

# TUGAS AKHIR

## PENGARUH VARIASI KETEBALAN PADA KONFIGURASI PENAMPANG TERHADAP GAYA REMUK RATA-RATA (MFC) PADA MATERIAL STRUKTUR PANEL SANDWICH

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

**Disusun Oleh:**

**RIKI ANDREAN**

**1307230086**



# UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

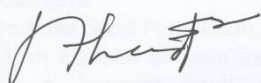
Nama : Riki Andrian  
NPM : 1307230086  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Ketebalan Pada Konfigurasi Penampang Terhadap Gaya Remuk Rata-Rata (MFC) Pada Material Struktur Panel *Sandwich*  
Bidang ilmu : Kontruksi Manufaktur

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, 11 Februari 2019

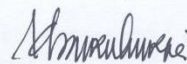
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



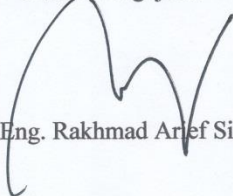
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Peguji II



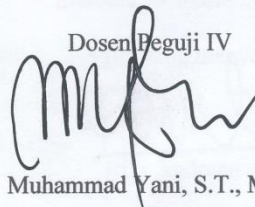
Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Dr. Eng. Rakhmad Arlef Siregar

Dosen Peguji IV



Muhammad Yani, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Riki Andrean  
Tempat /Tanggal Lahir: Tanjung Pura/05 Agustus 1994  
NPM : 1307230086  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“Pengaruh Variasi Ketebalan Pada Konfigurasi Penampang Terhadap Gaya Remuk Rata-Rata (MFC) Pada Material Struktur Panel *Sandwich*”.**

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 ketidaksesuaian 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, 19 Maret 2019



Saya yang menyatakan,

Riki Andrean

## ABSTRAK

Struktur panel *Sandwich* merupakan struktur (material) buatan manusia yang memiliki geometri sarang lebah (*Honeycomb Sandwich*). Bentuk ini memungkinkan material memiliki bobot minimal dengan kekuatan yang sangat besar dan daya yang tinggi namun tetap memiliki daya produksi yang rendah, banyak digunakan untuk struktur pesawat, konstruksi bangunan, perkapalan, dan otomotif. Untuk meminimalisasi jumlah material yang digunakan. Dan memiliki Keunggulan yang diperoleh dari struktur *core* ringan yang terletak diantara dua *skin*, dan kali ini panel sandwich yang dibuat terinspirasi dari tumbuhan beruas/berongga batang pepaya yang dikembangkan dengan menggunakan bahan filament PLA (Polylactic Acid) termoplastik biodegradable, terbuat dari pati jagung adalah jenis Panel *sandwich Re-entrant Honeycomb* yang didesain dengan menggunakan software catia yang kemudian format desain gambar tersebut dirubah menjadi format stl lalu *diconvert* ke software Cura untuk mengetahui durasi waktu dan jumlah bahan filament yang digunakan saat mencetak spesimen dan untuk merubah format gambar tersebut ke format G-code yang kemudian dicetak dengan menggunakan mesin Printer 3D. Dengan tiga ukuran diameter ketebalan hexagonal yang bervariasi yaitu 0,5mm, 0,75mm, dan 1mm. Serta panjang (L) 108 mm, lebar (b) 20 mm, dan tinggi (h) 10mm. Kemudian spesimen tersebut dilakukan pengujian Impact vertical, adapun proses pengujian yang dilakukan dengan metode pengujian gerak jatuh bebas. Yaitu spesimen diletakkan diatas dudukkan spesimen dan diikat agar tidak lepas, pada saat proses pengujian dilakukan, ketika beban menghantam spesimen. Dari hasil yang telah didapatkan pada pengujian spesimen *Re-entrant Honeycomb* yang dilakukan dengan uji gerak jatuh bebas Mesin Impact vertical. Bahwa dari ketiga spesimen yang memiliki nilai beban tekan tertinggi adalah spesimen dengan ukuran diameter ketebalan 0,50 mm, hal ini membuktikan jika semakin kecil ketebalan spesimen maka akan semakin mudah hancur spesimen tersebut dihantam oleh beban penguji.

**Kata kunci** : Panel Sandwich, Re-entrant Honeycomb, Impact Gerak Jatuh

Bebas.

## **ABSTRACT**

*The Sandwich panel structure is a man-made structure (material) that has a honeycomb geometry (Honeycomb Sandwich). This form allows the material to have a minimum weight with very large strength and high power but still has a low production power, widely used for aircraft structures, building construction, shipping, and automotive. To minimize the amount of material used. And has the advantage of being obtained from a lightweight core structure that is located between two skins, and this time a sandwich panel inspired by a plant / papaya hollow stem developed by using PLa (Polylactic Acid) filamentous biodegradable filament, made from corn starch is a type Honeycomb Re-entrant sandwich panel which is designed by using software catia which then format the image of the image changed to stl format and then converted to Cura software to determine the duration of time and the amount of filament material used when printing specimens and to change the image format to G-format code which is then printed using a 3D Printer machine. With three sizes of hexagonal thickness varying 0.5mm, 0.75mm and 1mm. As well as length (L) 108 mm, width (b) 20 mm, and height (h) 10mm. Then the specimens were carried out with vertical impact testing, while the testing process was carried out by free fall motion testing method. Namely the specimen is placed on top of the specimen and is tied so it does not escape, when the testing process is carried out, when the load hits the specimen. From the results that have been obtained in testing Honeycomb Re-entrant specimens carried out by the free vertical Impact test machine. That of the three specimens that have the highest compressive load value is a specimen with a diameter thickness of 0.50 mm, this proves that the smaller the thickness of the specimen, the easier it will be to destroy the specimen hit by the examiner's load.*

**Keywords:** *Sandwich Panel, Honeycomb Re-entrant, Impact of Free Fall Movement.*

## **KATA PENGANTAR**

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT 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 “Pengaruh Variasi Ketebalan Pada Konfigurasi Penampang Terhadap Gaya Remuk Rata-Rata (MFC) Pada Material Struktur Panel Sandwich” 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:

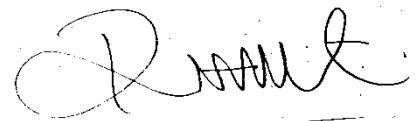
1. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M. Yani, S.T., M.T, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar. S.T., M.T selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Khairul Umurani. S.T., M.T selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Bapak Affandi, S.T.,M.T, yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar. S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Orang tua penulis: Bapak Tamrin dan Ibu Marjiah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Seluruh teman-teman seperjuangan stambuk 2013 terutama rekan-rekan Team Antangin JRG, Reza Angling Dharma, Bembeng Komandan Batalyon Coc Kompi kelelawar, Dedi Lek, Mastari dan Sandi eok anti masuk angin. Yang telah banyak memberikan bantuan dan kerja samanya kepada penulis.

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, 19 – Maret – 2019

Penulis,



RIKI ANDRIAN

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PRNGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Teori Pengujian Statis	5
2.2 Teori Tumbuhan Beruas	6
2.2.1 Tumbuhan beruas bamboo	6
2.2.2 Tumbuhan Beruas Eceng Gondok	7
2.2.3 Tumbuhan Beruas Pisang	7
2.2.4 Tulang Sumsum Hewan	8
2.2.5 Tumbuhan Beruas Pepaya	9
2.3 Teori Komposit Sandwich	9
2.4 Filament PLA 3D Printer	13
2.5 Filament ABS 3D Printer	14
2.6 Mesin 3D Printing	16
2.7 Cara Kerja Mesin 3D Printer	17
2.8 Gerak Jatuh Bebas	17
2.9 Gerakan di Bawah Pengaruh Gravitasi	20
2.10 Gerak Lurus	20
2.11 Hukum Gerakan	20
2.11.1 Momentum dan Impuls	20
2.11.2 Hukum Gerakan Newton	21
2.11.3 Energi Mekanik	21
2.12 Pengujian Impak	21



2.12.1	Pengertian Uji Impak	21
2.12.2	Metode - metode Uji Impak	22
2.13	Mesin Uji Hopkinson	22
2.13.1	Instrumentasi Hopkinson	23
2.13.2	Gelombang Regangan	24
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.1.1	Tempat Penelitian	25
3.1.2	Waktu Penelitian	25
3.2	Diagram Alir Penelitian	26
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	27
3.4	Bahan Penelitian	31
3.5	Prosedur Pengujian Statis	32
3.6	Prosedur Pengujian Gerak Jatuh Bebas	33
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Penelitian	36
4.2	Hasil Pengujian tekan statis	36
4.3	Hasil Pembuatan Spesimen	37
4.4	Hasil Pengujian Spesimen	39
4.5	Hasil Pengujian Gerak Jatuh Bebas	40
4.5.1	Hasil Pengujian Pada Percobaan satu Posisi Tidur	40
4.5.2	Hasil Pengujian Pada Percobaan dua Posisi Tidur	41
4.5.3	Hasil Pengujian Pada Percobaan tiga Posisi Tidur	41
4.5.4	Hasil Pengujian Pada Percobaan satu Posisi Berdiri	42
4.5.5	Hasil Pengujian Pada Percobaan dua Posisi Berdiri	43
4.5.6	Hasil Pengujian Pada Percobaan tiga Posisi Berdiri	43
4.6	Hasil Perbandingan MFC Pada Pengujian Posisi Tidur	44
4.7	Hasil Perbandingan MFC Pada Pengujian Posisi Berdiri	45
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		48
<b>LAMPIRAN</b>		
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>		
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Waktu dan Kecepatan Benda Jatuh	18
Tabel 3.1 Timeline Kegiatan	25
Tabel 4.1 Ukuran <i>Re-entrant Honeycomb</i>	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 . Pengujian tekan disarankan oleh ASTM	5
Gambar 2.2 . Pelat tekan konis sudut gesekan	5
Gambar 2.3. Alat Uji Statis	5
Gambar 2.4 Batang Tumbuhan Bambu	6
Gambar 2.5 Batang Tumbuhan Eceng gondok	7
Gambar 2.6 Batang tumbuhan pisang	8
Gambar 2.7 Tulang Hewan	8
Gambar 2.8 Batang papaya	9
Gambar 2.9 Material komposit berdasarkan jenis penguatnya	11
Gambar 2.10 <i>Sandwich &amp; Honeycomb</i>	11
Gambar 2.11 Struktur Panel <i>Sandwich</i>	13
Gambar 2.12 Filament PLA	14
Gambar 2.13 Filament ABS	15
Gambar 2.14 Mesin 3D printer	17
Gambar 2.15 Grafik Hubungan v-t	18
Gambar 2.16 Sketsa Uji Gerak Jatuh Bebas	19
Gambar 2.17 Mesin Uji Hopkinson Vertikal	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.2 Mesin Uji Statis	27
Gambar 3.3 Mesin 3D Printing	28
Gambar 3.4 Mesin Uji Gerak Jatuh Bebas	28
Gambar 3.5 Laptop	29
Gambar 3.6 Arduino	29
Gambar 3.7 Load cell	30
Gambar 3.8 Beban penekan	30
Gambar 3.9 Spesimen Batang Pepaya	31
Gambar 3.10 Filament Pla 3D Printing	31
Gambar 3.11 <i>Re-entrant Honneycomb</i>	32
Gambar 3.12 Pengujian Spesimen	32
Gambar 3.13 Input Data ke PC	33
Gambar 3.14 Proses Mencetak Spesimen	33
Gambar 3.15 Proses Pengujian Impact	34
Gambar 4.1 Pada benda kerja batang papaya	36
Gambar 4.2 Spesimen batang papaya sebelum diuji	37
Gambar 4.3 Spesimen batang papaya sesudah diuji	37
Gambar 4.4 Hasil gambar spesimen dengan diameter 0,50 mm	38
Gambar 4.5 Hasil gambar spesimen dengan diameter 0,75 mm	38
Gambar 4.6 Hasil gambar spesimen dengan diameter 1 mm	39
Gambar 4.7 <i>Re-entrant Honneycomb</i>	39
Gambar 4.8 Hasil Uji Gerak Jatuh Bebas <i>Re-entrant</i>	40
Gambar 4.9 Hasil grafik pengujian pertama spesimen posisi tidur	40
Gambar 4.10 Hasil grafik pengujian dua spesimen posisi tidur	41
Gambar 4.11 Hasil grafik pengujian tiga spesimen posisi tidur	42

Gambar 4.12	Hasil grafik pengujian pertama spesimen posisi berdiri	42
Gambar 4.13	Hasil grafik pengujian kedua spesimen posisi berdiri	43
Gambar 4.14	Hasil grafik pengujian ketiga spesimen posisi berdiri	44
Gambar 4.15	Hasil Perbandingan MFC Load (kg) Spesimen Posisi Tidur	44
Gambar 4.16	Hasil Perbandingan MFC Time (ms) Posisi Tidur	45
Gambar 4.17	Hasil Perbandingan MFC Load (kg) Posisi Berdiri	45
Gambar 4.18	Hasil Perbandingan MFC Time (ms) Posisi Berdiri	46

## DAFTAR NOTASI

<b>Simbol</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
$\epsilon$ eng	Engineering Strain	
$\Delta L$	Perubahan Awal	
$L_0$	Panjang Awal	mm
$L_i$	Panjang Akhir	mm
$\epsilon$	Regangan	$\frac{\Delta L}{L}$
$T$	Tegangan Geser	$\text{kg/cm}^2$
$E$	Modulus Young	$\text{kg/cm}^2$
$R$	Resistansi mula-mula	$\Omega$
$\Delta R$	Perubahan Resistansi	$\Omega$

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dizaman modern ini Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin meningkat serta berkembang sangat pesat seiring dengan berjalannya waktu, dan berkembangnya pola pikir manusia. Hal ini disebabkan oleh kelebihan teknologi yang sangat membantu memenuhi kebutuhan manusia akan bernilai guna, ekonomis, praktis, dan efisiensi dalam penggunaannya, terutama yang berhubungan dengan bidang konstruksi manufaktur yang sangat diperlukan oleh dunia perindustrian. Dan maka dari itu saya mahasiswa jurusan teknik mesin dalam menyelesaikan tugas sarjana diharuskan mampu melakukan penelitian serta memahami ilmu, terutama yang berhubungan dengan penelitian tentang *panel sandwich* dan pengujiannya.

Pemanfaatan struktur panel *sandwich* dalam industri telah berkembang pesat. Beberapa industri yang membutuhkan konstruksi ringan, kaku dan kuat telah memanfaatkan struktur ini. Industri yang telah memanfaatkan struktur ini diantaranya industri pesawat terbang, perkapalan, otomotif dan bangunan. Keunggulan yang dimiliki oleh struktur ini diperoleh dari *core* ringan yang terletak diantara dua *skin*.

Struktur panel *Sandwich* merupakan struktur (material) alami atau buatan manusia yang memiliki geometri sarang lebah (*Honeycomb Sandwich*) untuk meminimalisasi jumlah material yang digunakan untuk mencapai bobot yang minimal dan biaya yang relatif murah, sehingga didapatkan massa yang ringan terhadap konstruksi tersebut.

Selain ditujukan kepada massa material konstruksi yang ringan, juga didapatkan tingkat fleksibilitas yang cukup besar dari pemilihan material tersebut. Struktur ini umumnya digunakan pada aplikasi kedirgantaraan, transportasi, konstruksi bangunan dan banyak lagi industri-industri yang lainnya.

Dan perkembangan alat uji impact semakin modern dan berkembang pesat. Selain pengujian menggunakan metode impact charpy dan metode izod ada pengujian impact dengan menerapkan metode tekanan pneumatik. Atau yang biasa dikenal didunia teknik dengan nama *Impact Hopkinson*. Dengan beragamnya

pengujian impact yang dilakukan dibutuhkan pemikiran-pemikiran bagaimana penyempurnaan/modifikasi sangat diperlukan untuk meningkatkan kerja mesin yang lebih efisien tanpa mengurangi kualitas dan kuantitas pada pengujian suatu material.

Uji impact yang mempunyai dua fungsi (universal) dengan menggunakan sumber energi dari gaya gravitasi bumi. Prinsip kerja dari mesin ini yaitu dengan menentukan letak ketinggian dari impactor yang akan dijatuhkan kemudian menghantam spesimen pada metode pengujian jatuh bebas, dan pada metode impact vertikal batang hopkinson pengujian dilakukan dengan cara menjatuhkan striker yang akan menghantam stopper kemudian menghantarkan energi tarik pada batang hopkinson sebagai pencekam dari spesimen yang diuji. Mesin uji impact vertikal ini dapat digunakan sebagai pengujian lendutan dan juga sebagai uji tarik. Pengujian yang dilakukan dengan alat ini dapat menggunakan berbagai spesimen seperti komposit, steel, aluminium, kuningan dan logam-logam lainnya. Mesin uji impact yang dibuat merupakan mesin uji yang hanya berskala praktek laboratorium.

Maka dalam proses menggunakan alat-alat atau mesin untuk menguji kualitas suatu material, salah satunya kekuatan dari material tersebut. Mesin mempunyai berbagai jenis klasifikasi yang sesuai dengan kebutuhan dilapangan. Adapun jenis mesin yang digunakan untuk mempertimbangkan faktor-faktor statis dan dinamis untuk menentukan kekuatan suatu material.

Dengan latar belakang ini maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul : Pengaruh Variasi Ketebalan Pada Konfigurasi Penampang Terhadap Gaya Remuk Rata-Rata (MFC) Pada Material Struktur Panel *Sandwich*.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimanakah membuat gambar rancangan konfigurasi penampang re-entrant?

2. Bagaimanakah membuat konfigurasi penampang re-entrant struktur *panel sandwich*?
3. Bagaimanakah cara menguji variasi ketebalan pada konfigurasi penampang terhadap gaya remuk rata-rata (MFC)?
4. Bagaimanakah mengevaluasi kekuatan mekanik pada rancangan model?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk menghindari pembahasan atau pengkajian yang tidak terarah agar dalam pemecahan masalah dapat mudah dilaksanakan. Maka penulis akan membahas masalah yang berkaitan dengan penelitian, antara lain sebagai berikut:

1. Menentukan kekuatan tekan batang pepaya yang terjadi pada saat pengujian statik dengan grafik hasil pengujian.
2. Menentukan kekuatan re-entrant honeycomb panel *sandwich* berbahan dari filament 3D printing yang terjadi pada saat pengujian gerak jatuh bebas yang dilakukan pada impak vertical dengan grafik hasil pengujian.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk membangun model rancangan konfigurasi penampang re-entrant.
2. Untuk membuat konfigurasi penampang re-entrant struktur *panel sandwich*.
3. Untuk menguji variasi ketebalan pada konfigurasi penampang terhadap gaya remuk rata-rata (MFC).
4. Untuk mengevaluasi kekuatan mekanik pada rancangan model.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh oleh mahasiswa, diantaranya:

1. Menghasilkan informasi ilmiah dalam pengujian tekan dengan alat uji statik
2. Menambah pengetahuan tentang panel *sandwich* dengan bahan filament 3D printing.



3. Menambah pengetahuan tentang pengujian gerak jatuh bebas dengan alat uji impak vertikal

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini sebagai berikut :

Bab 1: menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

Bab 2: menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang berisi mengenai teori singkat dari penelitian.

Bab 3: menjelaskan mengenai metodologi penelitian.

Bab 4: menjelaskan mengenai data dan analisis pada penelitian.

Bab 5: menjelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian dan saran

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI

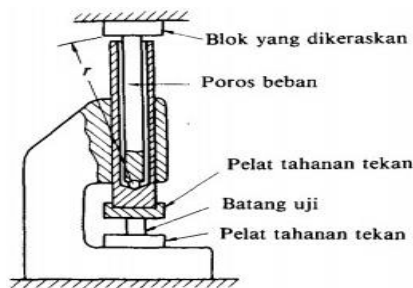
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

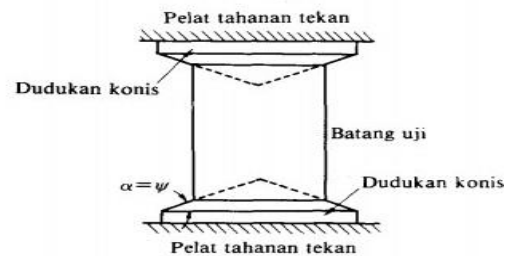
### 2.1 Teori Pengujian Statis

Pada umumnya kekuatan tekan lebih tinggi dari kekuatan tarik. Tetapi kalau suatu komponen hanya menerima beban tekan saja dan dirancang berdasarkan kekuatan tarik saja, kadang-kadang perhitungan menghasilkan dimensi yang berlebihan. Jadi dalam hal tersebut pengujian tekan masih diperlukan. Apabila ada eksentrisitas, ia akan bertambah besar ketika deformasi berlangsung, maka perlu suatu cara agar tidak terjadi eksentrisitas. Jadi hanya bekerja gaya aksial saja. menyatakan cara pengujian tekan 1 angka disarankan oleh ASTM.

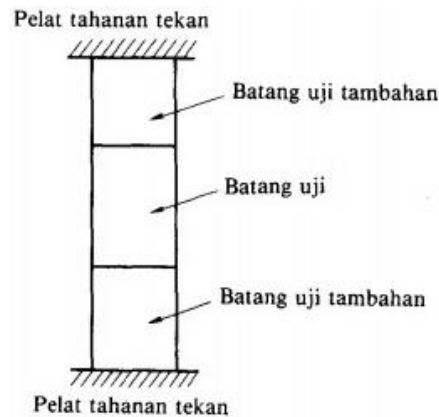
Selanjutnya tegangan yang tepat sukar karena batang uji berdeformasi menjadi bentuk tong disebabkan adanya gesekan antara landasan dan batang uji atau terjadi tekukan (buckling), karena itu beberapa percobaan dibuat seperti ditunjukkan dalam baru-baru ini ditemukan bahan yang baik terbuat dari keramik sebagai landasan dari silika, yang memberikan pengaruh. (Prof. Ir. Tata Surdia.1999:21)



Gambar 2.1 . pengujian tekan disarankan oleh ASTM



Gambar 2.2 . pelat tekan konis sudut gesekan



Gambar 2.3 Alat Uji Statis

## 2.2 Teori Tumbuhan Beruas

Tumbuhan beruas adalah batang tumbuhan yg permukaannya tampak ruas yang melingkari batang. Ruas-ruas batang ini tersusun dari pangkal batang hingga ujung batang. Sedikit banyak tentu kita mempunyai sedikit gambaran tentang tanaman beruas, apa saja, ada bambu, eceng gondok, pepaya. Dan ada juga yang selain tumbuhan beruas yaitu tulang hewan di karenakan tulang sapi struktur nya juga beruas-ruas. (<https://brainly.co.id>, diakses tanggal 30 Agustus 2018)

### 2.2.1 Tumbuhan beruas bambu

Bambu adalah tanaman jenis rumput-rumputan dan rongga dan ruas dibatangnya. Bambu memiliki banyak tipe. Nama lain dari bambu adalah buluh, aur dan eru. Didunia ini bambu merupakan tanaman dengan pertumbuhan paling cepat. Karna memiliki system rhizoma-dependen unik, dalam sehari bambu dapat tumbuh sepanjang 60 cm ( 24 inchi) bahkan lebih, tergantung pada kondisi dan klimatologi tempat ia ditanam. Bambu diklasifikasikan ke lebih dari 10 genus dan 1450 spesies. Spesies bambu ditemukan diberbagai lokasi iklim, dari iklim dingin pegunungan hingga daerah tropis panas. (<http://dapurawi31.wixsite.com>, diakses tanggal 30 Agustus 2018).



Gambar 2.4 Batang Tumbuhan Bambu

### 2.2.2 Tumbuhan Beruas Eceng Gondok

Eceng gondok ( Latin: *Eichhornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan mengapung. Eceng gondok hidup mengapung di air dan kadang-kadang

berakar dalam tanah. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. mempunyai batang yang berongga-rongga dan ruas-ruas. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akarnya merupakan akar serabut. (<https://id.wikipedia.org>, diakses tanggal 30 Agustus 2018).



Gambar 2.5 Batang Tumbuhan Eceng gondok

### 2.2.3 Tumbuhan Beruas Pisang

Pisang adalah salah satu jenis tanaman atau tumbuhan terna yang memiliki ukuran relative besar atau raksasa yang berdaun besar dengan suku Musaceae. Tanaman pisang ini juga merupakan salah satu. Tanaman pisang ini juga merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat di budidayakan dengan baik pada iklim tropis maupun sub-tropis. Batang tanaman pisang berbentuk bulat silindris berlapis dengan rongga dan ruas disetiap lapisan batang asli atau utama dan batang semu atau palsu, batang tanaman ini memiliki dua bagian yaitu batang asli atau utama dan batang semu atau batang palsu. Batang bagian bawah ini akan tumbuh tunas baru, dan batang palsu akan membantu menutupi atau membentuk batang tanaman pisang. (<https://books.google.co.id>, diakses tanggal 30 Agustus 2018).



Gambar 2.6 Batang tumbuhan pisang

#### 2.2.4 Tulang Sumsum Hewan

Tulang sumsum atau tulang spons merupakan tipe tulang dengan matriks yang tersusun longgar atau berongga-rongga, seperti struktur sarang lebah . Susunan matriks demikian disebut trabekula. Meskipun lebih ringan dibandingkan tulang kompak dan strukturnya berongga, tulang spons masih termasuk kuat untuk menahan suatu tekanan. Tulang spons tidak terorganisasi secara rapi seperti halnya struktur tulang kompak. Letak osteosit didalam trabekula tidak teratur. Ruang-ruang kosong dalam tulang spons sering kali berisi sumsum tulang merah. Kanalikuli berperan menyalurkan nutrisi dari sumsum tulang merah. (www.slideshare.net, diakses tanggal 30 Agustus 2018).



Gambar 2.7 Tulang Hewan

### 2.2.5 Tumbuhan Beruas Pepaya

Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Pepaya Tanaman pepaya merupakan tanaman termasuk dalam family Caricaceae. Tanaman ini memiliki 4 genus yaitu carica, jarila, jacaranta dan cylicomorpha. Tetapi tanaman yang sering dibudidayakan olah para petani adalah carica, karena dapat tumbuh dan berkembang dengan cepat di dibandingkan dengan genus yang lainnya. Batang tanaman pepaya berbentuk bulat , dengan permukaan batang berkas-berkas daun yang menyerupai spiral. Batang pada pepaya tumbuh tegak dan lurus serta memiliki rongga –rongga dan beruas-ruas yang diakibatkan oleh pemutusan pada tangkai batang daun. (<http://fredikurniawan.com>, diakses tanggal 30 Agustus 2018).



Gambar 2.8 Batang pepaya

### 2.3 Teori Komposit *Sandwich*

*Sandwich* ini Merupakan konstruksi berlapis atas lembaran tipis bermodulus tinggi (kulit kuat) dan inti ringan. Permukaan menahan beban, inti membatasi permukaan serta memindahkan gaya-gaya geser, diantaranya agar efektif seputar sumbu bersama.

Sandwich telah menjadi kandidat menarik karna dapat diaplikasikan berbagai rekayasa termasuk industri otomotif, kapal laut, pesawat terbang, konstruksi dan lain-lain. Struktur sandwich memiliki tiga lapisan yang terdiri dari flat komposit (*metal sheet*) kulit permukaan (*skin*) dan material inti (*core*)

dibagian tengahnya. Bagian skin ini biasanya berupa lembaran *metals*, *wood*, atau *fiber composite*. Dan jenis core berupa : *honeycomb*, *corrugated*, *balsa wood* dan *celluler foams*. Struktur sandwich rentan terhadap dampak kecepatan rendah dan tidak dampak pada kecepatan tinggi. Kerusakan pada dampak kecepatan rendah sering internal dan tak terlihat. Secara signifikan mempunyai struktur yang ringan tetapi mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Maka dari itu komposit sandwich sangat cocok untuk menahan beban lentur, impak, meredam getaran dan suara. (Dahai Zhang, 2017).

Berdasarkan jenis penguatnya, komposit juga dapat diklasifikasikan menjadi beberapa bagian, yaitu :

1. *Particle reinforced composite*, yaitu komposit yang fasa terdispersi hampir sama pada semua arah (equiaxed). Berdasarkan mekanisme penguatnya dapat dibedakan lagi menjadi 2 jenis, yakni :

*Large particle*, yaitu komposit yang tidak dapat di treatment pada tingkat atom/molekul, menggunakan continuum mechanics, contohnya: beton (kombinasi pasir, kerikil dan semen).

*Dispersion-strengthened*, yaitu komposit yang dapat ditreatment pada tingkat atom/molekul, menggunakan precipitation hardening, contohnya: *Thori-dispersed nickel (TD nickel)*.

2. *Fiber reinforced composite*, yaitu komposit yang fasa dispersinya mempunyai bentuk geometri serat (mempunyai rasio panjang dan diameter besar). Berdasarkan panjang dapat dibedakan menjadi :

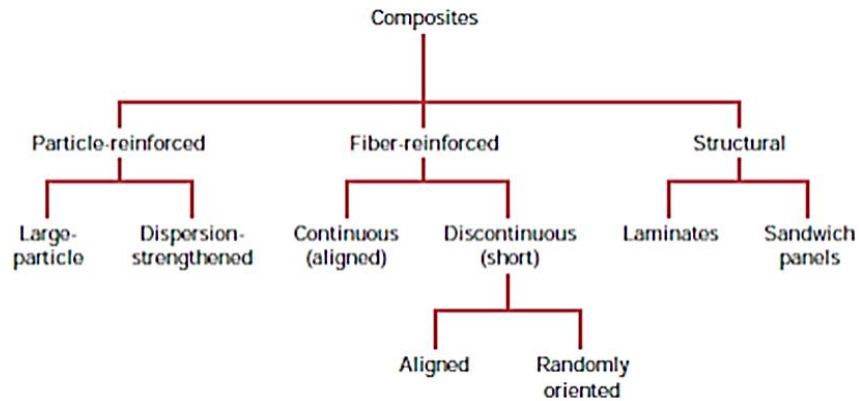
*Continuos (aligned)*, yaitu reinforced composite yang dibuat dari serat panjang dan disusun paralel

*Discontinuos (short)*, yaitu reinforced composite yang dibuat dengan serat pendek. Berdasarkan orientasi serat dapat disusun menjadi *aligned*(paralel) dan *randomly*(acak).

3. *Structural composite*, yaitu material yang dikombinasikan dengan komposit dan homogeneus, sifatnya tergantung material pembentuk dan perancang geometri elemennya. strukturalnya dapat dibedakan menjadi :

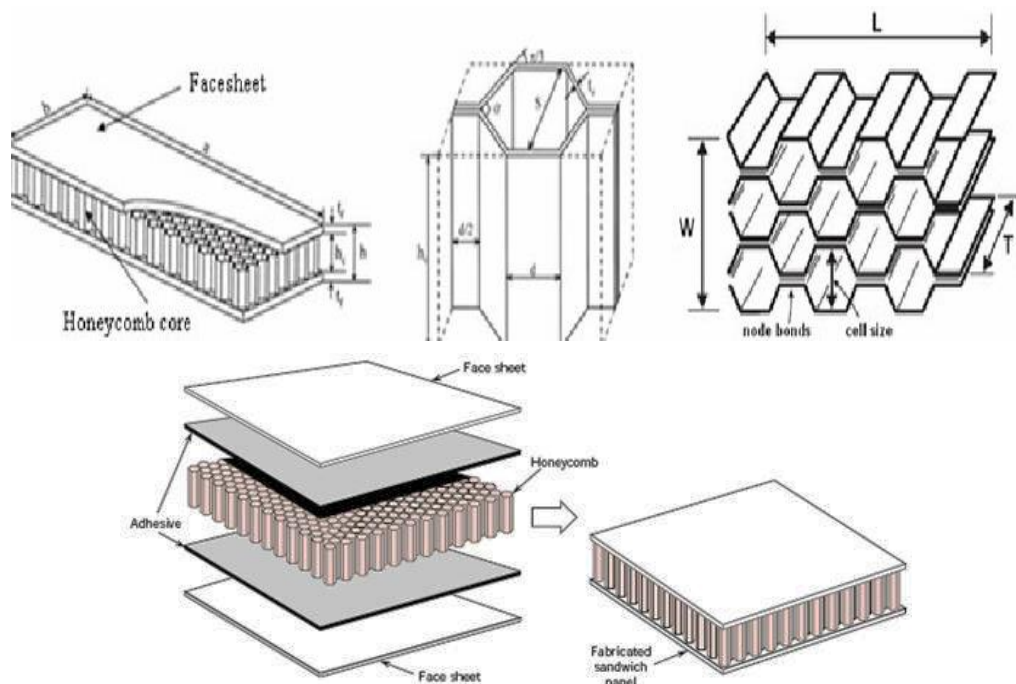
*Laminates*, yaitu gabungan dua dimensional sheet atau panel yang mempunyai kecenderungan arah *high-strength*

*Sandwich*, yaitu komposit yang terdiri dua lapisan muka (*face*), lapisan material berdensitas rendah (*core*) dan memiliki kekakuan dan kekuatan yang lebih rendah pula. Contohnya konstruksi *honeycomb core sandwich panel*



Gambar 2.9: material komposit berdasarkan jenis penguatnya

Sandwich panel struktural yang banyak digunakan dalam konstruksi ringan terutama di industri kedirgantaraan, karena kekuatan spesifik yang tinggi dan kekakuan. Struktur panel sandwich ini dengan core sarang lebah yang khas terdiri dari inti ringan dan ditutupi oleh dua lembar *skin* tipis(kulit). Setiap lembar skin mungkin menjadi bahan isotropik atau laminasi komposit yang diperkuat serat sedangkan bahan inti dapat berupa metalikaramid dari struktur sarang lebah *honeycomb*.(Zhibin li 2017).



Gambar 2.10 *Sandwich & Honeycomb*



Sandwich adalah material komposit yang terdiri dari tiga bagian susunan yang dimana di antaranya memiliki skin, core, dan adhesive yaitu:

#### 1.Skin

Bagian ini berfungsi untuk menahan tensile dan compressive stress. Skin biasanya mempunyai rigid atau tingkat kekakuan yang rendah. Material-material konvensional seperti aluminium baja juga stainless steel bisa digunakan untuk bagian ini. Material-material berbentuk plastik yang diperkuat dengan serat gelas dan fiber menjadi pilihan yang baik karna memiliki keunggulan seperti mudah digabungkan dan desain dapat dirancang ssesuai kebutuhan serta permukaan yang baik (Hartomo, 2009).

#### 2.Core

Salah satu bagian terpenting dari sandwich adalah core, dimana bagian ini harus cukup kaku agar jarak permukaan terjaga. Dengan kekakuan core mampu menahan gesseran agar tidak terjadi slide antara permukaan. Bahan dengan tingkat kekakuan rendah tidak baik untuk core karna pada dasarnya kekakuan pada sandwich akan berkurang atau hilang. Tidak hanya kuat dan rendah, core juga mempunyai syarat lain, seperti tingkat kadar air, buckling, umur panjang dan lain-lain (Hartomo, 2009).

#### 3.Adhesive

Selain untuk menyatukan antara skin dan core, adhesive harus mampu mentransfer gaya geser antara skin dan core agar kekuatan dari sandwich tetap terjaga. Adhesive juga harus mampu menjaga tegangan dan gaya geser. Hal-hal yang harus diperhatikan :

##### a) Persiapan permukaan

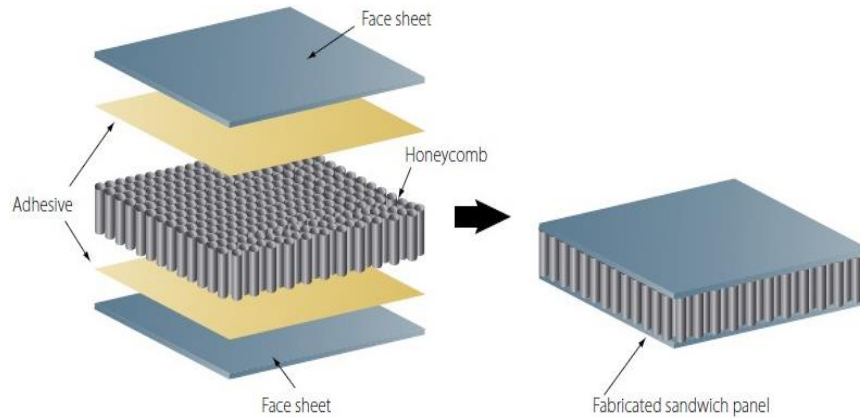
Core dan skin harus dibersihkan menggunakan mesin

##### b) Bahan pelarut

Core material biasanya berbahan sensitif terhadap bahan pelarut tertentu, contohnya polyester foam sensitif terhadap styrene sehingga epoxy dan polyurethanes yang mungkin untuk digunakan.

##### c) Adhesive

Sebaiknya adhesive memiliki viscositas yang cukup rendah sehingga memungkinkan mengisi sel permukaan dengan baik dan meminimalisir udara



Gambar 2.11 Struktur Panel *Sandwich*

#### 2.4 Filament PLA 3D Printing

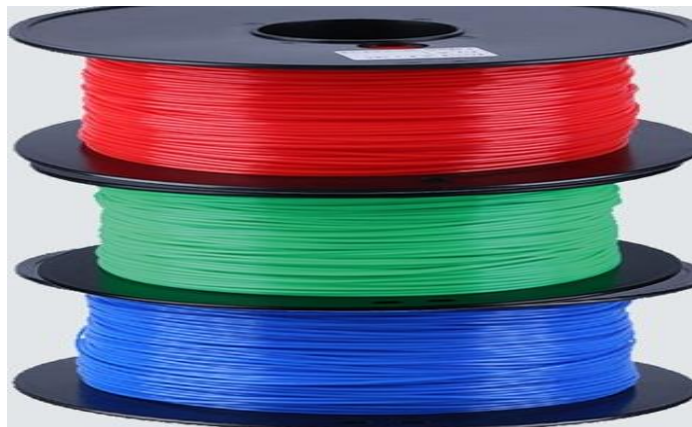
Filament Polylactic Acid (PLA) adalah termoplastik biodegradable, terbuat dari pati jagung. Selain penggunaan untuk filament 3D, PLA juga digunakan sebagai implant medis, kemasan makanan dan peralatan makanan sekali pakai. Keuntungan lebih dari PLA adalah mudah dicetak.

Filament PLA dapat dipanaskan hingga meleleh dan dapat di print pada suhu  $120^{\circ}$  -  $200^{\circ}$  Celcius tanpa harus memanaskan alas printer/ printer bed terlebih dahulu. Tetapi sangat disarankan alas printer/printer bed memiliki panas  $60^{\circ}$ . PLA tidak terlalu sensitif terhadap perubahan suhu. Jika beberapa model printer 3D memiliki design 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 print 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  $60^{\circ}$  , dibenturkan, atau dijatuhkan. Maka jangan menggunakan filament PLA, kerana PLA tidak tahan dengan suhu yang melebihi  $60^{\circ}$ . (Mine Uslu Uysal,2015)



Gambar 2.12 Filament PLA

## 2.5 Filament ABS 3D Printing

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  $210^{\circ}$  -  $240^{\circ}$

Celcius dengan harus memanaskan alas printer/ printer bed terlebih dahulu dengan suhu minimal 80° lebih baik lebih.

ABS memiliki glass transition zone atau suhu yang melunak pada plastik dengan suhu 50° 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. Namun, 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 strest 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. (Mine Uslu Uysal,2015).



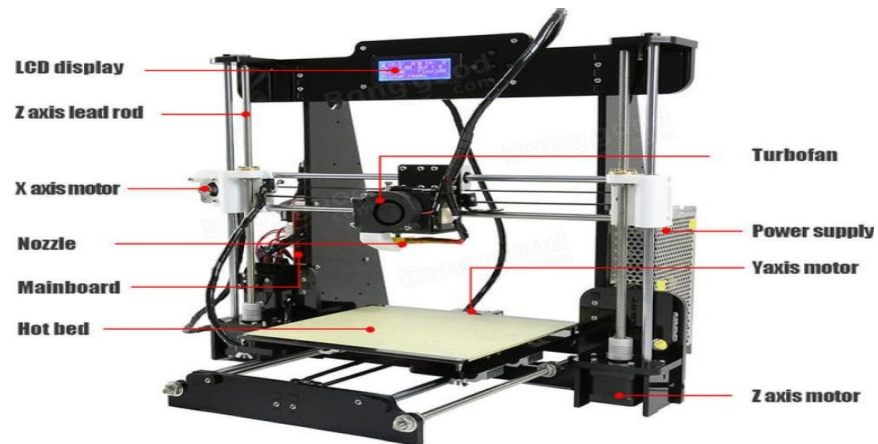
Gambar 2.13 Filament ABS

## 2.6 Mesin 3D Printing

*3D printing* atau sering juga disebut sebagai *additive manufacturing* adalah suatu proses pembuatan suatu obyek *solid 3* dimensi dari suatu model digital. Proses pencetakan 3D dikerjakan dengan proses aditif, dimana obyek dibuat dengan cara meletakkan/ menambahkan material lapis demi lapis. Metode pencetakan 3D sangat berbeda dengan teknik pemesinan tradisional yang lebih dikenal dengan proses subtraktif dimana pembuatan produk dengan cara mengurangi material awal melalui proses penyayatan.

*3D printing* pertama kali dipublikasikan oleh Hideo Kodama dari Nagoya Municipal Industrial Research Institute pada 1982. Pertama kali *3D printer* dapat bekerja atas hasil karya Charles W. Hull dari 3D Systems Corp. pada tahun 1984. Hull mematenkan beberapa konsep dari *3D printing*, dimana beberapa diantaranya masih digunakan hingga saat ini, seperti *additive manufacturing processes*. *3D printer* pada awalnya sangat mahal dan kurang layak untuk dipasarkan. Namun seiring berjalannya waktu, pengembangan teknologi ini sangat pesat karena memiliki prospek yang sangat baik dan dapat menjangkau banyak kalangan. Saat dipasarkan pertama kali *3D printer* dijual pada kisaran \$ 20.000, namun karena biaya produksi semakin turun dengan drastis, maka harga jualnya semakin terjangkau. Bahkan saat ini kita bisa membeli *3D printer* dengan harga dibawah \$1.000. namun memiliki kemampuan yang semakin canggih dan semakin perkembangan teknologi *digitizers 3D*, membuat *3D printer* yang semakin canggih.

Aplikasi teknologi *printing* ini banyak digunakan terutama untuk membuat purwa rupa (*prototype*) pada industri telepon genggam, *jewellery*, penerbangan, otomotif, sepatu, desain industri, arsitektur, konstruksi, dental, industri medis, pendidikan, teknik sipil dan lainnya. Dengan memanfaatkan teknologi ini perancang akan dengan cepat mewujudkan kreasinya menjadi obyek 3D, sehingga segera dapat dianalisa kelayakan suatu produk seperti ergonomi dan lainnya. Meskipun hasilnya belum berfungsi dengan sempurna seperti aslinya, para ahli terus mencoba membuat organ tubuh tiruan dengan teknologi ini. Jika suatu saat nanti teknologi ini sukses, (H.Yazdani Sarvestani, 2018).



Gambar 2.14 Mesin 3D printer

## 2.7 Cara Kerja Mesin 3D Printer

Cara kerja mesin *3D printer* secara umum terbagi pada 3 tahapan proses yaitu :

1. Model objek 3D. Dapat dibuat dengan menggunakan software khusus untuk model desain 3D yang printernya mendukung contohnya seperti *solidwork*, *catia*, *delcam* dll.

2. Proses Printing. Apabila desainnya sudah dibuat anda bisa langsung print di *3D printer*. 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-terut untuk membangun model virtual digabungkan secara otomatis untuk membentuk susunan lengkap yg utuh.

3. Finishing. Pada tahap ini anda dapat menyempurnakan bagian-bagian kompleks yang bisa jadi disebabkan oleh over sized atau ukuran 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. (H.Yazdani Sarvestani, 2018)

## 2.8 Gerak Jatuh Bebas

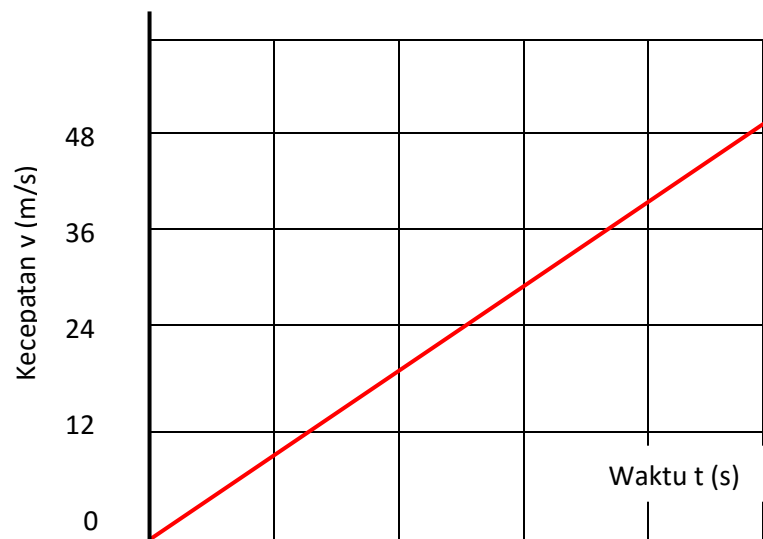
Sebuah benda yang jatuh bebas dari sebuah ketinggian akan mengalami pertambahan kecepatan selama benda tersebut jatuh. Jika benda jatuh ke bumi dari

ketinggian tertentu relatif kecil dibandingkan dengan jari-jari bumi, maka benda mengalami pertambahan kecepatan dengan harga yang sama setiap detik. Hal ini berarti bahwa percepatan ke bawah benda bertambah dengan harga yang sama jika sebuah benda ditembakkan ke atas kecepatannya berkurang dengan harga yang sama setiap detik dan perlambatan ke atasnya seragam (Neil, 2014).

Menurut R.S. Khurmi, untuk menentukan kecepatan benda jatuh setiap detik akan diperoleh harga pendekatan seperti terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.1. Waktu dan Kecepatan Benda Jatuh

Waktu t (s)	0	1	2	3	4	5
Kecepatan v (m/s)	0	9,8	19,6	29,4	39,2	49



Gambar 2.15 Grafik Hubungan v-t

Grafik  $v - t$  yang sesuai dengan tabel tersebut di atas ditunjukkan pada gambar 2.15. merupakan sebuah garis lurus sehingga percepatan seragam dan sama dengan:

$$\frac{v-v_0}{t} = \frac{49-0}{5} \quad (2.1)$$

$$= 9,8 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Jika tahanan udara diabaikan gerakan benda jatuh bebas dapat dihitung dengan percepatan seragam melintas sebuah garis lurus, asalkan percepatan diganti dengan percepatan gravitasi  $g$ , yaitu:

1. Untuk gerakan kebawah  $a = + g$  (percepatan)
2. Untuk gerakan ke atas  $a = - g$  (perlambatan)

Percepatan gravitasi  $g$  dapat dipandang sebagai sebuah vektor dengan arah menuju ke pusat bumi dengan demikian tegak ke bawah.

Perpindahan adalah perubahan kedudukan. Hal ini merupakan besaran vektor mencakup jarak dan arah. Kecepatan adalah laju perubahan kedudukan terhadap waktu. Hal ini juga merupakan besaran vektor mencakup jarak, arah dan waktu.

Kecepatan seragam memiliki partikel yang bergerak dengan kecepatan konstan pada lintasan lurus atau dimiliki partikel yang melintasi perpindahan yang sama dalam selang waktu yang sama berturut-turut tidak peduli betapa kecilnya selang waktu. Sedangkan percepatan seragam dimiliki partikel yang mengalami perubahan kecepatan yang sama dalam selang waktu yang sama berturut-turut tidak peduli betapa kecilnya selang waktu. Satuan: Perpindahan diukur dalam meter [m]; kecepatan diukur dalam meter per detik [m/s]; percepatan diukur dalam meter per detik kwadrat [ $m/s^2$ ]. Persamaan gerakan lurus percepatan seragam.

Katakan  $V_0$  kecepatan awal,  $v$  kecepatan akhir,  $a$  percepatan,  $t$  waktu dan  $s$  perpindahan kecepatan pertengahan = perpindahan/waktu.

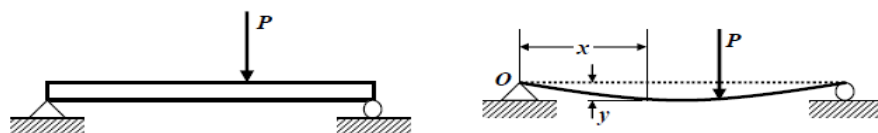
$$\frac{1}{2} (v_0 + v) = s/t \quad (2.2)$$

$$s = \frac{1}{2} (v_0 + v) t$$

Perpindahan digambarkan dengan luas daerah di bawah grafik kecepatan

waktu:  $\frac{\Delta v}{\Delta t} = a \quad v = v_0 + \frac{\Delta v}{\Delta t} t \quad \therefore v = v_0 + at \quad (2.3)$

Percepatan sebuah benda jatuh bebas tergantung pada jarak (tinggi) benda kerja dari pusat bumi. Bagaimanapun, ketika sebuah benda cukup padat jatuh dengan kecepatan sedang, boleh dianggap benda mengalami percepatan gravitasi seragam. Untuk maksud umum para ilmuwan mengambil harga percepatan gravitasi  $g = 9,81 [m/s^2]$



(a) (b)  
Gambar 2.16 Sketsa Uji Gerak Jatuh Bebas



## 2.9 Gerakan di Bawah Pengaruh Gravitasi

Sebuah benda tidak dapat jatuh bebas kecuali di dalam ruang hampa sempurna. Ketika jatuh melintasi sebuah benda mengalami tahanan udara yang tergantung pada ukuran, bentuk dan kecepatan benda jatuh.

Percepatan sebuah benda jatuh bebas tergantung pada jarak ketinggian benda kerja dari pusat bumi. Bagaimanapun, ketika sebuah benda cukup padat jatuh dengan kecepatan sedang, boleh dianggap benda mengalami percepatan gravitasi seragam. Secara umum para ilmuwan mengambil harga percepatan gravitasi  $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$ .

## 2.10 Gerak Lurus

Perpindahan adalah perubahan kedudukan. Hal ini merupakan besaran vektor mencakup jarak dan arah. Kecepatan adalah laju perubahan kedudukan terhadap waktu. Hal ini juga merupakan besaran vektor mencakup jarak, arah dan waktu.

Kecepatan seragam memiliki partikel yang bergerak dengan kecepatan konstan pada lintasan lurus atau dimiliki partikel yang melintasi perpindahan yang sama dalam selang waktu yang sama berturut-turut tidak peduli betapa kecilnya selang waktu.

Percepatan seragam dimiliki partikel yang mengalami perubahan kecepatan yang sama dalam selang waktu yang sama berturut-turut tidak peduli betapa kecilnya selang waktu. Satuan perpindahan diukur dalam meter [m], kecepatan diukur dalam meter per detik [m/s], percepatan diukur dalam meter per detik kwadrat [m/s<sup>2</sup>], persamaan gerakan lurus percepatan adalah seragam, katakan  $v_0$  kecepatan awal,  $v$  kecepatan akhir,  $a$  percepatan,  $t$  waktu dan  $s$  perpindahan, kecepatan pertengahan = perpindahan/waktu (Neil, 2014).

## 2.11 Hukum Gerakan

### 2.11.1 Momentum dan Impuls

Momentum sebuah benda bergerak dikatakan mempunyai momentum yang dinyatakan dengan hasil kali massa benda dengan kecepatan benda.

Momentum = massa x kecepatan.

$$M = m v \quad (\text{kg} \cdot \text{m/s}) \quad (2.4)$$

Impuls sebuah benda bergerak dikatakan mempunyai impuls yang dinyatakan dengan hasil kali gaya yang bekerja pada benda dengan waktu yang diberikan.

Impuls = gaya x waktu

$$I = F t \quad (\text{Ns}) \quad (2.5)$$

### 2.11.2 Hukum Gerakan Newton

Hukum gerakan: "Jika resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, maka benda yang mula - mula diam akan tetap diam dan benda yang mula - mula bergerak akan tetap bergerak lurus beraturan".

Secara sistematis dirumuskan:

$$\text{Jika } \Sigma F = 0, \text{ maka } \psi = 0 \text{ atau } \psi = \text{konstan} \quad (2.6)$$

### 2.11.3 Energi Mekanik

Energi mekanik pada suatu benda adalah tetap asalkan tidak ada gaya luar yang bekerja pada benda tersebut. Energi mekanik terdiri atas energi potensial dan energi kinetik.

Energi potensial merupakan energi yang dimiliki benda karena letaknya. Secara sistematis dirumuskan:

$$E_p = m g h, \text{ dimana: } E_p = \text{energi potensial (J), } m = \text{massa benda (kg)}$$

$$g = \text{gravitasi bumi (9.8 m/s), } h = \text{tinggi jatuh benda (m)}$$

Energi kinetik merupakan energi yang dimiliki benda karena gerak yang bekerja padanya. Secara sistematis dirumuskan:

$$E_k = \frac{1}{2} m \psi^2, \text{ dimana: } E_k = \text{energi kinetik, } \psi = \text{kecepatan benda (m/s)}$$

## 2.12 Pengujian Impak

### 2.12.1 Pengertian Uji Impak

Untuk mengetahui sifat perpatahan, keuletan dan kegetasan suatu material, dapat dilakukan suatu pengujian yaitu dengan uji impak. Umumnya pengujian ini menggunakan benda uji yang bertakik. Berbagai jenis pengujian impak batang bertakik telah digunakan untuk menentukan kecenderungan bahan

untuk bersifat getas. Dengan uji ini kita dapat mengetahui perbedaan sifat bahan yang tidak teramati dalam uji tarik. Hasil yang diperoleh dari pengujian tidak sekaligus memberikan besaran rancangan yang dibutuhkan, karena tidak mungkin mengukur komponen tegangan tiga sumbu pada takik. Para peneliti perpatahan getas logam telah menggunakan berbagai bentuk benda uji untuk pengujian impak bertakik. Uji impak termasuk uji mekanik dinamis, dilihat dari cara pengujiannya yaitu dengan pemukulan secara tiba-tiba.

Dengan demikian, dengan uji impak dapat mengetahui material logam tangguh atau tidak. Ketentuan spesimennya dibuat dengan ukuran tertentu dan diberi takikan dengan tipe tertentu pula. Kemudian dipukul secara tiba-tiba sampai patah lalu mengukur kerja pukulan dalam satuan joule (J). Pengujian impak digunakan untuk menguji kecenderungan suatu material untuk bersifat getas. Spesimen yang diberi notch (takikan) menerima beban secara tiba-tiba (rapid loading). Pada pembebanan cepat ini, terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban yang menumbuk ke spesimen. Sejarah dilakukannya pengujian ini adalah karena hasil uji tarik yang biasa digunakan untuk mengetahui sifat material tidak dapat memprediksi secara tepat perilaku patah dari material (Muhamad Bugi, 2016).

#### 2.12.2 Metode - metode Uji Impak

Secara umum metode pengujian impak terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Metode *Charpy*

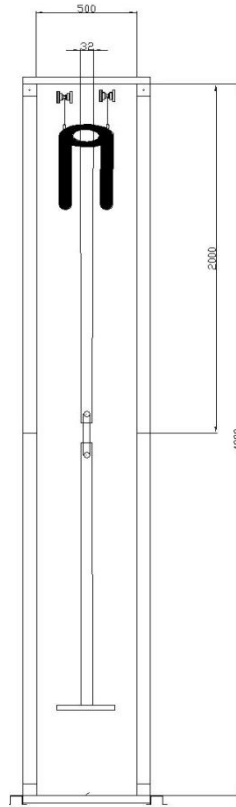
Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.

2. Metode *Izod*

Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi, dan arah pembebanan searah dengan arah takikan.

### 2.13 Mesin Uji Hopkinson

Hopkinson adalah bar baja berbentuk silinder beberapa kaki panjangnya dan sekitar satu inci. Diameternya ditanggungkan sedemikian rupa sehingga bebas diayunkan di bidang vertical (Bahman Bohloli,1997).



Gambar 2.17 Mesin Uji Hopkinson Vertikal

Penelitian teknik hopkinson pressure bar pertama kalinya diusung oleh John Hopkinson pada tahun 1870-an yang digunakan untuk mengetahui efek pembebanan tumbukan pada suatu bar. Penelitian Split Hopkinson Pressure Bar semakin berkembang seiring dengan kemajuan teknologi, ditahun 1970 Hauser melakukan penelitiannya dengan menggunakan sensor strain gages yang ditempelkan pada kedua buah bar untuk mengetahui nilai laju regangan yang terjadi saat diberi pembebanan impak dan selanjutnya direkam oleh program komputer yang disebut dengan oscilloscopen (Kaiser, M.A.,1998).

#### 2.13.1 Instrumentasi Hopkinson

Sebuah SHPB berinstrumentasi menggunakan strain gages, osiloskop atau perekam sementara, integrator elektronik atau penguat operasional, sirkuit pemicu, power supply dan sistem pengukuran kecepatan. Dalam tata letak SHPB

konvensional beberapa strain gages ditempatkan di tengah-tengah bar masukan dan pasangan lain ditempatkan di tengah-tengah output bar. Setiap strain gage dari pasangan terletak di sisi yang berseberangan dari bar. Hal ini memungkinkan membatalkan setiap lentur efek hadir di bar karena keselarasan sempurna antara bar, spesimen dan striker (RS Birch, 2003).

#### 2.13.2 Gelombang Regangan

Gelombang regangan adalah gelombang mekanis, yaitu gelombang yang memerlukan suatu medium tertentu untuk dapat mentransmisikan ke bagian yang lain. Kecepatan rambat gelombang tersebut bergantung pada sifat-sifat medium yang dilaluinya. Berdasarkan arah perambatannya, gelombang regangan dibedakan atas 2 bagian, yaitu: gelombang transversal, dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal memiliki arah gerakan partikel yang tegak lurus terhadap arah perambatan, sedangkan gelombang longitudinal memiliki arah yang sejajar dengan arah perambatan. Perilaku gelombang longitudinal. (R.K, 2011).

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri, No.3 Medan.

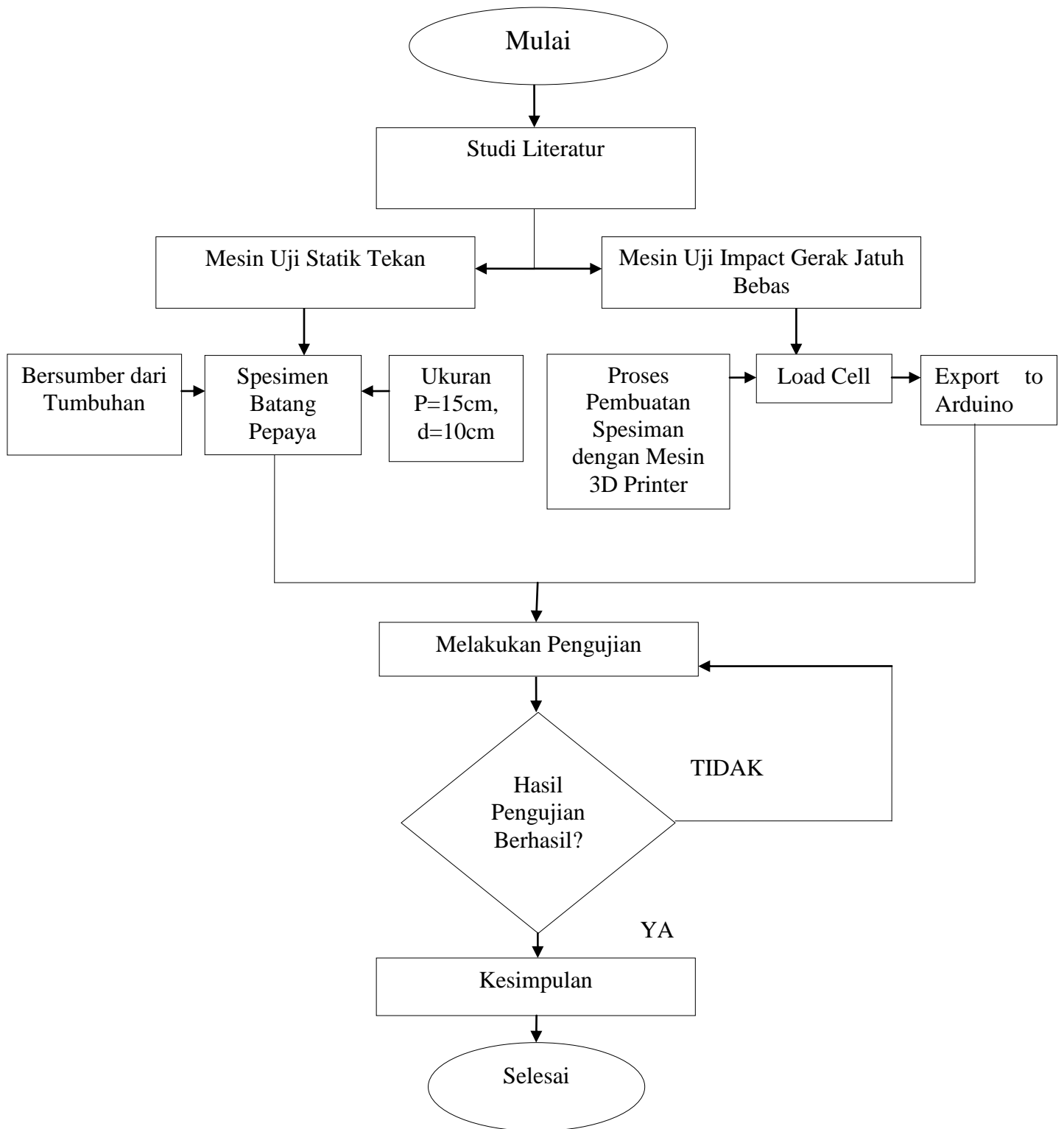
#### 3.1.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu pelaksanaan penelitian Pengerjaan pengujian dan penyusunan tugas sarjana ini di laksanakan mulai 14 November 2017 dapat dilihat pada tabel 3.1 dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan dibawah ini.

Tabel 3.1: Timeline Kegiatan  
Bulan / (Tahun 2017-2018)

No	Kegiatan	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Pengajuan Judul														
2.	Studi Literatur														
3.	Penyediaan Bahan dan Spesimen														
4.	Pembuatan Spesimen														
5.	Pelaksanaan Pengujian														
6.	Penyelesaian Skripsi														

### 3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Dilihat dari gambar 3.3 diagram alir percobaan penelitian adalah untuk mempersiapkan pengujian tekan terhadap mesin uji Statis dan pengujian gerak jatuh bebas terhadap mesin uji Impact, selanjutnya mempersiapkan spesimen yang akan diuji, kemudian melaksanakan penelitian spesimen yang diuji. Dan setelah itu mencatat hasil dari pengujian.

### 3.3 Alat Dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, pengujian ini, adalah sebagai berikut:

#### a. Mesin uji statis

Alat ini merupakan mesin atau alat pengujian yang berfungsi untuk menguji kekuatan patahan/lenyotan spesimen pada saat pengujian tekan statik, Mesin uji tekan statik diLaboratorium Mekanika Kekuatan Material Prodi Teknik Mesin Umsu.

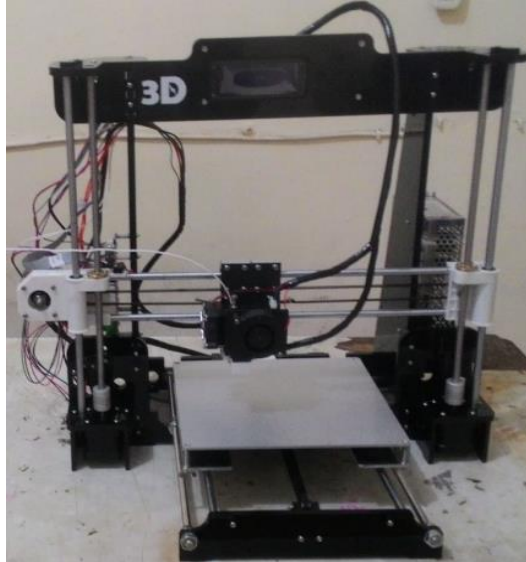


Gambar 3.2 Mesin Uji Statis



b. Mesin 3D Printing

Mesin 3D Printing ini berfungsi untuk mencetak spesimen Panel *Sandwich Honeycomb* dari filament, mesin 3d printer dibeli melalui via online dan mesin 3d printer ditempatkan dikost saya gang ampera 5



Gambar 3.3 Mesin 3D Printing

c. Mesin Uji Impact Vertikal

Alat ini merupakan mesin atau alat pengujian yang berfungsi untuk menguji ketahanan spesimen pada saat pengujian gaya jatuh bebas, dilab Teknik Mesin Umsu.



Gambar 3.4 Mesin Uji Gerak Jatuh Bebas

d. Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam studi numeric ini adalah sebagai berikut

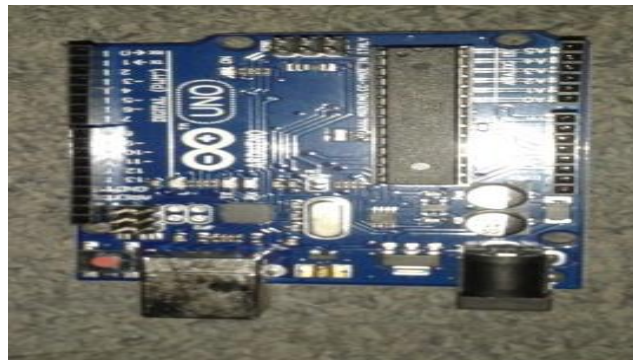
1. Processor : Intel(R) Core(TM) i3-4005 CPU 1.70 GHz
2. RAM : 2.00 GB
3. Operation system : windows 7 pro 64 bit operation system



Gambar 3.5 Laptop

e. Arduino

Software Arduino merupakan sebuah board mikrokontroler yang dikontrol penuh oleh Atmega328. Arduino mempunyai 14 pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM).



Gambar 3.6 Arduino

f. Load Cell

*Load cell* digunakan dalam pengukuran uji beban untuk mementau dan menganalisa pengukuran, alat ini sebagai transduser yang dapat mengubah gaya mekanis menjadi sinyal elektrik. Gambar *load cell* dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 3.7 Load cell

g. Beban Penekan

Beban penekan merupakan alat bantu pada saat akan melakukan pengujian spesimen pada mesin uji impack vertikal.



Gambar 3.8 Beban penekan

### 3.4 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan untuk uji statik pada saat dilakukan pengujian tekan adalah

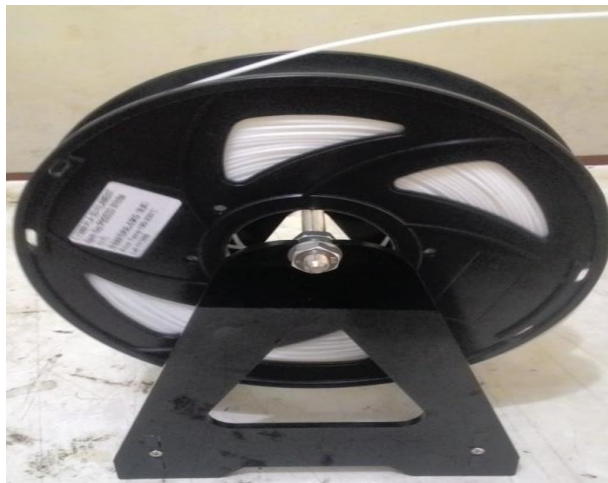
- a. Bahan yang digunakan untuk uji statik pada saat dilakukan pengujian tekan adalah. Tumbuhan beruas berupa batang pepaya dengan ukuran Diameter 10cm dan panjang 15cm.



Gambar 3.9 Spesimen Batang Pepaya

- b. Filament Pla 3D Printing

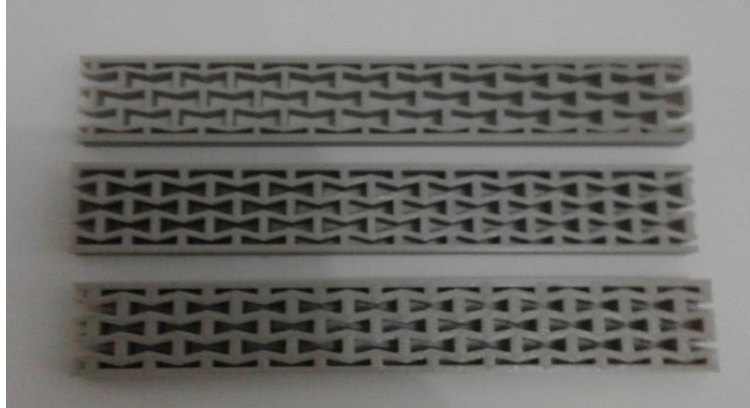
Filament ini berfungsi untuk sebagai bahan dasar untuk membuat/ mencetak spesimen yang akan diuji



Gambar 3.10 Filament Pla 3D Printing

c. *Re-entrant Honeycomb*

*Re-entrant Honeycomb* dengan ukuran ketebalan polygon dalam 0.50mm, 0.75mm, dan 1mm. memiliki panjang 108 mm dan lebar 25 mm, yang dibuat dengan bahan filament Pla Mesin 3D Printer



Gambar 3.11 *Re-entrant Honeycomb*

### 3.5 Prosedur Pengujian Tekan Statis

1. Mempersiapkan alat uji serta bahan-bahan yang akan digunakan untuk melakukan pengujian.
2. Meletakkan spesimen ke meja dudukan spesimen.



Gambar 3.12 Pengujian Spesimen

3. Menghubungkan alat uji ke personal computer ( pc).



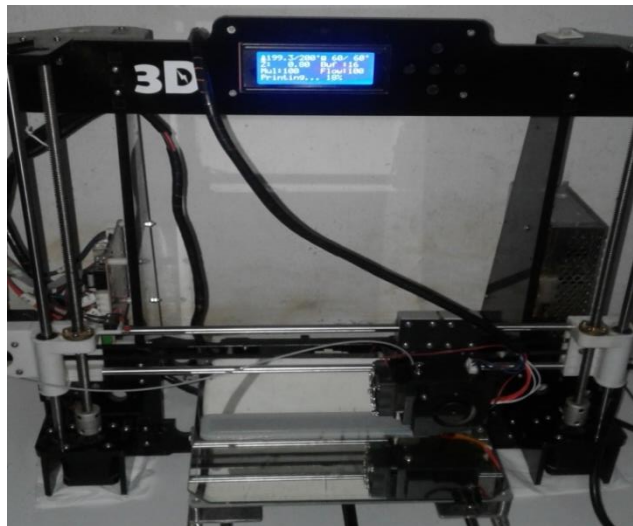
Gambar 3.13 Input Data ke PC

4. Setelah melakukan pengujian, mengubah data hasil pengujian ke bentuk grafik melalui Microsoft office excel.

### 3.6 Prosedur Pengujian Gerak Jatuh Bebas

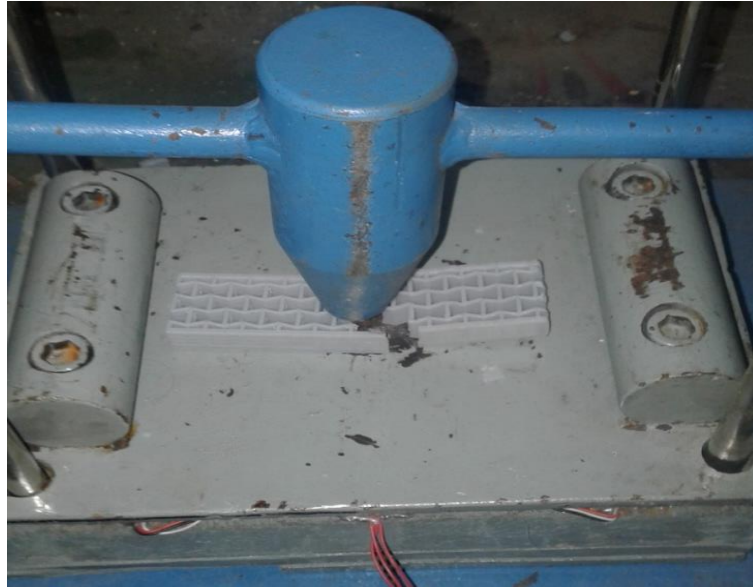
Adapun prosedur pengujian gerak jatuh bebas pada percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. Mencetak specimen dengan menggunakan mesin 3D printer dengan menggunakan bahan filament pla



Gambar 3.14 Proses Mencetak Spesimen

2. Mempersiapkan alat uji serta bahan-bahan yang akan digunakan untuk melakukan pengujian.
3. Memasang dan menghubungkan rangkaian pada load cell ke hx 711 ke arduino dan ke pc agar perangkat tersebut dapat bekerja dengan baik pada saat pengujian.
4. Meletakkan spesimen ke meja dudukan spesimen.



Gambar 3.15 Proses Pengujian Impact

5. Membuka file software arduino
6. Masukan program arduino kemudian upload, setelah program di upload kemudian buka serial monitoring.
7. Menekan tombol reset pada arduino agar pembacaan di PC tetap berada dinilai 'nol'
8. Membuka file PLX-DAQ
9. Menarik inpector sesuai dengan ketinggian yang ditentukan
10. Menekan tombol connect pada tampilan plx-daq, bahwa load cell siap membaca beban jatuh.
11. Jatuhkan beban ketika tampilan pada PC sudah menampilkan nilai 'nol'
12. Lalu tekan tombol disconnetct pada tampilan plx-daq.

13. Setelah melakukan pengujian pada beberapa spesimen, maka hasil pengujian benda uji berupa data yang dapat dilihat diperangkat komputer berupa bentuk nilai akibat dari beban jatuh tersebut menumbuk spesimen.



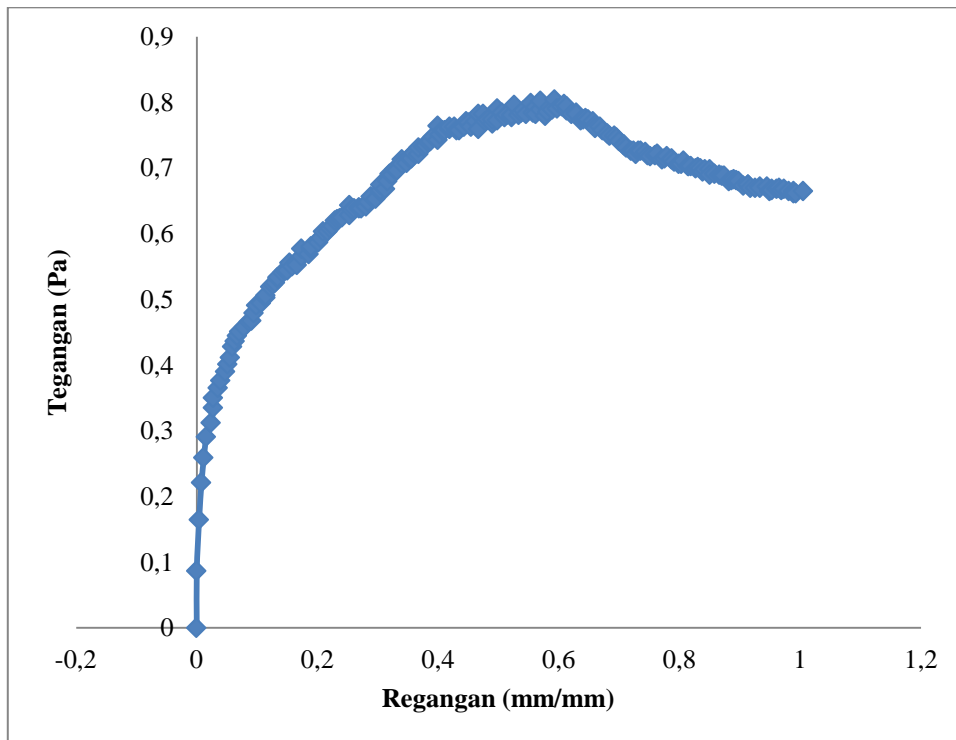
## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian ini, spesimen dibuat dengan ukuran yang diameter 10 cm dan panjang 15 cm, guna mendapatkan hasil yang diinginkan.

### 4.2 Hasil Pengujian tekan statik

pada pengujian tekan statik dengan panjang 15 cm diameter dalam 10 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Pada benda kerja batang pepaya

- a. Spesimen (batang pepaya) sebelum diuji



Gambar 4.2 Spesimen batang pepaya sebelum diuji

- b. Spesimen (batang pepaya) sesudah diuji



Gambar 4.3 Spesimen batang pepaya sesudah diuji

#### 4.3 Hasil Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dibuat menjadi 3 ukuran yang berbeda, dengan masing-masing ukuran dapat dilihat dibawah ini.

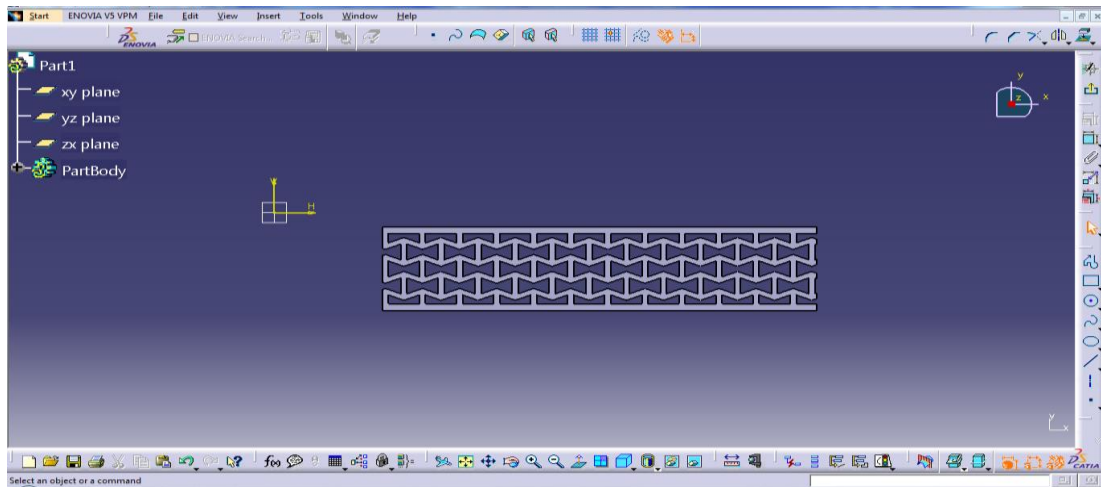
*Re- entrant Honneycomb*

Spesimen berbentuk *Re-entrant Honeycomb* dibuat dengan ukuran seperti pada table dibawah ini.

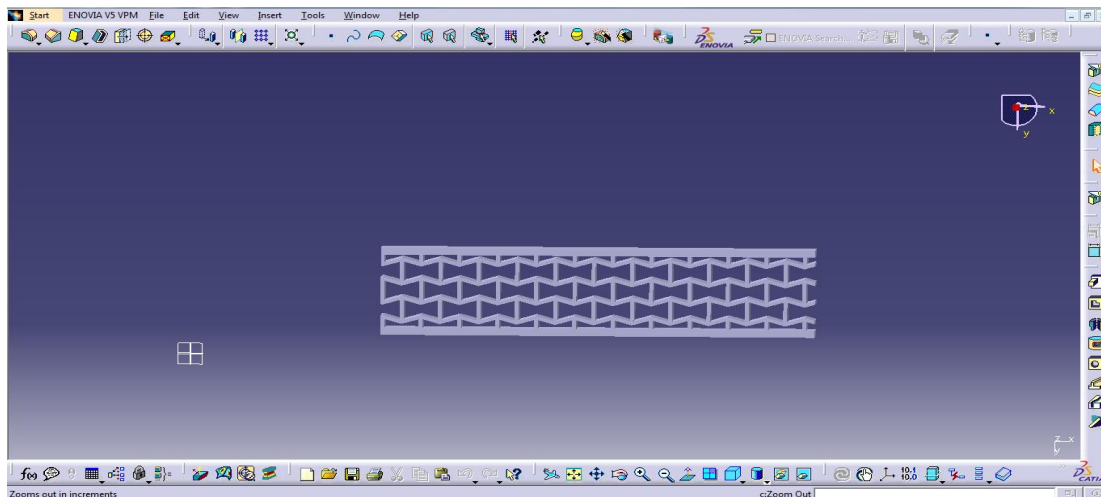
Tabel 4.2 ukuran *Re-entrant Honeycomb*

Length (L) (mm)	Width (b) (mm)	Depth (hc) (mm)	Thickness(tc) (mm)
108	25	10	0,50
108	25	10	0,75
108	25	10	1

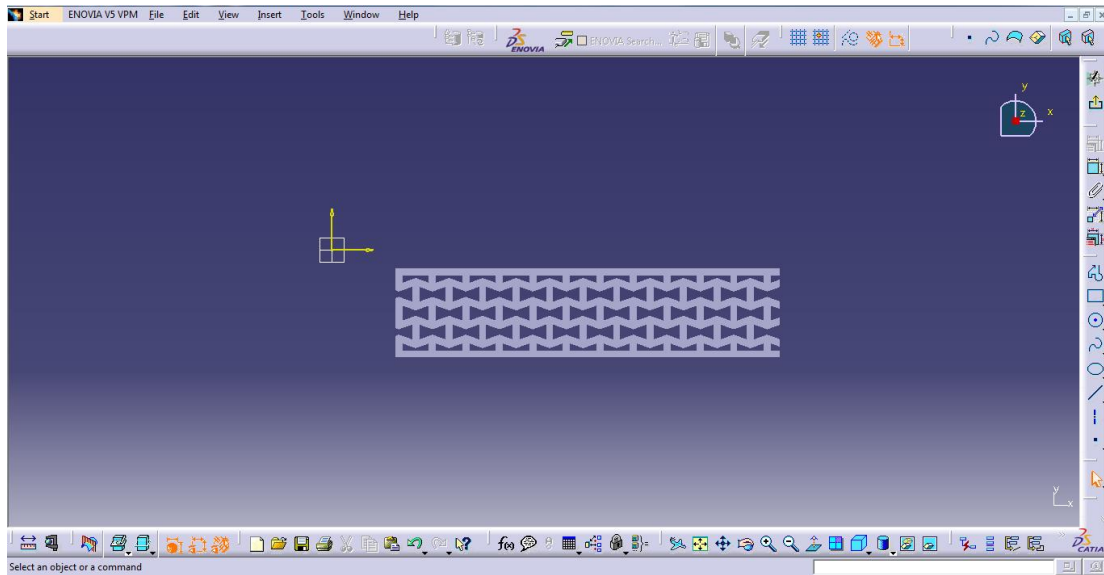
Sebelum spesimen *Re-entrant Honeycomb* dicetak dengan menggunakan mesin 3D Printer spesimen didesain terlebih dahulu menggunakan software catia



Gambar 4.4 Hasil gambar spesimen dengan diameter 0,50 mm

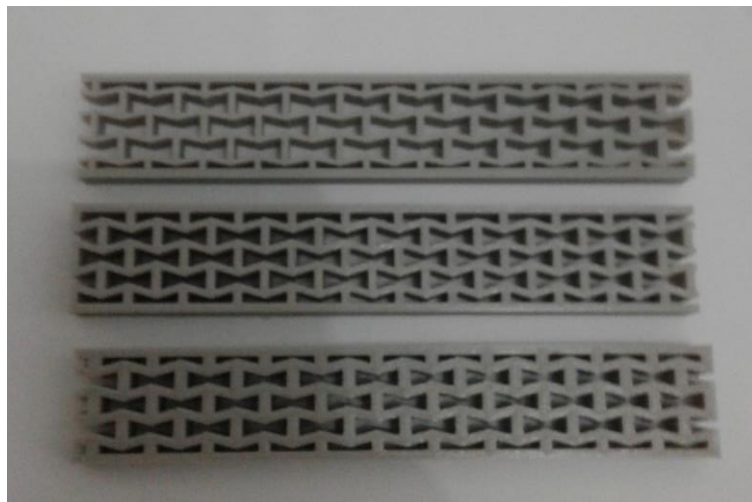


Gambar 4.5 Hasil gambar spesimen dengan diameter 0,75 mm



Gambar 4.6 Hasil gambar spesimen dengan diameter 1 mm

Setelah selesai digambar dengan menggunakan software catia kemudian dicetak dengan menggunakan Mesin 3D printer. Berikut dibawah ini hasil pembuatan Spesimen



Gambar 4.7 spesimen *Re-entrant Honeycomb*

#### 4.4 Hasil Pengujian Impact Spesimen

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dimana pengujian di lakukan dengan menggunakan spesimen berbahan filament pla dengan uji gerak jatuh bebas, berikut tiga gambar spesimen setelah dilakukan pengujian.

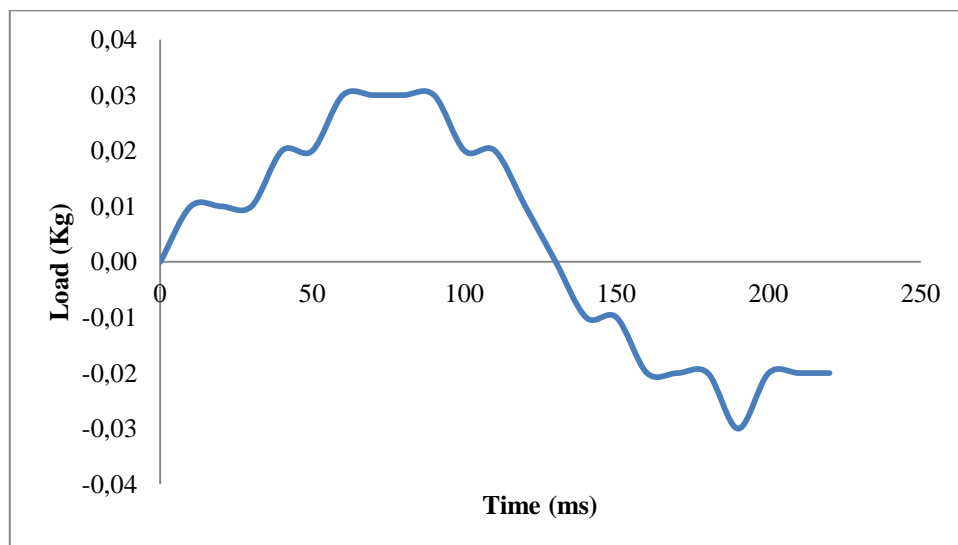


Gambar 4.8 Hasil Uji Gerak Jatuh Bebas *Re-entrant*

#### 4.5 Hasil Pengujian Gerak Jatuh Bebas

##### 4.5.1 Hasil Pengujian Impack Percobaan Satu Pada Spesimen Posisi Tidur

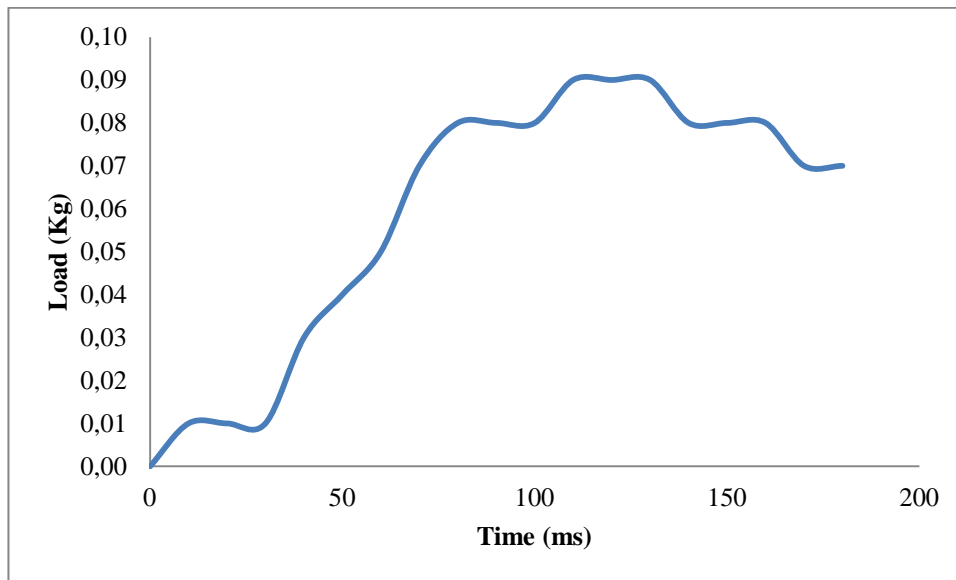
Setelah dilakukan pengujian spesimen pertama pada posisi tidur dengan ukuran diameter ketebalan 0,50 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.9. Terlihat beban tekan dengan nilai tertinggi



Gambar 4.9 Hasil grafik pengujian pertama spesimen posisi tidur

#### 4.5.2 Hasil Pengujian Impack Percobaan Dua Pada Spesimen Posisi Tidur

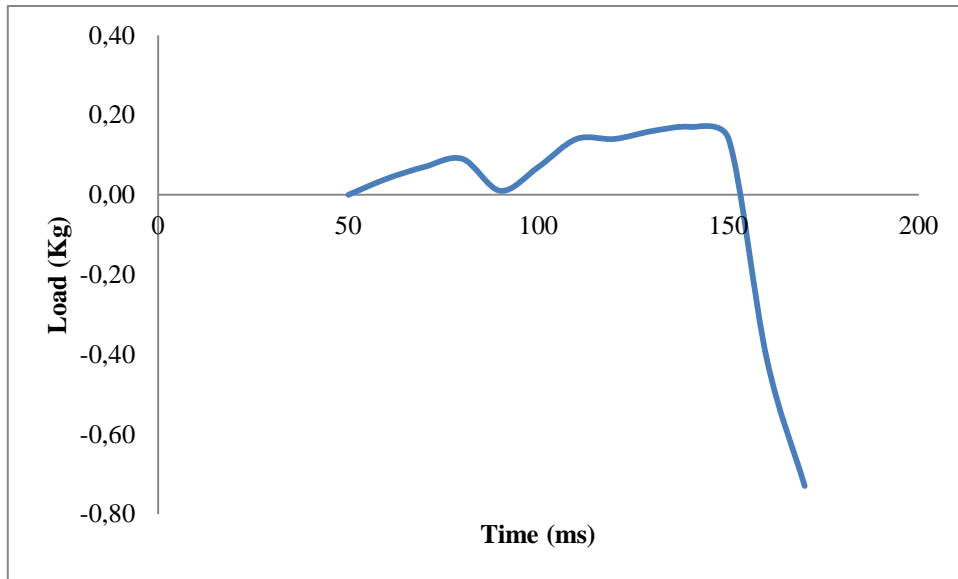
Setelah dilakukan pengujian spesimen kedua pada posisi tidur dengan ukuran diameter ketebalan 0,75 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.10. Terlihat beban tekan dengan nilai tertinggi



Gambar 4.10 Hasil grafik pengujian dua spesimen posisi tidur

#### 4.5.3 Hasil Pengujian Impack Percobaan Tiga Pada Spesimen Posisi Tidur

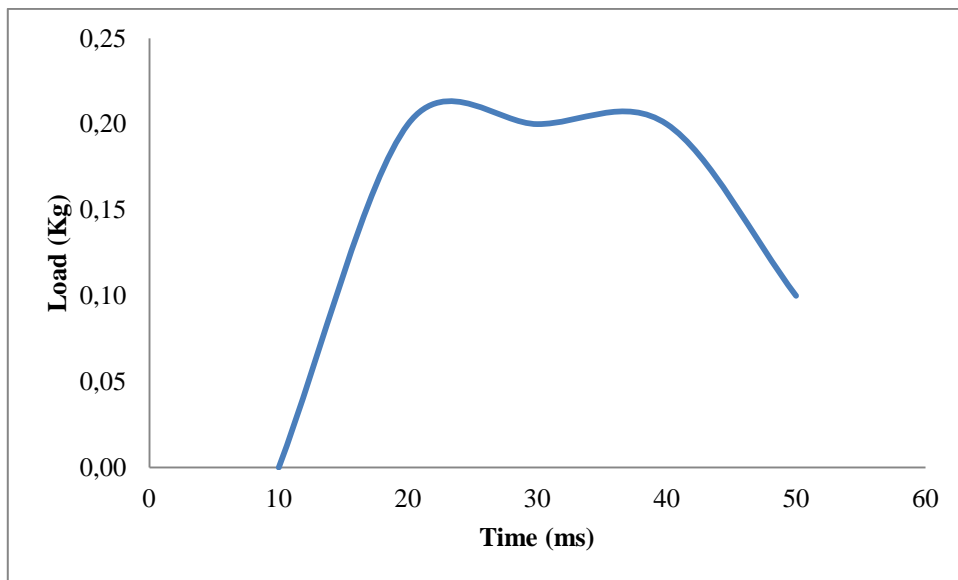
Setelah dilakukan pengujian spesimen ketiga pada posisi tidur dengan ukuran diameter ketebalan 1 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.11. Terlihat beban tekan dengan nilai tertinggi



Gambar 4.11 Hasil grafik pengujian tiga spesimen posisi tidur

#### 4.5.4 Hasil Pengujian Impack Percobaan Satu Pada Spesimen Posisi Berdiri

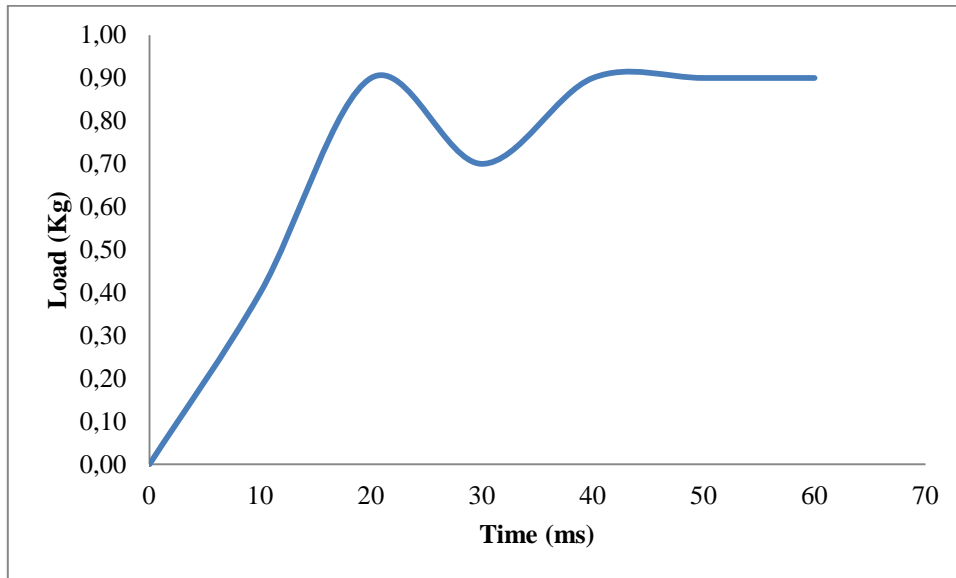
Setelah dilakukan pengujian spesimen pertama pada posisi berdiri dengan ukuran diameter ketebalan 0,50 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.12. Terlihat beban tekan dengan nilai tertinggi



Gambar 4.12 Hasil grafik pengujian pertama spesimen posisi berdiri

#### 4.5.5 Hasil Pengujian Impack Percobaan Dua Pada Spesimen Posisi Berdiri

Setelah dilakukan pengujian spesimen kedua pada posisi berdiri dengan ukuran diameter ketebalan 0,75 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.13. Terlihat beban tekan dengan nilai tertinggi

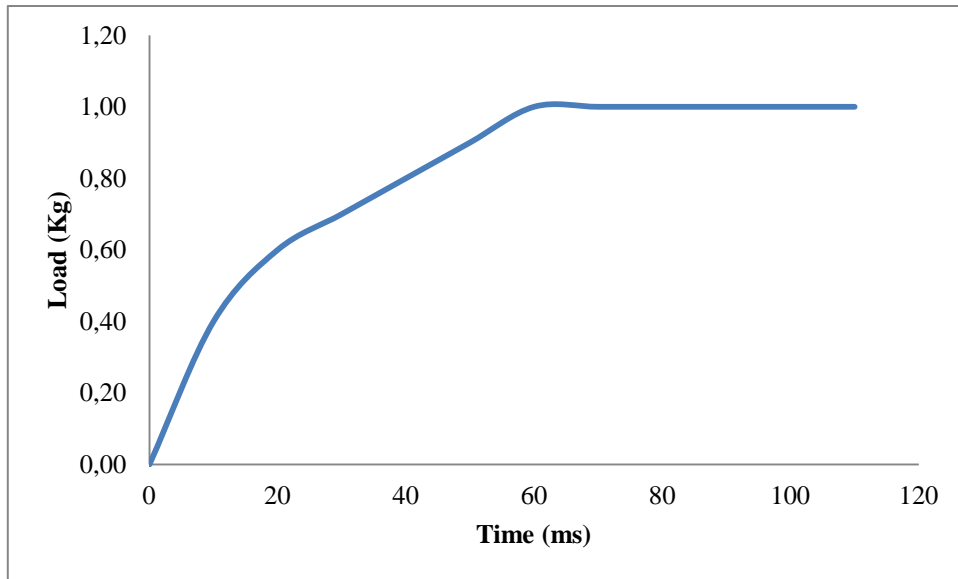


Gambar 4.13 Hasil grafik pengujian kedua spesimen posisi berdiri

#### 4.5.6 Hasil Pengujian Impack Percobaan Tiga Pada Spesimen Posisi Berdiri

Setelah dilakukan pengujian spesimen ketiga pada posisi berdiri dengan ukuran diameter ketebalan 1 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.13. Terlihat beban tekan dengan nilai tertinggi

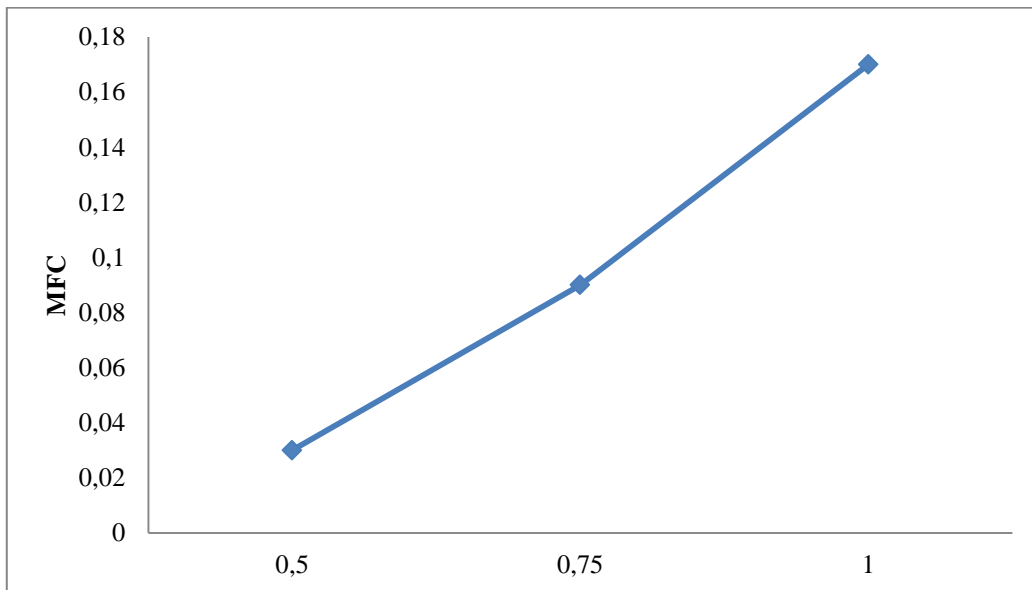




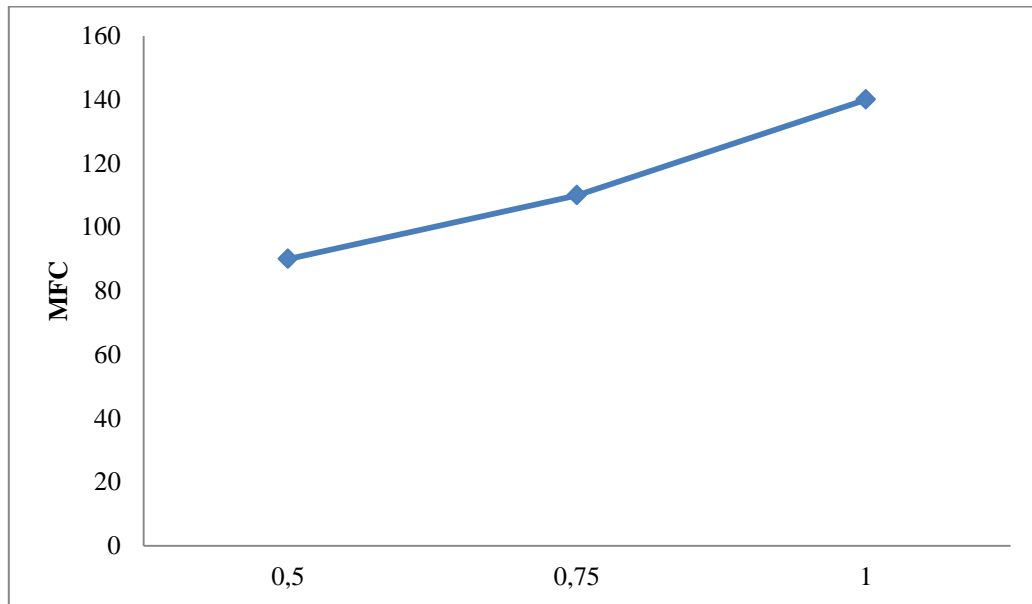
Gambar 4.14 Hasil grafik pengujian ketiga spesimen posisi berdiri

#### 4.6 Hasil Perbandingan MFC Pada Pengujian Spesimen Posisi Tidur

Berikut dibawah ini adalah hasil perbandingan beban dan waktu mfc (*Mean Crushing Forces*), pengujian gerak jatuh bebas pada spesimen posisi tidur.



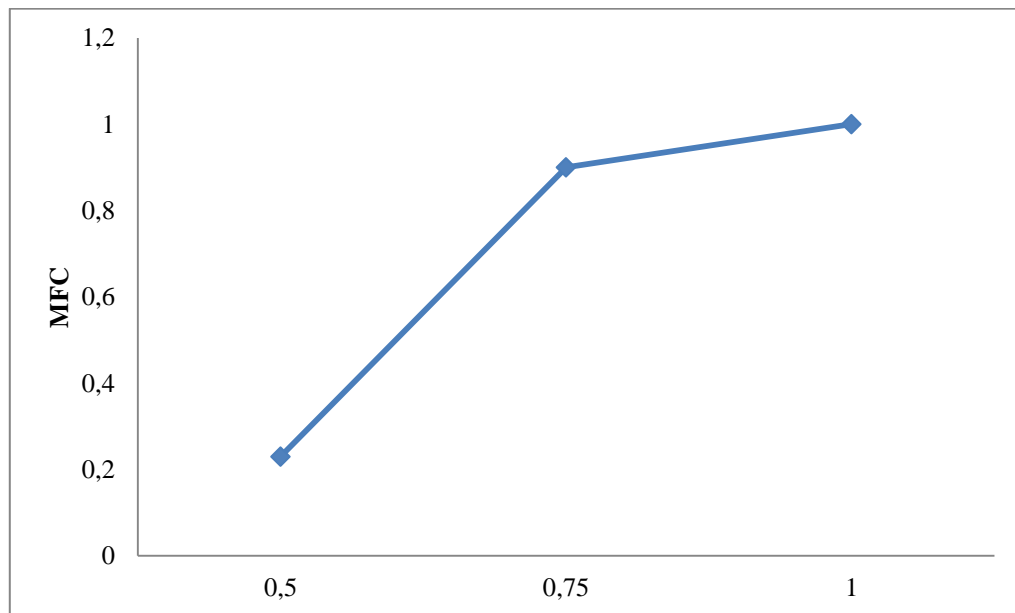
Gambar 4.15 Hasil Perbandingan MFC Load/Beban (kg) Spesimen Posisi Tidur



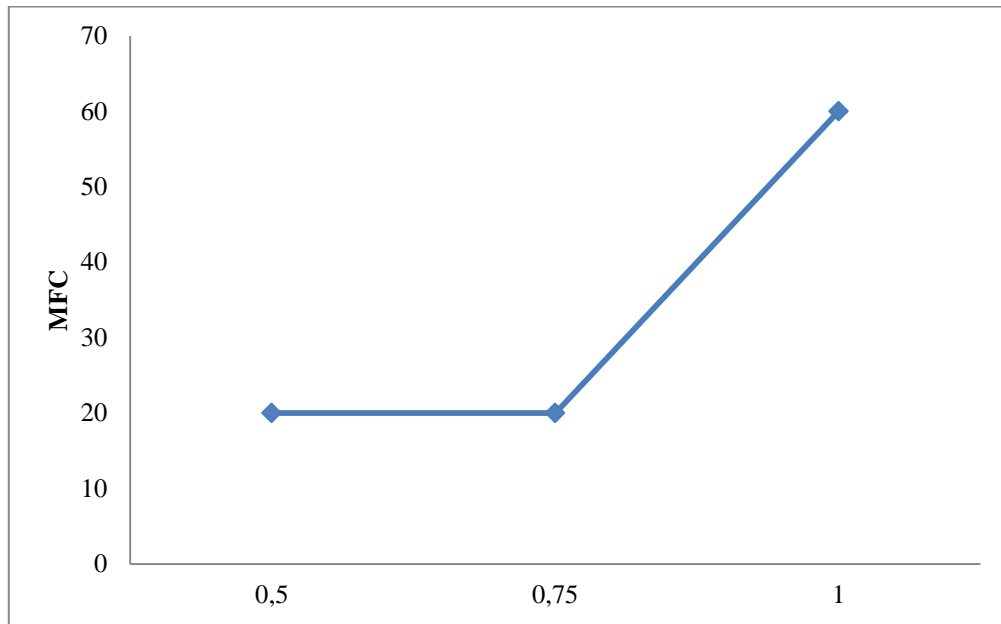
Gambar 4.16 Hasil Perbandingan MFC Time/Waktu (ms) Spesimen Posisi Tidur

#### 4.7 Hasil Perbandingan MFC Pada Pengujian Spesimen Posisi Berdiri

Berikut dibawah ini adalah hasil perbandingan beban dan waktu mfc (*Mean Crushing Forces*), pengujian gerak jatuh bebas pada spesimen posisi berdiri.



Gambar 4.17 Hasil Perbandingan MFC Load/Beban (kg) Spesimen Posisi Berdiri



Gambar 4.18 Hasil Perbandingan MFC Timr/Waktu (kg) Spesimen Posisi Berdiri

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian uji statik dan uji impact gerak jatuh bebas dengan beberapa spesimen yang bervariasi ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Bahwa uji Statik yang telah dilakukan pada spesimen batang papaya dengan bekerja dengan maksimal seperti yang ditunjukkan pada hasil pengujian.
2. Pada pembuatan spesimen, yang dicetak dengan bahan filament pla mesin 3D Printer bekerja dengan maksimal seperti yang ditunjukkan pada hasil pembuatan spesimen.
3. Bahwa uji Impact yang telah dilakukan pada spesimen panel sandwich bekerja dengan maksimal seperti yang ditunjukkan pada hasil pengujian

#### 5.2 Saran

1. Penulis menyarankan untuk mempelajari dalam menggunakan software catia dalam menggambar Panel *Sandwich Re-entrant Honeycomb*.
2. Perlu dikaji ulang dalam pengoperasian mesin 3D printer

## DAFTAR PUSTAKA

- Bahman Bohloli (1997) Design Of A Split Hopkinson Pressure Bar. *International congress of Mechanical Engineering*, University of Liverpool hal 10-14
- Dahai Zhang 2017 Drop-weight impact behavior of honeycomb sandwich panels under a spherical impactor, *Composite Structures* (2017) vol 168.
- Hartomo. (2009). Bending behavior of sandwich composite structures with tunable 3D-printed core materials. Department of Mechanical Engineering, State University of New York at Stony Brook, Stony Brook, NY 11794, USA. Vol. 31-33
- H. Yazdani Sarvestani, A.H. Akbarzadeh, H. Niknam, K. Hermenean. (2018). 3D Printed Architected Polymeric Sandwich Panels Energy Absorption and Structural Performance. *Composite Structures*.
- <https://brainly.co.id/tugas/2487776>. Teori Tumbuhan Beruas, diakses tanggal 30 Agustus 2018
- <http://dapurawi31.wixsite.com>. Mengenal-Tanaman-Bambu, diakses tanggal 30 Agustus 2018
- <https://id.wikipedia.org/wiki/.> Eceng\_gondok, diakses tanggal 30 Agustus 2018
- <https://books.google.co.id>. Tumbuhan beruas pohon pisang, diakses tanggal 30 Agustus 2018
- <http://fredikurniawan.com>. klasifikasi tumbuhan beruas batang papaya, diakses tanggal 30 Agustus 2018
- Kaiser, M.A (1998) Advancements in the Split Hopkinson Bar Test, *Mechanical Engineering*, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 94 pages.
- Mine Uslu Uysal, Ug̃ur Guven. (2015). Buckling of Functional Graded Polymeric Sandwich Panel Under Different Load Cases. *Composite Structures*. Vol.121(2015),pp.182-196.
- Muhamad Bugi (2016) Pengaruh Gaya Impak Jatuh Bebas Terhadap Kekuatan Stainless Steel 201. *Jurnal dinamis*, hal 1-10.
- NeilL, R.S, Khurmi.(2014) Perpindahan Gerak Lurus Pada Besaran Vektor & Gerak Jatuh Bebas. *Jurnal e-Dinamis*, Vol 10(2) hal 135 – 142

Prof. Ir. Tata Surdia, Prof. DR. SHINROKU SAITO. (2009). Pengujian tekan statik. Buku Pengetahuan Bahan Teknik. Vol. 21.

RS Birch. (2003) Instrumen Strain gage Of A Split Hopkinson Pressure Bar. *International congress of Mechanical Engineering*, University of London .Vol. 19

Simanjuntak, R, K. (2011) Pengukuran Energi Impak Helmet Sepeda Motor Akibat Beban Impak Jatuh Bebas Dengan Anvil Plat Datar. *Jurnal Dinamis*, Vol 1(9) hal 21 – 25.

[www.slideshare.net/farahchecwegirly/](http://www.slideshare.net/farahchecwegirly/). tulang-sapi, diakses tanggal 30 Agustus 2018








Zhibin Li , 2017 Deformation and perforation of sandwich panels with aluminum-foam core at elevated temperatures, *International Journal of Impact Engineering* vol 49-90.

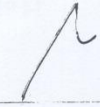
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengaruh Variasi Ketebalan Pada Konfigurasi Penampang Terhadap Gaya Remuk Rata-Rata (MFC) Pada Material Struktur Panel Sandwich

Nama : Riki Andrean  
 NPM : 1307230086

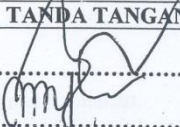
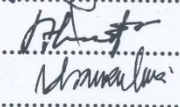
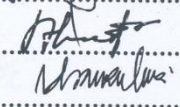
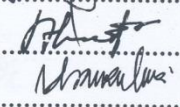
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar  
 Dosen Pembimbing 2 : M. Yani, S.T., M.T

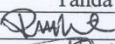
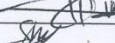
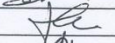
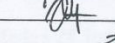

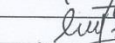


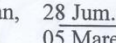
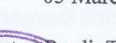
No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	1/3	perbaiki bab 1 & bab 2	
2	2/3	perbaiki bab 2	
3	20/2/18	lanjut bab 1	
4	21/2/18	perbaiki bab 1	
	22/2/18	perbaiki bab 1	
		lanjut bab 2	
		perbaiki abstrak, kesimpulan	

All Semesta 

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

Peserta Seminar  
 Nama : Riki Andean  
 NPM : 1307230086  
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Ketebalan Pada Konfigurasi Penampang Terhadap gaya Remuk Rata-Rata ( MFC ) Pada Material – Struktur Panel Sandwich.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	: 
Pembimbing – II : M.Yani.S.T.M.T	: 
Pembanding – I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	: 
Pembanding – II : Khairul Umurani.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230086	RIKI ANDREAN	
2	1307230016	HUSPIAR PAMADHAN	
3	1267230273	M. ALI. SARDAM. HUSLEN	
4	1907230001	Muhammad Ramadhan	
5	1202230007	ALSA DEAZA HERLANANG	
6	1307230274	Dedi Arianto	
7	1307230074	MHD. REZA ANDITHIYA	
8	1307230068	MASTARI SOFI	
9	1307230003	David Samudra Hbs	
10	1307230264	BAYU MANDARA PETRA	

Medan, 28 Jum.Akhir 1440 H  
05 Maret 2019 M





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

---

NAMA : Riki Andean  
NPM : 1307230086  
Judul T.Akhir : Pengaruh Variasi Ketebalan Pada Konfigurasi Penumpang Terhadap Gaya Remuk Rata-Rata (MFC) Pada Material Struktur Panel Sandwich.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng  
Dosen Pembimbing - II : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : Khairul Umurani.S.T.M.T

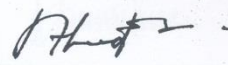
**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
  - *perbaiki format tulisannya*
  - *lihat Caporan T.A. yg telah di periksa*
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....

Medan 28 Jum.Akhir 1440H  
05 Maret 2019 M



Dosen Pembanding- I

  
Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

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

---

NAMA : Riki Andean  
NPM : 1307230086  
Judul T.Akhir : Pengaruh Variasi Ketebalan Pada Konfigurasi Penumpang Ter-  
Hadap Gaya Remuk Rata-Rata (MFC) Pada Material Struktur  
Panel Sandwich.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng  
Dosen Pembimbing - II : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - II : Khairul Umurani.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 :

*kekuat material pada buku*  
*dan*  
.....  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

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

Medan 28 Jum.Akhir 1440H  
05 Maret 2019 M



Diketahui :  
Ketua Prodi T.Mesin

Affandi, S.T.M.T

Dosen Pemanding- II

*Khairul Umurani*

Khairul Umurani.S.T.M.T

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA PRIBADI

Nama : RIKI ANDRIAN  
NPM : 1307230086  
Tempat/Tanggal Lahir : Tanjung Pura, 05 Agustus 1994  
Agama : Islam  
Alamat : Desa. Kabun, Kec. Kabun, Kab. Rokan  
Hulu, Prov. Riau  
Jenis Kelamin : Laki - Laki  
Anak Ke : 1 Dari 3 Bersaudara  
No. Hp : 0822-7471-4762  
Telp : -  
Status Perkawinan : Belum Menikah  
Email : [andrianriki88@gmail.com](mailto:andrianriki88@gmail.com)  
Nama Orang Tua  
Ayah : TAMRIN  
Ibu : MARJIAH

### PENDIDIKAN FORMAL

2001 – 2007 : SD NEGERI 007 KABUN  
2007 – 2010 : SMP NEGERI 1 KABUN  
2010 – 2013 : SMK SWASTA HARAPAN STABAT  
2013 – 2019 : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA  
UTARA