

**PEMBUATAN PROTOTIPE PENGGANTI TULANG  
PANGGUL PATAH PADA MANUSIA MENGGUNAKAN  
TEKNOLOGI 3D PRINTER**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**ANDRIAN PUTRA BARUS**

**178130129**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2022**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 30/5/23

Access From (repository.uma.ac.id)30/5/23

**PEMBUATAN PROTOTIPE PENGGANTI TULANG PANGGUL  
PATAH PADA MANUSIA MENGGUNAKAN TEKNOLOGI 3D  
PRINTER**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area



Oleh :  
**ANDRIAN PUTRA BARUS**  
**178130129**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2022**



### HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 12 Juli 2022



(Andrian Putra Barus)  
(178130129)

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andrian Putra Barus

NPM : 178130129

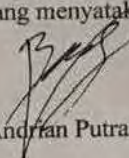
Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pembuatan Prototipe Pengganti Tulang Panggul Patah Pada Manusia Menggunakan Teknologi 3D Printer. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan hak sebagai pemilik hak cipta demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 12 Juli 2022  
Yang menyatakan

  
(Andrian Putra Barus)

## ABSTRAK

Penelitian ini dilatar belakangi karena pada masa sekarang ini penggunaan 3D printing dibidang medis bukan lagi satu hal yang sulit ditemukan. 3D printing adalah evaluasi perkembangan teknologi cetak, dengan terobosan inovasi terbaru dalam dunia teknologi sesuai dengan era industri. Dalam industri 3D printing pembuatan prototipe yang biasanya dibutuhkan waktu yang lama dapat dibuat dengan waktu yang cepat dengan 3D printing. Hal ini sangat berpengaruh terhadap biaya pengeluaran dalam pembuatan produk yang berkualitas bagus. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, metode studi literature dipakai untuk mendapatkan data literature dan data penelitian sekunder. Data tinjauan literature yang bersifat fundamental seperti defenisi menurut para ahli, data *engineering*, ataupun jurnal yang berisi tentang penelitian sejenis dengan material berbeda dan dijadikan pedoman dan panduan dasar. Setelah mencari data dan menemukan hasil prototipe yang dibuat oleh penulis, penulis menyimpulkan bahwa konsep prototipe yang dibuat penulis belum sepenuhnya sempurna, model prototipe yang penulis buat juga belum sepenuhnya sempurna, karena jika mau hasil yang sempurna harus mengukur langsung ke bagian tulang panggul calon konsumen yang memerlukan konsep rancangan model tulang panggul ini, hasil prototipe yang telah dibuat penulis belum mirip dengan ukuran asli tulang panggul manusia.

Kata kunci : Tulang Panggul Manusia, 3D Printer, Fraktur Tulang Panggul, *Solidworks*.

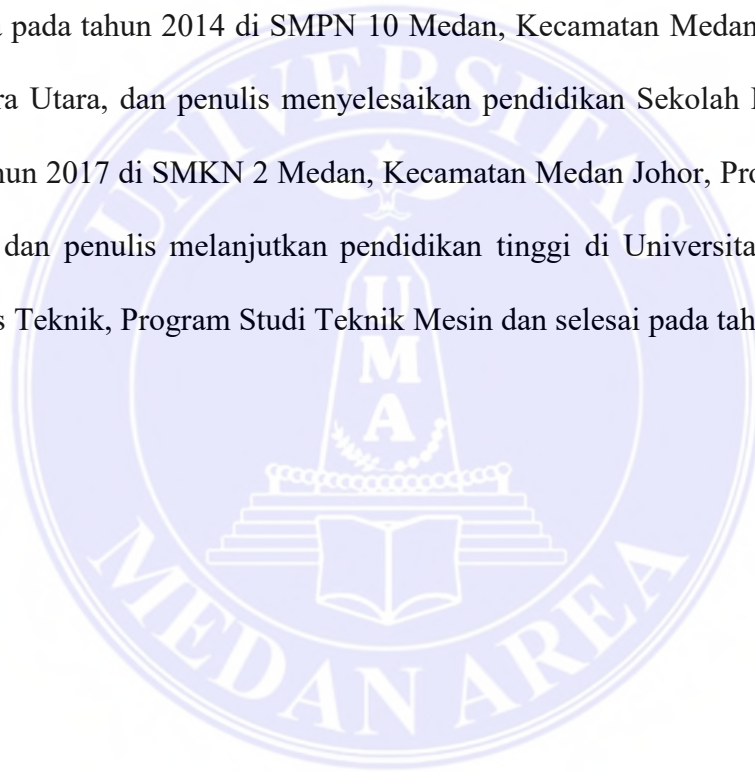
## ABSTRACT

*The background of this research is because nowadays the use of 3D printing in the medical field is no longer something that is difficult to find. 3D printing is an evaluation of the development of printing technology, with the latest innovative breakthroughs in the world of technology according to the industrial era. In the 3D printing industry, prototyping that usually takes a long time can be made quickly with 3D printing. This is very influential on the cost of spending in the manufacture of good quality products. This study uses the literature study method, the literature study method is used to obtain literature data and secondary research data. Fundamental literature review data such as definitions according to experts, engineering data, or journals containing similar research with different materials and used as basic guidelines and guidelines. After searching for data and finding the results of the prototype made by the author, the author concludes that the concept of the prototype made by the author is not completely perfect, the prototype model that the author has made is also not completely perfect, because if you want perfect results you have to measure directly to the prospective customer's pelvis which requires a design concept for this pelvic bone model, the results of the prototype that the author has made are not yet similar to the original size of the human pelvis.*

*Keywords : Human Pelvic Bone, 3D Printer, Pelvic Fracture, Solidworks.*

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Andrian Putra Barus, dilahirkan di Medan pada tanggal 03 Januari 2000 dan Ayah bernama Ir. Mars Aries Barus. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2011 di SD Kemala Bhayangkari, Kecamatan Medan Maimun, Provinsi Sumatera Utara, dan menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2014 di SMPN 10 Medan, Kecamatan Medan Baru, Provinsi Sumatera Utara, dan penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2017 di SMKN 2 Medan, Kecamatan Medan Johor, Provinsi Sumatera Utara, dan penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin dan selesai pada tahun 2022.





## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia-Nya kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, dengan judul “PEMBUATAN PROTOTIPE PENGGANTI TULANG PANGGUL PATAH PADA MANUSIA MENGGUNAKAN TEKNOLOGI 3D PRINTER”.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr.Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST, M.Eng dan Bapak M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, ST, MT.selaku pembimbing serta Bapak Muhammad Idris, ST, MT. Yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Orangtua penulis Liasnita Br. Bangun dan teman-teman yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian. Ungkapan terimakasih juga disampaikan kepada Ibu beserta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis.

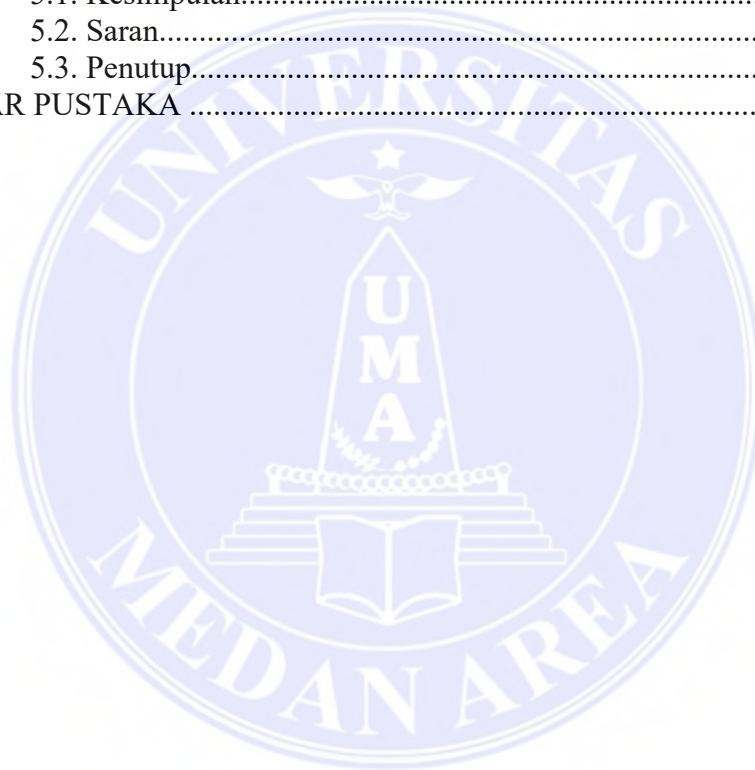


ANDRIAN PUTRA BARUS

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Perumusan masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Hipotesa Penelitian .....	3
1.5. Manfaat penelitian .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Tulang panggul manusia .....	5
2.2. Anatomi tulang panggul.....	6
2.2.1. Ilium .....	6
2.2.2. Pubis.....	7
2.2.3. Iskium .....	7
2.3. Mekanisme fraktur tulang panggul .....	7
2.4. Implan tulang .....	8
2.5. Teori mesin printer 3D .....	8
2.6. Prinsip dasar mesin printer 3D .....	9
2.7. Cara kerja mesin printer 3D .....	11
2.8. Filament ABS ( <i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i> ).....	12
2.9. Filament PLA ( <i>Polylactic Acid</i> ).....	12
2.10. <i>Bioceramic</i> .....	14
2.11. <i>Titanium</i> .....	15
2.12. Teori <i>von mises</i> .....	16
2.13. Teori <i>solidworks</i> .....	16
2.14. Gaya.....	17
2.15. Tegangan dan Regangan.....	18
2.16. Hukum <i>Hooke</i> ; Modulus Elastisitas.....	19
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1. Tempat dan Waktu penelitian .....	20
3.1.1. Tempat penelitian .....	20
3.1.2. Waktu penelitian .....	20
3.2. Bahan dan alat .....	21
3.2.1. Bahan .....	21
3.2.2. Alat .....	23
3.3. Metode penelitian.....	24

3.3.1. Metode Studi Literatur .....	24
3.4. Diagram alir .....	33
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1. Hasil konsep rancangan.....	35
4.2. Hasil pemilihan konsep tulang panggul patah.....	35
4.3. Hasil prototipe desain tulang panggul patah.....	37
4.4. Hasil pengujian <i>prototipe</i> dengan aplikasi <i>solidworks</i> .....	38
4.5. Hasil pengujian deformasi pada prototipe.....	42
4.6. Hasil pembuatan prototipe pengganti tulang panggul patah....	44
4.7. Hasil pemilihan konsep prototipe pengganti tulang panggul ... patah.....	45
<b>BAB V. PENUTUP.....</b>	<b>46</b>
5.1. Kesimpulan.....	46
5.2. Saran.....	46
5.3. Penutup.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Tulang Panggul Manusia.....	2
Gambar 2.1. Bagian Tulang Panggul Manusia.....	5
Gambar 2.2. Tulang Panggul.....	6
Gambar 2.3. Mesin 3D Printer.....	10
Gambar 2.4. <i>Bioceramic</i> .....	15
Gambar 2.5. Diagram Tegangan-Regangan Untuk Berbagai Jenis Baja.....	20
Gambar 3.1. Filament Pla.....	19
Gambar 3.2. Filament ABS.....	20
Gambar 3.3. Mesin <i>Printer 3D</i> Perusa i3 Anet A8.....	21
Gambar 3.4. Laptop.....	22
Gambar 3.5. Lokasi Kerusakan Tulang Panggul.....	23
Gambar 3.6. Diagram Alir.....	24
Gambar 3.5. Membuka Halaman Gambar Baru di Solidworks 2017.....	25
Gambar 3.6. Menu <i>Sketch</i> .....	25
Gambar 3.7. Sketsa 2D Tulang Panggul manusia.....	26
Gambar 3.8. <i>Extrude Boss</i> sketsa.....	26
Gambar 3.9. Perintah <i>Extrude Cut</i> Untuk Membuat Bentuk Tulang panggul	27
Gambar 3.10. Desain Tulang Panggul Yang Utuh.....	27
Gambar 3.11. Desain Tulang Panggul Yang Patah.....	28
Gambar 3.12. Menu <i>Add-Ins</i> .....	28
Gambar 3.13. Dialog box <i>Solidworks Simulation</i> .....	29
Gambar 3.14. Menu <i>New Study</i> .....	29
Gambar 3.15. Perintah Dalam Simulasi Objek.....	30
Gambar 3.16. Proses Pencetakan Prototipe Dengan 3D Printer.....	31
Gambar 3.17. Hasil Pencetakan Prototipe Dengan 3D Printer.....	32
Gambar 3.18. Diagram Alir.....	34
Gambar 4.1. Konsep Tulang Panggul Patah Pada Manusia.....	36
Gambar 4.2. Konsep Pengganti Tulang Iskiium Yang Patah.....	37
Gambar 4.3. Konsep Pengganti Tulang Pubis Yang Rusak.....	37

Gambar 4.4.	Desain Tulang Panggul Patah Konsep 1 Tanpa Porosity.....	38
Gambar 4.5.	Desain Tulang Panggul Patah Konsep 2 Dengan Porosity.....	39
Gambar 4.6.	Pembebanan F Pada Pengujian Pertama.....	40
Gambar 4.7.	Simulasi Konsep 1 Tulang Pubis Dan Tulang Iskium Dengan Gaya 735 N Pengujian Pertama.....	41
Gambar 4.8.	Simulasi Konsep 2 Tulang Pubis Dan Tulang Iskium Dengan Gaya 735 N Pengujian Pertama.....	41
Gambar 4.9.	Pembebanan F Pada Pengujian Kedua.....	42
Gambar 4.10.	Simulasi Konsep 1 Tulang Pubis Dan Tulang Iskium Dengan Gaya 735 N Pengujian Kedua.....	42
Gambar 4.11.	Simulasi Konsep 2 Tulang Pubis Dan Tulang Iskium Dengan Gaya 735 N Pengujian Kedua.....	43
Gambar 4.12.	Grafik <i>Von Misses Stress Prototipe Design</i> Tulang Pubis Dengan Gaya 735 N.....	44
Gambar 4.13.	Grafik <i>Von Misses Stress Prototipe Design</i> Tulang Iskium Dengan Gaya 735 N.....	44
Gambar 4.14.	Hasil <i>Printing</i> Prototipe Pengganti Tulang Panggul Patah.....	45

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian.....	20
Tabel 3.2. Sifat Bahan Titanium (Ti-6Al-4V Solution treated and aged SS)....	29
Tabel 4.1. Konsep Solusi Masalah.....	35
Tabel 4.2. Metode Keputusan Pemberat Prototipe Pengganti Rahang Bawah Patah.....	45



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pada masa sekarang ini penggunaan 3D printing dibidang medis bukan lagi satu hal yang sulit ditemukan. 3D printing adalah evaluasi perkembangan teknologi cetak, dengan terobosan inovasi terbaru dalam dunia teknologi sesuai dengan era industri.

3D printing bisa menghasilkan atau memproduksi dan merancang struktur yang canggih dalam satu kesatuan. Perkembangan teknologi ini berbanding lurus dengan perkembangan peradaban manusia moderen. Beberapa tahun belakangan, teknologi 3D printing telah membantu manusia dalam melakukan segala keperluan sehari-hari khususnya dalam sektor medis.

Dalam industri 3D printing pembuatan prototipe yang biasanya dibutuhkan waktu yang lama dapat dibuat dengan waktu yang cepat dengan 3D printing. Hal ini sangat berpengaruh terhadap biaya pengeluaran dalam pembuatan produk yang berkualitas bagus. Sebelum produk dibuat secara massal terlebih dahulu dibuat gambaran agar dimensinya dapat diketahui dan proses pengembangan dapat dilanjutkan. 3D printing didalam dunia medis juga tidak jarang dikembangkan, salah satunya untuk pembuatan organ tubuh tiruan pada manusia seperti : tulang tangan, tulang kaki, tulang rahang, tulang panggul, dan sebagainya. Di Indonesia penggunaan 3D printing ini mulai dilirik karena 3D printing ini mempermudah manusia dalam pembuatan prototipe.

Perkembangan pada *rapid prototyping* tidak terlepas dari perkembangan komputer khususnya teknologi *Computer Aided Design* ( CAD/CAM), memudahkan proses pembuatan lapisan-lapisan objek yang dibentuk menggunakan teknik *rapid printing*. Sebelum dicetak harus diawali dengan membuat desain CAD 3D menggunakan *software solidworks, autocad, sketchup*, dan lainnya. Pembuatan bentuk yang diharapkan di kembangkan lagi didalam ruang pembuatan.

Dari sini pembuatan desain sangat penting didalam membuat prototipe tulang panggul patah, baik saat mendesain, menganalisis prototipe yang sesuai dengan kebutuhan tim medis. “ pembuatan desain 3D printing sangat dibutuhkan, tidak hanya didalam kehidupan sehari-hari tapi juga sangat berperan didalam dunia medis”.

Maka dari itu kita membutuhkan kualitas bahan yang baik yang akan kita cetak. Panggul adalah daerah di setiap sisi pinggang terdiri dari ilium, iskiium, dan pubis, bagian atas femur (tulang kaki bagian atas) yang bertemu dengan pinggul melalui bola sendi dan soket. Soket adalah tulang panggul berbentuk cangkir, yang disebut *acetabulum*, dan bola adalah kepala *femur*.



Gambar 1.1. Tulang panggul manusia.



Sering terjadi kasus kecelakaan yang akhirnya menyebabkan tulang panggul patah, sehingga menyebabkan tulang panggul tidak bisa digunakan lagi. Dalam hal ini saya akan menganalisis pembuatan prototipe pengganti tulang panggul patah pada manusia dengan beberapa contoh sambungan tulang panggul yang patah kemudian contoh tersebut akan saya uji dengan *software solidworks* jenis sambungan mana yang lebih baik digunakan. Dengan latar belakang ini maka saya akan melakukan penelitian sebagai tugas sarjana saya dengan judul :  
PEMBUATAN PROTOTIPE PENGGANTI TULANG PANGGUL PATAH PADA MANUSIA MENGGUNAKAN TEKNOLOGI 3D PRINTER.

## 1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah mendesain dan melakukan analisis terhadap 2 jenis prototipe pengganti tulang panggul patah pada manusia yang patah dengan menggunakan software Solidworks.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu pembuatan prototipe pengganti tulang rahang bawah pada manusia yang patah dengan menggunakan teknologi 3D Printer dengan jenis bahan yang dicetak pada 3D Printer tersebut yaitu dengan bahan *Asam Polylatic (PLA)*.

## 1.4. Hipotesa Penelitian

Berdasarkan batasan masalah tersebut maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memodelkan prototipe pengganti tulang rahang bawah yang patah dengan menggunakan perangkat lunak Solidworks.

2. Menganalisis distribusi tegangan pada prototipe pengganti tulang rahang bawah yang patah dengan menggunakan perangkat lunak Solidworks.
3. Mencetak prototipe pengganti tulang rahang bawah yang patah pada manusia menggunakan teknologi 3D Printer.

### 1.5. Manfaat Penelitian

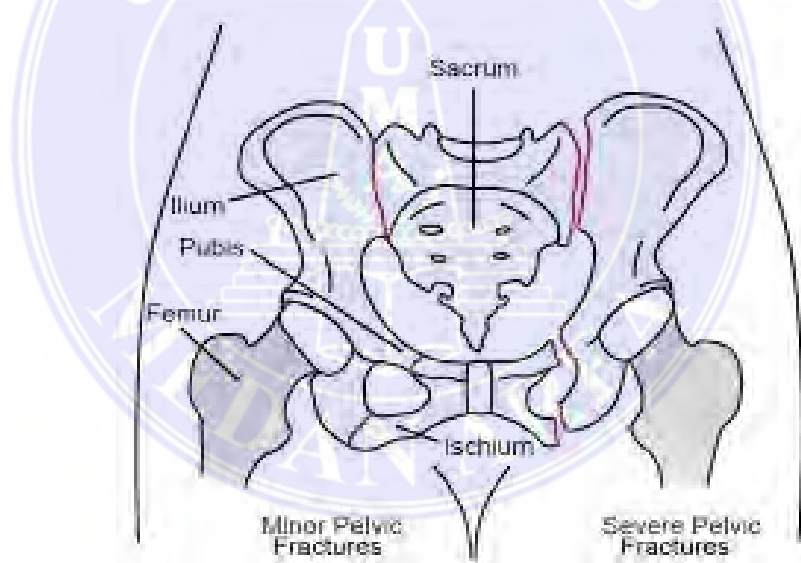
Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat antara lain :

1. Memberikan pengetahuan dalam pencetakan prototipe tulang panggul manusia dengan menggunakan bahan filament PLA (*Polylactid Acid*) di mesin 3D Printer.
2. Memberikan pengetahuan tentang desain tulang panggul manusia dengan menggunakan software solidworks.
3. Sebagai referensi dan bahan pertimbangan dalam penelitian pada pengembangan perancangan prototipe tulang panggul manusia pada penelitian yang akan datang.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tulang Panggul Manusia

Sendi panggul adalah persendian yang dibentuk oleh *caput femoris* dengan *acetabulum* dari *os coxae*. Sendi panggul merupakan jenis persendian *enarthrosis (synovial ball and socket joint)*. Berdasarkan gerakan, sendi panggul termasuk persendian multiaxial sehingga memungkinkan gerakan fleksi, ekstensi, abduksi, adduksi dan rotasi. Sendi panggul memiliki banyak gambaran anatomis yang cocok untuk stabilitas dan penyangga berat badan selama berdiri, berjalan, dan berlari.



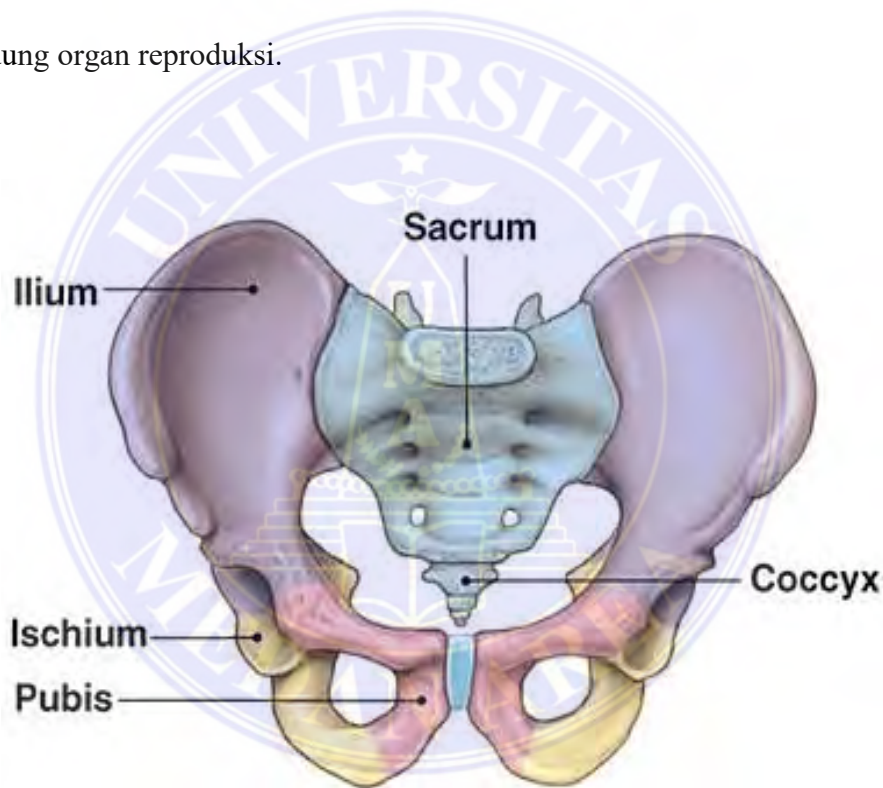
Gambar. 2.1. Bagian Tulang Panggul Manusia

Sendi panggul relatif sering mengalami kelainan dan trauma, khususnya pada usia muda dan usia lanjut. Dislokasi sendi panggul terutama terjadi pada pria usia 16-40 tahun akibat kecelakaan sepeda motor. Sebanyak 95% dari pasien yang mengalami dislokasi sendi panggul juga mengalami cedera pada area tubuh yang lain, misalnya, fraktur *acetabulum*, fraktur ekstremitas inferior (23%),

fraktur ekstremitas superior (21%), cedera kepala (24%), cedera *thoraks* (21%) dan cedera abdomen (15%) sehingga diperlukan evaluasi secara menyeluruh untuk kemungkinan cedera di area lain.

## 2.2. Anatomi Tulang panggul

Femur merupakan tulang serangkaian tulang yang letaknya diantara tulang kaki dan punggung. Tulang panggul wanita dan pria memiliki fungsi yaitu sebagai alat gerak, akan tetapi bagi perempuan memiliki fungsi juga sebagai pelindung organ reproduksi.



Gambar.2.2. tulang panggul.

### 2.2.1. Ilium

Ilium adalah tulang utama atau tulang terbesar pada tulang panggul. Posisi tulang ini berada dua sisi tulang belakang dan melengkung ke arah bagian depan tubuh manusia. Saat menyentuh tubuh, kita akan merasakan adanya tulang yang menonjol. Itu adalah bagian batas atas ilium yang disebut puncak iliaka.

### 2.2.2. Pubis

Pubis adalah tulang yang berada di depan tulang panggul dekat dengan alat kelamin manusia. Ada gabungan antara dua tulang pubis yang biasa disebut simfisis pubis, yaitu sendi tulang pubis yang sangat kuat. Pada wanita, saat melahirkan ini menjadi lebih fleksibel sehingga kepala bayi dapat lewat pada saat proses persalinan.

### 2.2.3 Iskium

Iskium adalah tulang yang berada dibawah ilium dan disamping pubis. Tulang ini sangat tebal karena terbentuk dari dua tulang yang menyatu dan melingkar. Di sinilah tulang panggul bertemu dengan tulang paha dan menciptakan sendi panggul.

## 2.3. Mekanisme Fraktur Tulang Panggul

2.3.1. *Low-energy* trauma: paling umum pada pasien yang lebih tua.

2.3.1.1. Direct : Jatuh ke trokanter mayor (valgus impaksi) atau rotasi eksternal yang dipaksa pada ekstremitas bawah menjepit leher osteroporotik ke bibir posterior acetabulum (yang mengakibatkan posterior kominusi)

2.3.1.2. Indirect : Otot mengatasi kekuatan panggul

2.3.2. *High-energy* trauma : Terjadi patah tulang leher femur pada pasien yang lebih muda dan lebih tua, seperti kecelakaan kendaraan bermotor atau jatuh dari ketinggian yang signifikan.

2.3.3. *Cyclic loading-stress fractures* : Terjadi pada atlet, militer, penari balet, pasien dengan osteroporosis dan osteopenia berada pada risiko tertentu fraktur biasanya disebabkan oleh jatuh biasa, walaupun demikian pada orang-orang yang mengalami osteoporosis, energi lemah dapat menyebabkan fraktur. Pada orang-

orang yang lebih muda, penyebab fraktur umumnya karena jatuh dari ketinggian atau kecelakaan lalu lintas. Terkadang fraktur collum femur pada dewasa muda juga diakibatkan oleh aktivitas berat seperti pada atlet.

#### **2.4. Implan Tulang**

Implan adalah salah satu peralatan medis yang saat ini sudah sangat umum digunakan pada kasus – kasus kerusakan tulang umumnya pada manusia. Implan dibuat untuk menggantikan struktur dan fungsi pada pada suatu fungsi bagian biologis. Implan tersebut dapat ditempatkan di luar tubuh maupun di dalam tubuh. Permukaan implan yang bersentuhan dengan tubuh biasa terbuat dari bahan biomedis seperti silikon, apatit, atau titanium.

#### **2.5. Teori Mesin Printer 3D**

*3D Printing* adalah printer yang memiliki kemampuan khusus. Jika printer pada umumnya hanya digunakan untuk mencetak dokumen, baik itu berwarna maupun tidak. Namun *3D Printing* berada ditingkatan yang berbeda. Alat ini memiliki kemampuan mencetak sebuah benda dengan tingkat kemiripan yang hampir 100%. Tentunya benda yang dicetak tersebut berupa gambar 3D yang bukan hanya berupa hasil gambar di atas kertas saja.

Keunikan dari penggunaan *3D Printing* ini adalah hasil objek yang dicetak tersebut tidak akan diletakkan atau ditampilkan di atas kertas. Dengan adanya *3D Printing*, maka manusia akan mulai terbangun dan semakin terbangun imajinasinya untuk membuat sebuah duplikat atau tampilan dari suatu benda menjadi lebih nyata alias persis dengan objek aslinya.

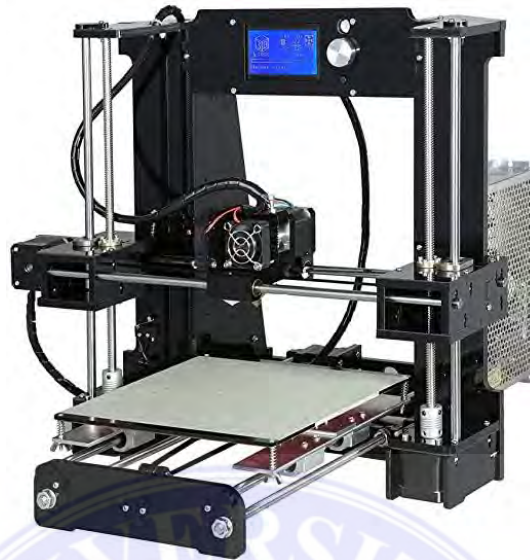
Inilah yang kemudian memberikan banyak manfaat kepada masyarakat dimana mereka sudah tidak perlu lagi harus bersusah payah mencetak dan mengatur ulang agar supaya hasil cetakannya tersebut memiliki tingkat kemiripan yang tinggi. Dengan *3D Printing*, maka semua impian tersebut bisa langsung terwujud tanpa menunggu waktu yang lama.

## 2.6. Prinsip Dasar Mesin Printer 3D

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

Prinsip utama untuk pencetakan 3D printer yaitu membutuhkan data yang berbentuk 3 dimensi juga atau yang disebut dengan ‘data digital tiga dimensi’. Dalam dunia keteknikan biasa disebut dengan CAD (*Computer Aided Design*). CAD merupakan aplikasi yang mampu menampilkan data dalam 3 dimensi.

Berbeda dengan teknologi seperti pada mesin CNC (*computer numerical control*) yaitu *subtractive manufacturing*, *3D printing* menganut teknologi *additive manufacturing* di mana objek terbangun dengan membentuk layer per layer material, bukan membuang material seperti pada laser *cutting/milling machine*.



Gambar 2.3. Mesin 3D Printer.

3D *Printing* merupakan salah satu bagian dari *additive manufacturing*, Mesin 3D printer merupakan alat untuk membuat benda tiga dimensi dari *file* digital. Penciptaan objek cetak 3D dicapai menggunakan proses aditif. Dalam proses pembuatan secara aditif, sebuah objek dibuat dengan meletakkan lapisan tipis secara berurutan sampai objek terbentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Masing-masing lapisan ini dapat dilihat sebagai potongan melintang horizontal yang diiris tipis tipis dari objek yang akhirnya membentuk suatu benda 3 dimensi.

3D *Printing* memberikan kemudahan bagi desainer dan tim pengembangan konsep untuk memproduksi komponen dan model konsep menggunakan 3D *Printing* sebagai *prototype*, dibandingkan menggunakan mesin *Injection Molulding* 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.

*File* gambar 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).

## 2.7. Cara Kerja Mesin Printer 3D

### 2.7.1. Gambar Objek 3D

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

### 2.7.2. Proses Printing

Jika desainnya sudah selesai anda bisa langsung print di 3D Printer. Kemudian proses pencetakan pun bisa dimulai, lamanya proses pencetakan ini tergantung dari besar dan ukuran model yang diinginkan. 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.

### 2.7.3. *Finishing*

*Finishing* di tahap ini anda dapat menyempurnakan bagian kompleks yang berbeda dari yang diinginkan teknik tambahan untuk menyempurnakan. Proses ini dapat pula menggunakan teknik *multiple material* atau material berbeda *multiple color* atau kombinasi warna.

## 2.8. **Filament ABS**

ABS atau Acrylonitrile Butadiene Styrene adalah salah satu polymer yang digunakan dalam pengembangan mesin 3D Printer. Walaupun penggunaannya tidak seluas dahulu karena adanya material baru seperti PLA dan PETG tapi sifat ketahanan panas, ketahanan impak dan ketangguhan yang baik menempatkan ABS di salah satu material yang masih sering digunakan saat ini. Selain itu harganya yang murah (mirip dengan PLA) menjadikan ABS alternatif dari PLA untuk aplikasi yang lebih demanding.

Kelebihan ABS yaitu kekuatan material yang tinggi dan cukup fleksibel, harga nya yang terjangkau, ketahanan impak dan ketahanan pakai nya yang tinggi, ketahanan terhadap panas yang tinggi yaitu sampai 120C.

Sedangkan kelemahan ABS yaitu mudah warping atau melengkung, penggunaan nya harus memakai bed dan heated chamber, mengeluarkan bau yang tidak sedap pada proses pengerjaan, dan tingkat ketelitian yang rendah karena ada kecenderungan penyusutan yang dialami bahan ini.

## 2.9. **Filament PLA (*Polylactic Acid*)**

PLA (*Polylactic Acid*) adalah salah satu material yang biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan objek 3 dimensi bagi printer 3D. PLA berbeda

dengan kebanyakan polimer termoplastik yang berasal dari distilasi dan polimerisasi cadangan minyak bumi yang tidak terbarukan, PLA dikenal sebagai bioplastik dan berasal dari biomassa, sumber daya terbarukan dan ramah lingkungan, seperti pati jagung atau tebu.

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

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

Suhu cetak umum PLA adalah antara  $180^{\circ}$  hingga  $220^{\circ}$ . bahan ini sedikit fleksibel, namun menghasilkan cangkang luar yang halus dari benda

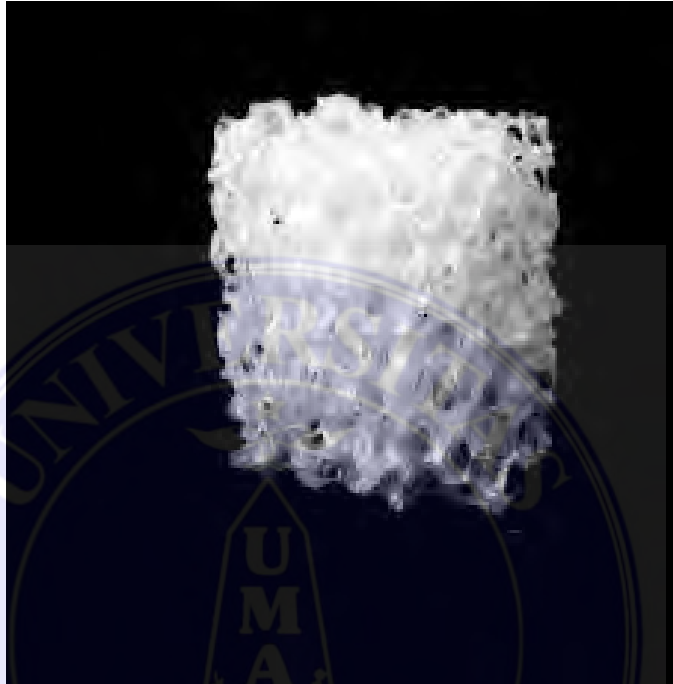
tercetak. Kelebihan PLA juga terbilang banyak yaitu : Kekuatan tarik yang bagus, Kualitas permukaan bagus (Halus), Memungkinkan pembuatan komponen dengan resolusi tinggi, Bagus untuk metode casting pada bagian logam, Tersedia berbagai pilihan warna. Sedangkan kekurangan PLA cenderung sedikit yaitu : Tidak terlalu kokoh, Bisa berubah bentuk bila terkena panas, sulit untuk *post-process*.

## 2.10. *Bioceramic*

Biokeramik dimaksudkan untuk digunakan dalam sistem sirkulasi ekstrakorporeal (dialisis misalnya) atau bioreaktor rekayasa; Namun, paling umum sebagai implan. Keramik menunjukkan banyak aplikasi sebagai biomaterial karena sifat fisika-kimianya. Mereka memiliki keuntungan menjadi lengai dalam tubuh manusia, dan kekerasan serta ketahanannya terhadap abrasi membuatnya berguna untuk penggantian tulang dan gigi. Beberapa keramik juga memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap gesekan, menjadikannya berguna sebagai bahan pengganti untuk sendi yang tidak berfungsi.

Keramik berbasis kalsium fosfat merupakan, saat ini, pengganti tulang yang lebih disukai dalam bedah ortopedi dan maksilofasial. Mereka mirip dengan fase mineral tulang dalam struktur dan / atau komposisi kimia. Bahan ini biasanya berpori, yang menyediakan antarmuka implan tulang yang baik karena peningkatan luas permukaan yang mendorong kolonisasi dan revaskularisasi sel. Selain itu, ia memiliki kekuatan mekanik yang lebih rendah dibandingkan dengan tulang, membuat implan sangat berpori sangat halus. Karena modulus keramik *Young* umumnya jauh lebih tinggi daripada jaringan tulang, implan dapat menyebabkan tekanan mekanis pada antarmuka tulang.

Kalsium fosfat yang biasanya ditemukan dalam biokeramik termasuk hidroksiapatit (HAP)  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  ; trikalsium fosfat  $\beta$  ( $\beta$  TCP):  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  ; dan campuran HAP dan  $\beta$  TCP.



Gambar. 2.4. *Bioceramic.*

### 2.11. *Titanium*

Titanium adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ti dan nomor atom 22. Unsur ini merupakan logam transisi yang ringan, kuat, berkilau, tahan korosi (termasuk tahan terhadap air laut, aqua regia, dan klorin) dengan warna putih-metalik-keperakan.

Titanium juga banyak digunakan pada manusia di kehidupan sehari-hari seperti alat bedah, ponsel, perhiasan, dan yang lainnya. Pada kondisi murni, sifat logam titanium ini lebih kuat daripada beberapa baja, tetapi bobotnya hanya setengah dari baja.

Manfaat titanium juga sangat banyak maka tak jarang bahan titanium

sering digunakan sebagai suku cadang mesin jet, peralatan militer, dan juga untuk medis. Maka dari itu penulis menyarankan penggunaan bahan titanium untuk penggunaan material pengganti tulang panggul patah pada manusia nantinya. Karena sangat bagus dan aman untuk digunakan didalam tubuh manusia.

### 2.12. Teori *Von Mises*

Kriteria yield dari von Mises menunjukkan bahwa pencapaian batas kekuatan bahan dimulai ketika invariasi resultan tegangan deviatorik kedua  $J_2$  mencapai nilai kritis  $k$ . Untuk alasan ini, kadang-kadang disebut plastisitas- $J_2$  atau teori aliran  $J_2$ . Ini adalah bagian dari sebuah teori plastisitas yang berlaku terbaik untuk bahan ulet, seperti logam. Sebelum hasil, respon material diasumsikan elastis. Dalam ilmu rekayasa material, kriteria yield von Mises dapat juga diformulasikan dalam bentuk tegangan von Mises atau stres tarik equivalent  $\sigma_v$ , nilai skalar stres yang dapat dihitung dari tensor stres. Dalam hal ini, material dikatakan untuk memulai batas yield ketika tegangan von Mises mencapai nilai kritis yang dikenal sebagai kekuatan luluh,  $\sigma_y$ . Von Mises stress digunakan untuk memprediksi batas kekuatan bahan dalam setiap kondisi pembebanan dari hasil tes sederhana tarik uniaksial. Tegangan von Mises memenuhi keadaan yang menyatakan dua arah tegangan dengan energi distorsi yang sama telah menyamai stres von Mises.

### 2.13. Teori *Solidworks*

Solidworks merupakan sebuah program Computer Aided Design (CAD) 3D yang menggunakan sistem operasi Microsoft Windows. Software ini dikembangkan oleh Solidworks Corporation, yang merupakan anak perusahaan dari Dassault Systemes (DS), Amerika Serikat. Program solidwoeks ini tidak

hanya dapat menggambar 3D saja, tetapi juga bisa menggambar 2D, bahkan dapat dikonversi ke format \*.dwg yang dapat dijalankan pada program AutoCad.

Solidworks merupakan software yang mudah dioperasikan, tidak memerlukan perangkat tambahan hardware dan software yang rumit. Software ini juga lebih sederhana dari software lainnya seperti, Pro/Engineer, Unigraphics, atau CATIA, yang sudah lebih dahulu dikenal masyarakat. Menurut Anditya, S.T. yang dapat kita kutip pada buku “ Membuat Desain komponen Mekanis 2D & 3D Menggunakan Solidworks “. Maka dari itu penulis juga memilih memakai solidworks dikarenakan software yang mudah dipelajari, dan juga tidak terlalu memakan memori yang besar.

#### 2.14. Gaya

Gaya adalah tarikan atau dorongan yang terjadi pada suatu benda. Gaya ini menimbulkan perubahan posisi, gerak atau perubahan bentuk benda. Gaya memiliki nilai dan arah, sehingga masuk ke dalam besaran vektor. Gaya disimbolkan dengan Force (F) dan satuan gaya adalah Newton (N). Pengukuran gaya dilakukan dengan alat yang disebut dinamometer atau neraca pegas. Untuk melakukan sebuah gaya diperlukan tenaga. Semakin besar gaya yang hendak dilakukan, maka semakin besar pula tenaga yang harus dikeluarkan.

Gaya memiliki tiga rumus dasar untuk menjelaskan gerak benda. Tiga rumus tersebut adalah hukum Newton 1, 2, dan 3.

1. Hukum Newton 1 : “Jika penjumlahan atau pengurangan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, benda yang semula diam tetap diam.” Serta benda yang bergerak lurus beraturan akan tetap bergerak lurus beraturan.

Rumus Hukum Newton 1 yaitu :

$$\sum F = 0 \dots\dots\dots$$

Keterangan :  $\sum F$  = resultan gaya (kilogram m/s<sup>2</sup>)

- Hukum Newton 2 : “Percepatan atau perubahan dari kecepatan gerak benda selalu berbanding lurus dengan resultan gaya yang bekerja pada suatu benda dan selalu berbanding terbalik dengan massa benda.”

Rumus Hukum Newton 2 yaitu :

$$\sum F = m \cdot a \dots\dots\dots$$

Keterangan :  $\sum F$  = resultan gaya (kilogram m/s<sup>2</sup>)

m = massa benda (kilogram)

a = percepatan (m/s<sup>2</sup>)

- Hukum Newton 3 : “Jika suatu benda memberikan gaya terhadap benda kedua, maka benda kedua akan membalas gaya dari benda pertama dengan arah berlawanan.”

Rumus Hukum Newton 3 yaitu :

$$\sum F_{aksi} = -\sum F_{reaksi} \dots\dots\dots$$

### 2.15. Tegangan dan Regangan

Gaya per satuan luas pada suatu penampang dinamakan tegangan yang dinotasikan dengan  $\sigma$ . [9] Tegangan pada luas penampang A yang dikenakan beban aksial P adalah P dibagi luas A :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots$$

Keterangan :  $\sigma$  = Tegangan  
(N/m<sup>2</sup>)

P = Beban (N)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)



Regangan merupakan perubahan relatif ukuran atau bentuk suatu benda yang mengalami tegangan. Regangan dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara penambahan panjang benda terhadap panjang benda mula-mula. Selain itu regangan menjadi tolok ukur seberapa jauh benda tersebut berubah bentuk.

Rumus dari regangan yaitu :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots$$

Keterangan :  $\varepsilon$  = Regangan

$\Delta L$  = pertambahan panjang (m)

$L$  = panjang mula-mula (m)

### 2.16. Hukum Hooke ; Modulus Elastisitas

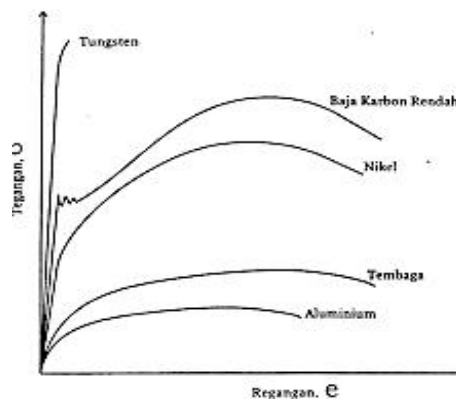
Kebanyakan struktur dirancang untuk mengalami deformasi yang relatif kecil, yaitu hanya terkait dengan garis lurus diagram tegangan-regangan artinya bahwa struktur dirancang agar tidak melewati kekuatan luluhnya  $\sigma_Y$ . Sepanjang garis elastis yang dapat dilihat pada gambar 2.6., tegangan  $\sigma$  adalah berbanding lurus dengan regangan  $\varepsilon$ , sehingga dapat dituliskan dalam bentuk :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \dots\dots\dots$$

Keterangan :  $\sigma$  = Tegangan (N/m<sup>2</sup>)

$E$  = Modulus elastisitas (N/m<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  = Regangan



Gambar 2.5. Diagram Tegangan-Regangan Untuk Berbagai Jenis Baja.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1. Tempat penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di Univeritas Medan Area, Jl. Kolam No.1 Medan Estate / Jl. Gedung PBSI Medan.

#### 3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu yang diperkirakan untuk penelitian analisis ini kurang lebih 5 bulan, mulai study literature sampai dengan sidang akhir, seperti terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan

No.	Kegiatan	2021					2022								
		Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1.	Study literature	■													
2.	Persiapan laporan		■	■											
3.	Administrasi terbit SK seminar proposal				■										
4.	Seminar proposal					■									
5.	Menentukan bentuk 3D panggul manusia yang patah						■								
6.	Desain panggul manusia yang patah							■							
7.	Pengujian desain panggul manusia yang patah menggunakan aplikasi solidworks								■						
8.	Analisa data									■	■				
9.	Seminar hasil											■			
10.	Sidang akhir												■	■	■

## 3.2. Bahan dan Alat

### 3.2.1. Bahan

Pengujian spesimen atau bahan uji diperlukan beberapa bahan yang digunakan, yaitu :

#### 3.2.1.1. 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.

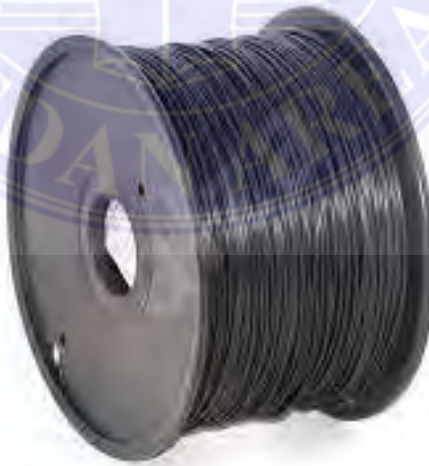


Gambar.3.1.Filament Pla.

### 3.2.1.2. Filament ABS

Filament Acrylonitrile Butadiene Styrene atau filament ABS adalah polimer organik pembentuk salahsatu jenis plastik, bahan ini berifat termoplastik, yang artinya plastik jenis ini dapat di daur melalui proses pemanasan yang berulang. ABS merupakan jenis plastik yang menjadi bahan dasar produk plastik di atas.

Dikenal dengan ketahanannya terhadap benturan, dan harganya yang relatif murah. Selain itu plastik jenis ABS digunakan sebagai bahan dasar dari beberapa produk plastik di bidang manufaktur. Seperti halnya helm, suku cadang otomotif, kerangka elektronik, mainan anak bahkan peralatan medis. Namun, plastik jenis ABS tidak tahan terhadap sinar ultraviolet, sehingga tidak cocok digunakan sebagai eksterior. Sinar ultraviolet dapat merusak struktur plastik ABS menyebabkan produk plastik jenis ABS mudah rapuh.



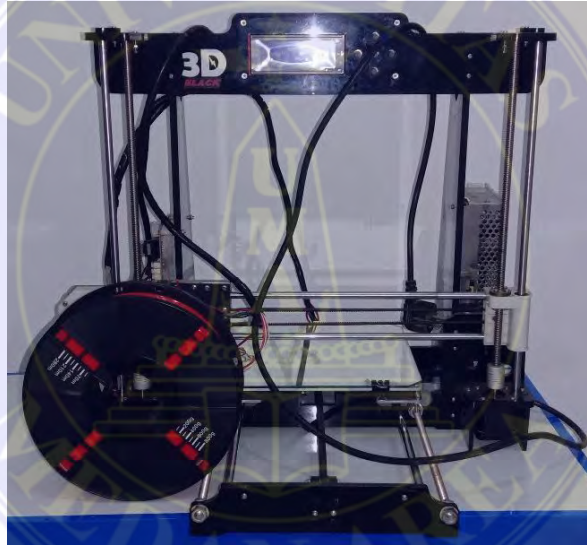
Gambar.3.2.Filament ABS.

### 3.2.2. Alat

Peralatan yang diperlukan dalam pembuatan komposit bubuk kertas dengan campuran serat tanaman suku palmae, yaitu :

#### 3.2.2.1. 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.



Gambar.3.3. Mesin *Printer 3D* Perusa i3 Anet A8.

#### 3.2.2.2. Laptop

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

3.2.2.2.1. Processor : AMD A9-9425 Dual-Core (3.1 GHz base frequency)

3.2.2.2.2. RAM : 6.00 GB

3.2.2.2.3. Operation system : Windows 10 Home Single Language

3.2.2.2.4. SSD : 128 GB

3.2.2.2.5. Produk : HP



Gambar. 3.4. Laptop.

#### 3.2.2.2.6. Program Solidworks

Dalam mendesain prototipe panggul patah pada manusia, penulis menggunakan aplikasi *solidworks*, disini program *solidworks* yang digunakan oleh penulis berupa *solidworks* tahun 2017.

### 3.3. Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang dipakai dalam pelaksanaan pengambilan data adalah metode studi literature dengan rincian sebagai berikut :

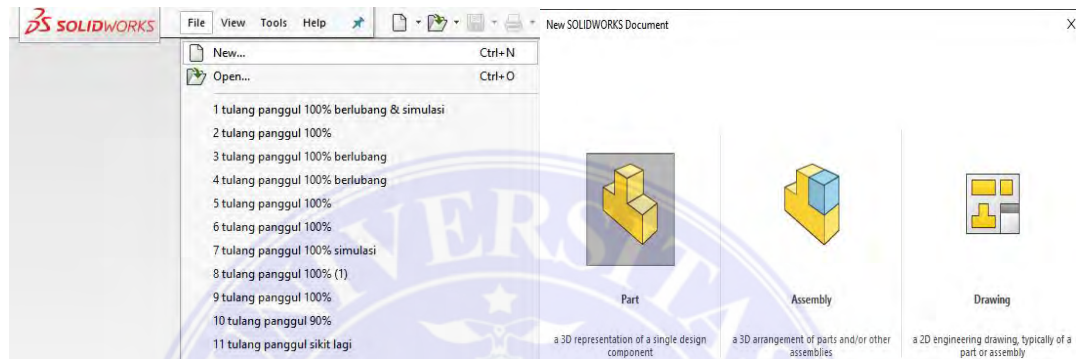
#### 3.3.1. Studi Literatur

Metode studi literature dipakai untuk mendapatkan data literature dan data penelitian sekunder. Data tinjauan literature yang bersifat fundamental seperti defenisi menurut para ahli, data *engineering*, ataupun jurnal yang berisi tentang penelitian sejenis dengan material berbeda dan dijadikan pedoman dan panduan dasar. Sedangkan data-data penelitian sekunder, seperti halnya ukuran komponen, material yang dipakai oleh komponen, serta prosedur pengoperasian unit yang berisi tentang data – data penunjang akan digunakan untuk pengolahan data pada penelitian ini. Data manufaktur seperti data material, serta data penggambaran

manufaktur juga bisa disebut dengan literatur sebagai penunjang data penelitian yang paling spesifik.

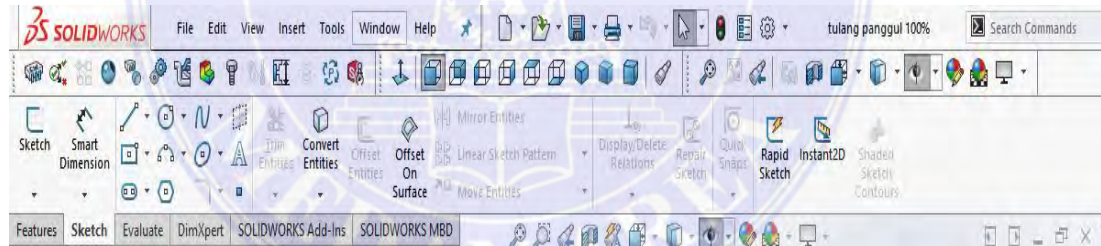
### 3.3.2. Prosedur Pembuatan Prototipe

Buka aplikasi solidworks 2015 terlebih dahulu kemudian buka halaman gambar baru melalui : *file > new > part > Ok*. Perhatikan gambar 3.5. dibawah.



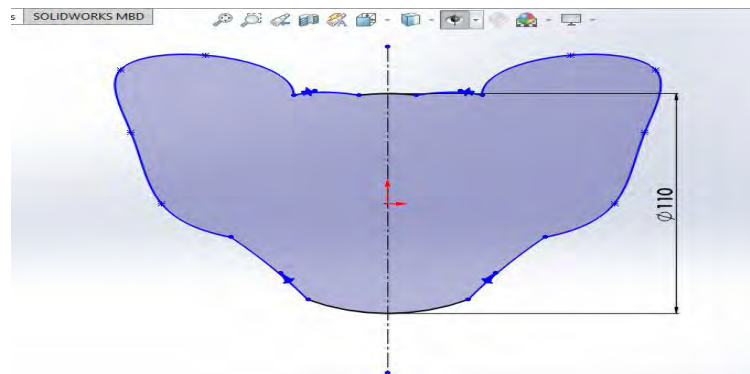
Gambar 3.5. Membuka Halaman Gambar Baru di Solidworks 2017.

Setelah halaman gambar baru sudah terbuka, pada menu bar pilih *tab sketch*, perhatikan gambar 3.6. dibawah ini :



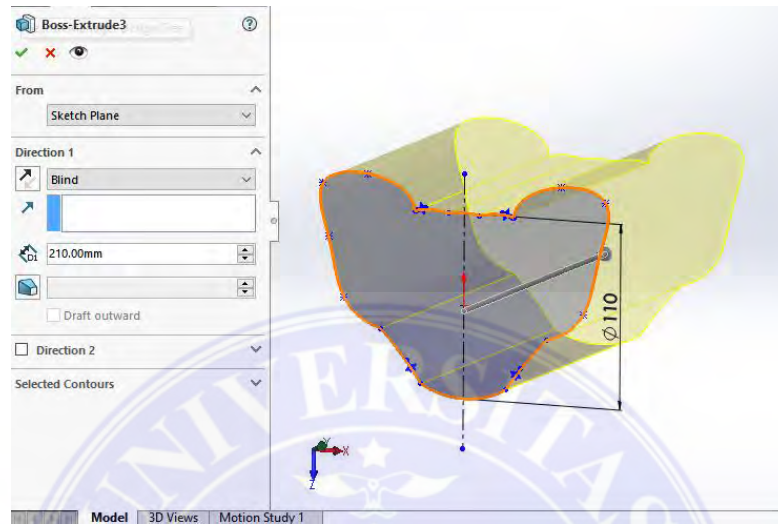
Gambar 3.6. Menu *Sketch*.

Langkah pertama yaitu dari *top plane*, dilakukan penggambaran tulang panggul terlebih dahulu untuk sketsa 2D nya seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



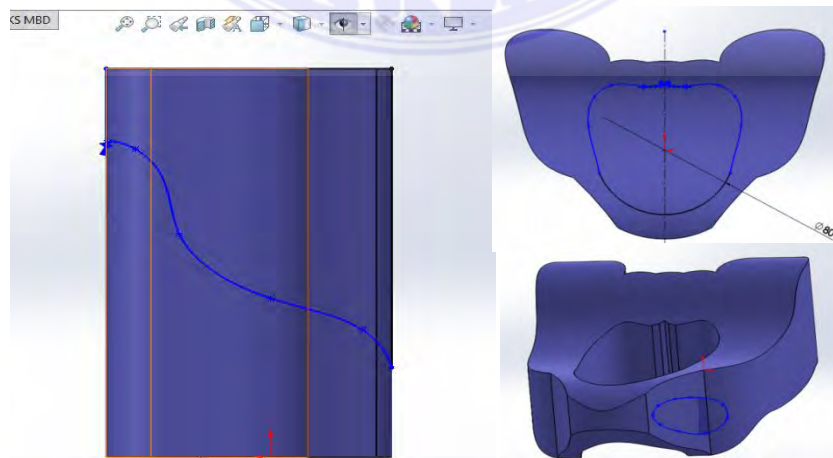
Gambar 3.7. Sketsa 2D Tulang Panggul manusia.

Setelah sketsa 2D tulang panggul telah selesai digambar, langkah selanjutnya yaitu menggunakan perintah *extrude*, untuk membuat objek menjadi 3D. Perhatikan gambar 3.8. dibawah.



Gambar 3.8. *Extrude Boss* sketsa.

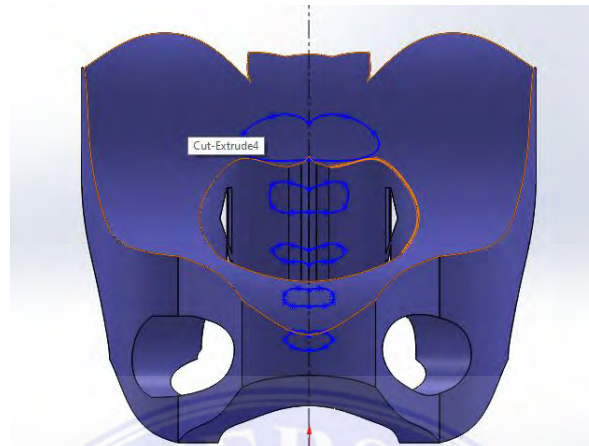
Kemudian kita membuat sketsa kembali dengan acuan *right plane* sebagai *plane* untuk menggambar bentuk tulang panggul yang kemudian di *extrude cut* pada garis - garis yang sudah digambar seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.9. dibawah. Bentuk tulang panggul yang sudah diperoleh melalui perintah sebelumnya kemudian didesain sedemikian rupa untuk bentuk detail lengkungan tulang panggul



Gambar 3.9. Perintah *Extrude Cut* Untuk Membuat Bentuk Tulang panggul.

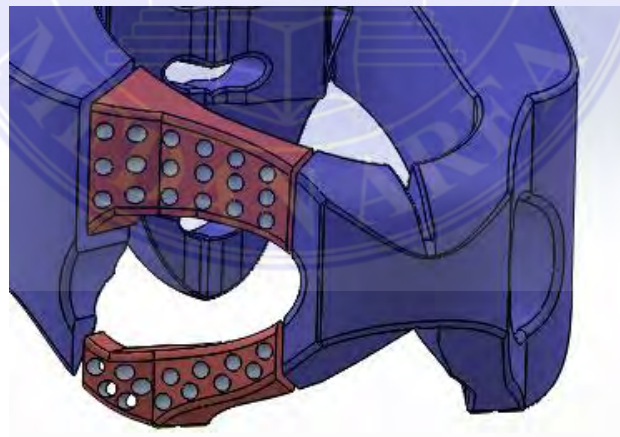


Tulang panggul manusia yang masih utuh seperti yang terlihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. Desain Tulang Panggul Yang Utuh.

Kemudian untuk membuat desain prototipe pengganti tulang panggul patah yang patah sesuai dengan pembahasan dalam penelitian ini maka penulis perlu membuat desain panggul yang patah seperti yang terlihat pada gambar 3.11. dibawah.

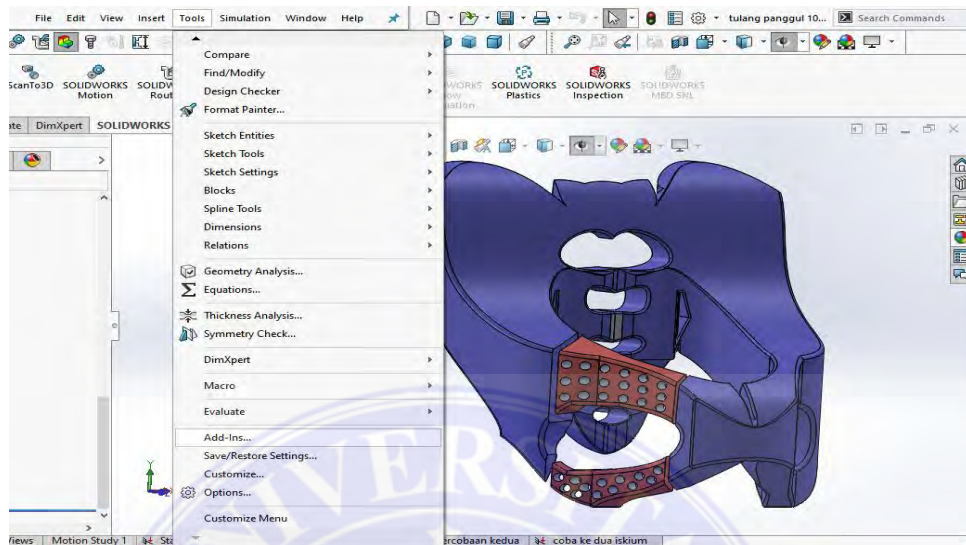


Gambar 3.11. Desain Tulang Panggul Yang Patah.

### 3.3.3. Prosedur Pengujian Simulasi

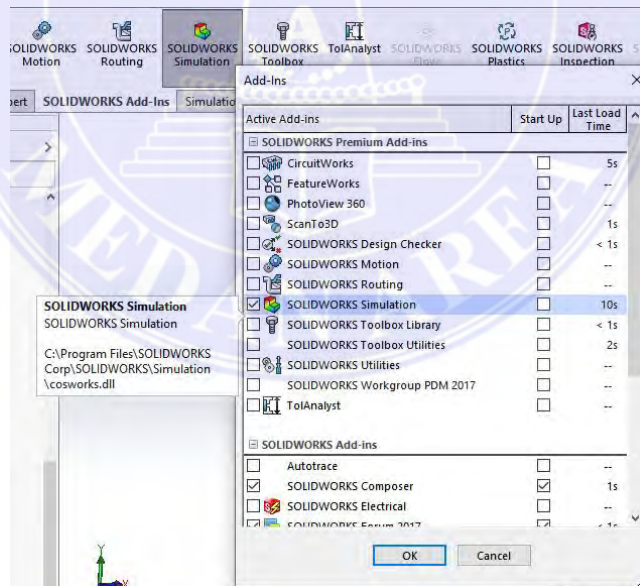
Pengujian simulasi pada prototipe dilakukan dengan mengikuti langkah sebagai berikut ini :

- 1) Buka aplikasi solidworks kemudian pilih *menu > tools > Add-Ins...*  
Perhatikan gambar 3.12. dibawah ini.



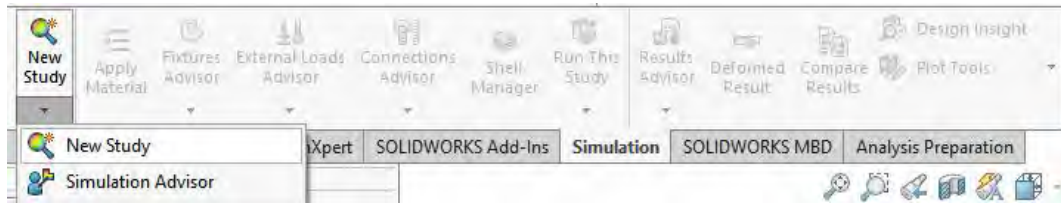
Gambar 3.12. Menu *Add-Ins*.

- 2) Setelah muncul dialog box, centanglah *solidworks simulation* kemudian klik Ok. Perhatikan gambar 3.13. dibawah.



Gambar 3.13. Dialog box *Solidworks Simulation*.

- 3) Pilih menu *simulation > study advisor > new study* untuk memulai simulasi pada program solidworks. Perhatikan gambar 3.14. dibawah ini.



Gambar 3.14. Menu *New Study*.

4) Pilih *static* untuk kategori simulasi yang akan kita jalankan. Kemudian perhatikan gambar gambar 3.16. dibawah, terdapat beberapa perintah yang akan kita gunakan dalam simulasi yaitu berupa :

a. *Apply material* : untuk memilih jenis bahan yang hendak kita uji pada objek. Pada pengujian ini jenis bahan yang digunakan adalah Titanium (Ti-6Al-4V Solution treated and aged SS). Sifat dari bahan titanium tersebut dapat terlihat pada tabel 3.3. dibawah ini.

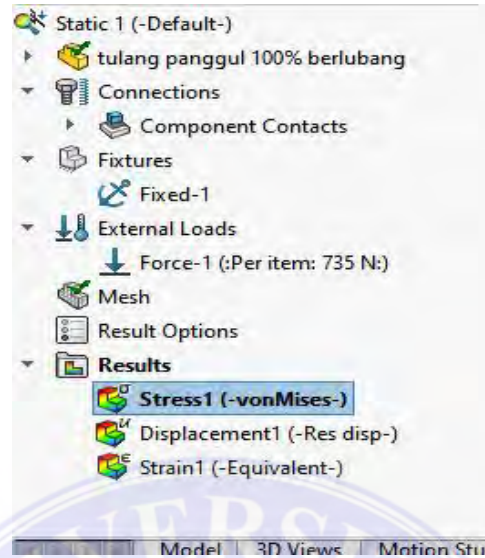
b. Tabel 3.2. Sifat Bahan Titanium (Ti-6Al-4V Solution treated and aged SS).

Sifat	Nilai	Satuan
Modulus Elastisitas	1.0480031e+011	N/m <sup>2</sup>
Rasio Poisson's	0.31	N/A
Modulus Geser	4.1023807e+010	N/m <sup>2</sup>
Kepadatan Massa	4428.78	kg/m <sup>3</sup>
Kekuatan Tekanan	1050000000	N/m <sup>2</sup>
Kekuatan Hasil	827370880	N/m <sup>2</sup>
Koefisien Ekspansi Thermal	9e-006	/K
Konduktivitas Thermal	6.7	W/(m.K)
Panas Spesifik	586.04	J/(kg.K)

c. *Fixtures* : untuk menentukan daerah penjepitan objek yang hendak kita uji.

d. *External loads* : untuk memberi gaya yang hendak kita berikan pada objek yang ingin kita simulasikan.

e. *Mesh* : untuk mensimulasikan objek.



Gambar 3.15. Perintah Dalam Simulasi Objek.

### 3.1.1.1. Proses Pencetakan Prototipe Dengan 3D Printer

Proses pencetakan prototipe ini dengan menggunakan mesin printer 3D Prusa I3 A8, untuk pencetakan konsep 1 menghabiskan waktu sekitar 35 menit, dan konsep 2 menghabiskan waktu sekitar 30 menit. Pencetakan dengan menggunakan *speed mul* 60-100°C. dan *flow mul* 100°C, suhu yang digunakan untuk mencetak ketiga prototipe tersebut sekitar 200°C, jika dibawah suhu tersebut maka filamen PLA tidak akan meleleh dengan sempurna karena filamen PLA membutuhkan suhu 190°C-220°C agar bisa meleleh. Jika diatas suhu 210°C permukaan bed lapisan bawah terlalu panas maka filamen yang akan dicetak hasilnya akan menjadi tidak sempurna maka hasil print yang kita inginkan tidak akan sesuai seperti yang kita harapkan. Proses pencetakan prototipe dapat dilihat pada gambar 3.16. dibawah ini. Kemudian hasil cetak prototipe atas kedua konsep yang telah dirancang oleh penulis dapat dilihat pada gambar 3.17. dibawah ini.



Gambar 3.16. Proses Pencetakan Prototipe Dengan 3D Printer.



Gambar 3.17. Hasil Pencetakan Prototipe Dengan 3D Printer.

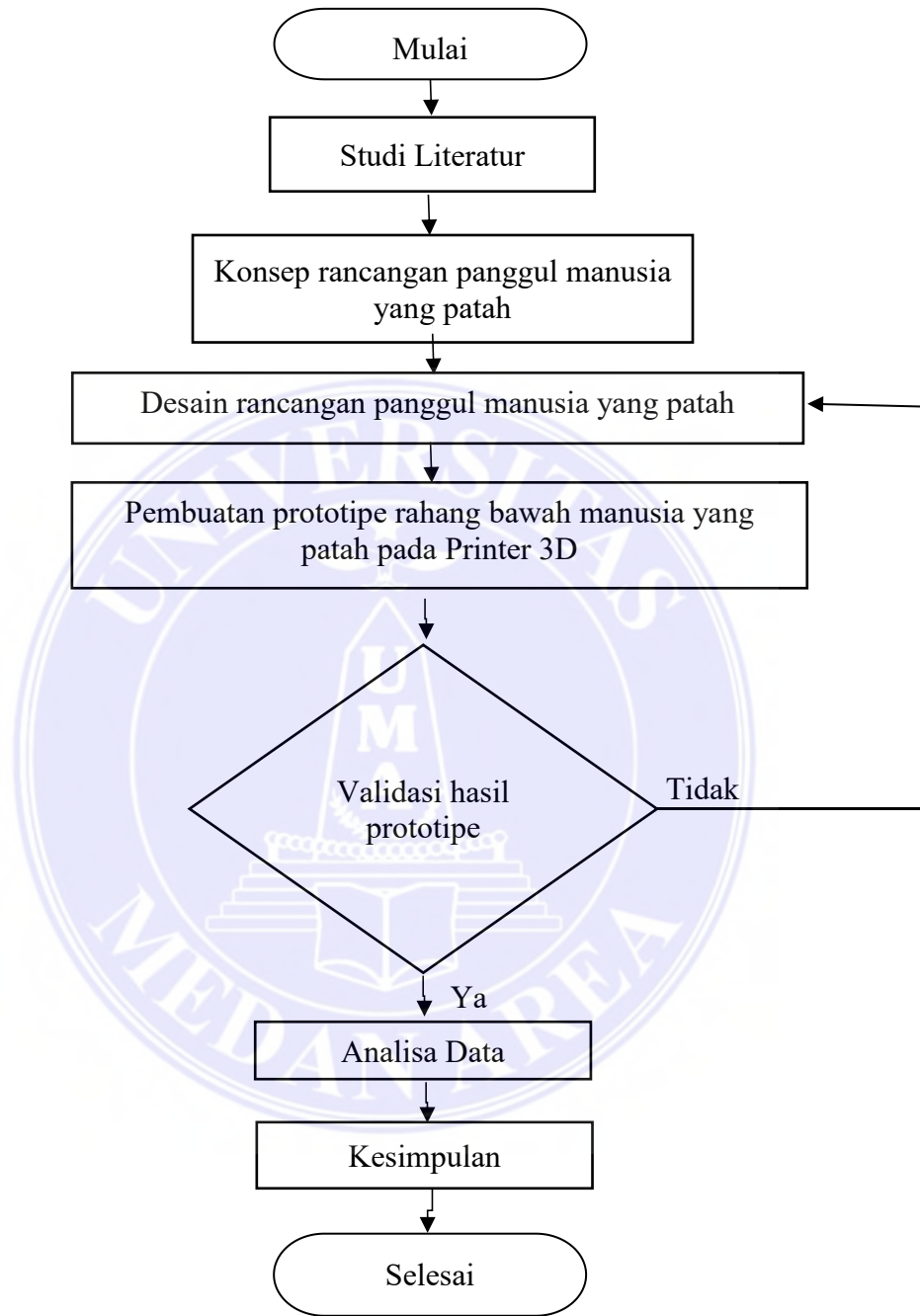
### 3.1.2. Pengoperasian Mesin Printer 3D Prusa I3 A8

Cara mengoperasikan mesin Printer 3D Prusa I3 A8 yaitu :

- 1) Hidupkan mesin printer 3D dengan cara menghubungkan steker dengan stop kontak.
- 2) Masukkan data *SD card* ke slot yang berada disamping kiri pada mesin printer 3D, *SD card* sebelumnya harus dimasukan terlebih dahulu data yang hendak kita cetak dengan menggunakan mesin printer 3D biasanya data tersebut tersimpan dalam format *G-Code*.
- 3) Mereset mesin, Setelah mesin di reset kemudian kita dapat melihat pada monitor yang tertera di mesin yang memerintahkan untuk "*PRINTER READY*"
- 4) Lalu 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 hendak kita cetak menggunakan 3D printer.
- 5) Setelah file yang kita inginkan kita pilih maka kita tiggal menunggu printer tersebut bekerja secara otomatis hingga file yang kita inginkan selesai dicetak dengan menggunakan 3D printer tersebut.

### 3.4. Diagram Alir

Diagram alir dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18. Diagram Alir.

Adapun penjelasan mengenai diagram alir penelitian pada gambar 3.18. yang akan dilakukan oleh penulis dalam penyusunan skripsi ini yaitu :

1. Studi literatur : Studi literatur diperoleh dengan cara mempelajari buku, jurnal, ataupun referensi lainnya. Penelusuran sumber-sumber tulisan yang sudah pernah dibuat sebelumnya berupa jurnal-jurnal baik jurnal nasional maupun internasional.
2. Konsep rancangan panggul manusia yang patah : Penulis menentukan konsep dalam pembuatan panggul manusia yang patah dengan grafik morfologi.
3. Design rancangan panggul manusia yang patah : Melalui grafik morfologi yang telah dibuat oleh penulis kemudian ditentukanlah desain yang akan penulis buat untuk rancangan tulang panggul manusia yang patah.
4. Pembuatan prototipe tulang panggul manusia yang patah pada Printer 3D : Penulis akan mencetak hasil desain yang telah dibuat sebelumnya dengan menggunakan mesin Printer 3D.
5. Validasi hasil prototipe : Hasil print 3 dimensi akan dievaluasi apakah sudah tercetak sesuai dengan design yang telah dibuat. Jika ya maka akan dilanjutkan untuk dianalisa data, namun apabila hasil tidak sesuai maka akan dilakukan design ulang terhadap rancangan panggul manusia yang patah tersebut.
6. Analisa data : prototipe yang telah dibuat akan dianalisa dengan menggunakan aplikasi Solidworks.
7. Kesimpulan : Pada tahap akhir ini, penulis akan menarik kesimpulan dalam penyusunan skripsi ini.



## **BAB V PENUTUP**

### **5.1. Kesimpulan**

Dengan melihat hasil penelitian yang telah dibahas, maka dapat saya tarik kesimpulan sebagai berikut :

5.1.1. Dari hasil prototipe yang dibuat oleh penulis, penulis menyimpulkan bahwa konsep prototipe yang dibuat penulis belum sepenuhnya sempurna.

5.1.2. Model prototipe yang penulis buat juga belum sepenuhnya sempurna, karena jika mau hasil yang sempurna harus mengukur langsung ke bagian tulang panggul calon konsumen yang memerlukan konsep rancangan model tulang panggul ini.

5.1.3 Hasil prototipe yang telah dibuat penulis belum mirip dengan ukuran asli tulang panggul manusia.

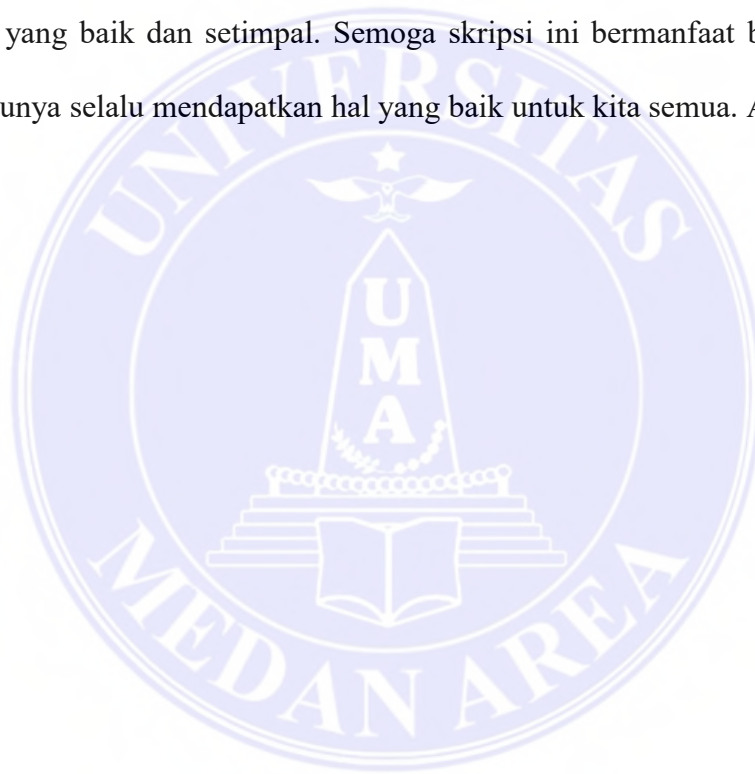
### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan dan kesimpulan di atas, penulis memberikan saran yang bertujuan untuk kebaikan penulis selanjut nya yang akan meneruskan judul seperti ini, jika ingin mencapai hasil yang sangat baik harus sering bimbingan ke dosen yang bersangkutan dan juga memperbanyak membaca jurnal baik nasional maupun internasional, juga memperbanyak *sharing* kepada teman – teman yang lain dan juga kepada dosen yang bersangkutan.


### **5.3. Penutup**

Segala puji bagi Allah yang maha segalanya, sesungguhnya hanya kepada-Nya memohon pertolongan, ampunan dan petunjuk. Kita berlindung kepada Allah dari kejahatan diri dan keburukan perilaku. Dengan mengucapkan rasa syukur, penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi ini. Sungguh kecongkakan intelektual

bilamana penulis menganggap skripsi yang penulis susun sempurna dan bersifat final. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karenanya saran, kritik dan masukan yang bersifat konstruktif dari pembaca sangat saya harapkan demi tercapainya kesempurnaan skripsi ini di masa mendatang. Akhirnya tak lupa peneliti sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis sehingga penulisan skripsi dapat terselesaikan. Semoga semua pihak tanpa disebut namanya, mendapatkan balasan yang baik dan setimpal. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua dan tentunya selalu mendapatkan hal yang baik untuk kita semua. Amin.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, d. S. 2021. *Mengenal Anatomi Panggul Manusia dan Penyakit Terkait Panggul*. jakarta: alodokter.
- Puji, A. 2018. *Mengupas Bagian dan Fungsi Anatomi Panggul Manusia*. Jakarta: hello sehat.
- dr. Cokorda Gde Oka Dharmayuda, S. 2017. FRAKTUR NECK FEMUR. *Sidemen*, 13 Januari 2017, 6-12.
- Marks, R. 2010. Hip Fracture Epidemiological Trends, Outcomes, and Risk Factors, 1970-2009. *International Journal of General Medicine*, 3, 1-17.
- Willy, d. T. 2019. *Patah Tulang Pinggul*. Alodokter.
- ZAKARIA. 2020. Teori Mesin Printer 3D. *Apa itu 3D Printing*, 10-23.
- Mpik. 2017. Kelebihan dan Kekurangan Polylactic Acid (PLA) Sebagai Filament Favorit Printer 3D. *by mpik10 November 2017*, 5-10.
- Chai, Chou; Leong, Kam W 2000. *"Biomaterials Approach to Expand and Direct Differentiation of Stem Cells"*. *Molecular Therapy*. 15 (3): 467–80. doi:10.1038/sj.mt.6300084. PMC 2365728 . PMID 17264853
- Panggabean, P. C. (2020). Defenisi filamen 3D printer. *Filament 3D Printer*, 1-15.
- Geologinesia. (2016). LOGAM TITANIUM DAN KEGUNAANNYA. *apa itu titanium*, 5-10.
- Anditya, S. (2016). *Membuat Desain Komponen Mekanis 2D & 3D Menggunakan Solidworks*. Yogyakarta: Andi.
- Wibowo, D. S. (2013). *Anatomi Fungsional Elementer & Penyakit yang Menyertainya*. Jakarta: Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Sani, R. A. (2019). *Karakterisasi Material*. Jakarta: Grafika Offset.