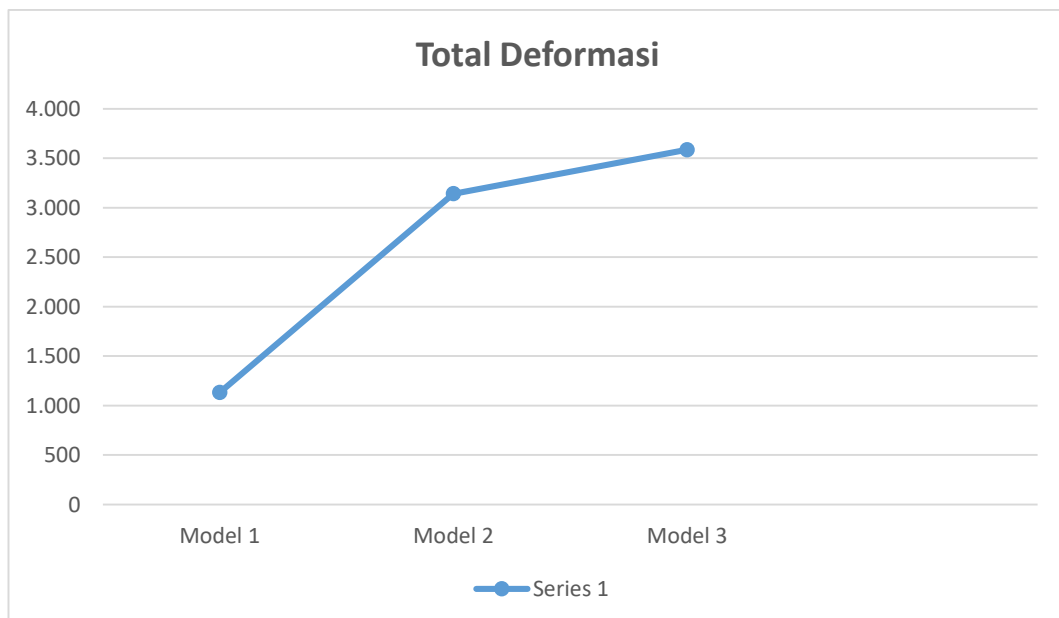
dengan memberikan nilai spesifikasi dimensi rahang bawah sebagaimana gambar dibawah ini :



Gambar 4.11 Hasil Simulasi Rahang Bawah Mikrognati

4.8 Hasil Pengujian Deformasi

Setelah dilakukan pengujian deformasi pada spesimen pertama dengan ukuran 1.140 mm. Didapat hasil beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan tertinggi dengan nilai sebagai berikut:



Gambar 4.12 Grafik Total Deformasi

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pembuatan prototipe struktur rahang bawah manusia pada mesin printer 3D, dengan beberapa spesimen yang bervariasi ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Bahwa perancangan rahang bawah manusia dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks* berkerja dengan maksimal seperti yang ditunjukkan pada hasil perancangan pada gambar 4.1
2. Bahwa mendesain tiga model prototipe struktur rahang bawah manusia dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks* berkerja dengan maksimal seperti yang ditunjukkan pada hasil gambar model rahang bawah
3. Bahwa mengoperasikan mesin printer 3D prusa i3 A8 berjalan dengan baik dapat dilihat pada gambar 3.25
4. Bahwa membuat prototipe struktur rahang bawah manusia dengan menggunakan mesin printer 3D prusa i3 A8 berjalan dengan baik dapat dilihat pada halaman 38.

5.2 Saran

1. Penulis menyarankan untuk mempelajari dalam menggunakan perangkat lunak *solidworks* dalam menggambar rancangan prototipe struktur rahang bawah manusia terlebih dahulu.
2. Perlu dikaji ulang dalam pengoperasian mesin printer 3D Prusa i3 A8 sebelum menjalankan program printer 3D.
3. Perlu dikaji ulang dalam mendesain tiga model prototipe struktur rahang bawah manusia dengan menggunakan perangkat lunak *solidworks*
4. Mempelajari perangkat lunak cura untuk perintah pengoperasian mesin printer 3D prusa i3 A8.

DAFTAR PUSTAKA

- Anan, T, Yanmeng, X, Ruirong,Z, David, H, John, F, Milad,A, (2017). *Design and fabrication of modular supercapacitors using 3D printer*, College of Engineering, Design and Physical Sciences Brunel University London, UK.
- Claire E, William I, Hylander, Christopher J, Vinyard, Andrea B. Taylor, (2014). *Jaw-muscle architecture and mandibular morphology influence relative maximum jaw gape in the sexually dimorphic macaca fascicularis*, Departemen of orthopaedic surgery, duke university school of medicine, durham, NC, USA.
- Cong Ming, Du Jing, Liu Tongzhan, Wen Haiying, Xu Weiliang
[www.iaeng.org/publication/WCECS2012/WCECS2012 pp342-347](http://www.iaeng.org/publication/WCECS2012/WCECS2012_pp342-347).
- Feng, Z, Min Wei Villayanur, V, V, Benjamin, S, Yuyan, S, Gang, W, Chi, Z, (2017). *3D printer technologies for electrochemical energy storage*, Departemen of Industrial Engineering, University at Buffalo, The State University of New York, Buffalo, NY 14260, United States.
- Iike, D, Daniel, G, A, Bedrich, B, (2017), *Near-Convex Decomposition and Layering for Efficient 3D Printer*. Purdue University 305 N, University St, WEST Lafayette, IN.
- Kan, W, Chia-Che, H, Chuck, Z, Ben, W, (2017), *A Review on the 3D printer of Functional Structures for Medical Phantoms and Regenerated Tissue and Organ Applications*, Georgia Tech Manufacturing Institute, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332, USA.
- Lindsey Barske, Pauline Rataud, Kasra Behizad, Lisa Del Rio, Samuel G. Cox, J. Gade Crump, *Essential role of Nr2f Nuclear in Patterning the Vertebrate Upper Jaw*. Barske et al, 2018 *Developmental cell* 44,1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.devcel.2017.12>.
- Matt Bosch, John Kotwick, Giordana Mahn, KC Miller
<https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/86197>
- Tamoko Higuchi, Yoshihiko Soga, Misato Muro, Makoto Kajino, Yoshihisa Kitamura, Toshiaki Sendo, Akira Sasaki, (2018), *Replacing zoledronic acid with denosumab is a risk factor for developing osteoneerrosis of the jaw*,
<https://doi.org/10.1016/j.oooo.2018.02.010>.
- Van Vlack, L, H, (1994), *Ilmu Dan Teknologi Bahan*, Edisi kelima, Erlangga jakarta.
<https://www.thingiverse.com/explore/newest/3d-printing>.










LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perancangan Prototipe Struktur Rahang Bawah Manusia Pada Mesin Printer 3D

Nama : Husfizar Ramadhani
 NPM : 1307230016

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	24/2/10	perbaiki bab 1 & bab 2	
2	25/8/10	perbaiki bab 2	
3	15/9/10	perbaiki layout bab 3	
4	2/10/10	perbaiki bab 3 layout bab 4 perbaiki bab 4 layout ke pembatas II	  
-		Revisi Spasi dan ketukan	
-		Tambahkan data printer	
-		berikan di setiap bab masalah ke daftar pustaka	

All Seminar



**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : Husfizar Ramadhani
 NPM : 1307230016
 Judul Tugas Akhir : Perancangan Prototipe Struktur Rahang Bawah Manusia Pada Mesin 3 D.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	:
Pembimbing – II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	:
Pembanding – I	: Bekti Suroso.S.T.M.T	:
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230208	M RINALDY SALIM SIREGAR	
2	1407230236	M.khairul Fiqri Rangkuhi	
3	1407230212	Gilang Transeli	
4	1307230194	Kiki Ramadhani	
5	1307230183	Dicky gulfandy	
6	1407230227	ALFI SAHRIN	
7	1407230199	Azhar Wadityasmoro	
8	1307230140	Satria Yudha Setiawan	
9	1307230100	RIFI JULIANSYAH	
10	1407230056	Heri Kurniawan	

Medan, 23 Jum.Akhir 1440 H
02 Maret 2019 M

Ketua Prodi. T Mesin

 Affandi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Husfizar Ramadhani
NPM : 1307230016
Judul T.Akhir : Perancangan Prototipe Struktur Rahang Bawah Manusia Pada -
Mesin 3 D.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Bekti Suroso.S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

What pada judul tugas akhir
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

.....
.....
.....

Medan 28 Jum.Akhir 1440H
05 Maret 2019 M



Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

Afrandis T.M.T

Dosen Pemanding- I

Bekti Suroso.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Husfizar Ramadhani
NPM : 1307230016
Judul T.Akhir : Perancangan Prototipe Struktur Rahang Bawah Manusia Pada -
Mesin 3 D.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Bekti Suroso.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....*Utak buku tugas Altor.*.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....

Medan 28 Jum.Akhir 1440H
05 Maret 2019 M



Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

Atfandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II

[Handwritten Signature]

Chandra A Siregar.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : HUSFIZAR RAMADHANI
Npm : 1307230016
Tempat/Tanggal Lahir : Pangkalan Susu, 14 Februari 1995
Agama : Islam
Alamat : Jl. Tempuling Gg. Ibu No. 51, Kel. Sidorejo
Kec. Medan Tembung, Kota Medan
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Anak Ke : 1 Dari 5 Bersaudara
No. Hp : 0813-6062-4350
Telp : -
Status Perkawinan : Belum Menikah
Email : Husfizarramadhani@yahoo.com
Nama Orang Tua
Ayah : HUSNI THAMRIN
Ibu : ERMA YUSLINA

PENDIDIKAN FORMAL

2001 – 2007 : SD NEGERI 056034 PANGKALAN SUSU
2007 – 2010 : SMP NEGERI 1 PANGKALAN SUSU
2010 – 2013 : SMK SWASTA YPT PANGKALAN BRANDAN
2013 – 2019 : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA