

TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI JUMLAH SEL 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:

**MUHAMMAD REZA ANDITHIYA
1307230074**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : MUHAMMAD REZA ANDITHIYA
NPM : 1307230074
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 : Konstruksi Dan Teknik 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, 23 Maret 2019

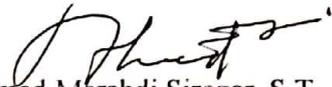
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



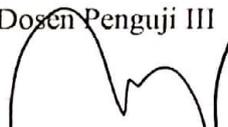
Sudirman Lubis, S.T., M.T

Dosen Penguji II



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

Dosen Penguji III



Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

Dosen Penguji 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 : Muhammad Reza Andithiya
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/12 juni 1994
NPM : 1307230074
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pengaruh Variasi Jumlah Sel Pada konfigurasi Penampang Gaya Remuk Rata-Rata(MFC) Pada Material 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 orisinil 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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 Maret 2019

----- Saya yang menyatakan,



Reza
Muhammad Reza Andithiya

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada saat ini berkembang sangat pesat seiring dengan berkembangnya waktu dan berkembangnya pola pikir manusia hal ini disebabkan oleh kebutuhan manusia akan kemudahan dan efisiensi dalam berbagai bidang salah satu teknologi yang terus berkembang yaitu komposit panel sandwich penelitian untuk membangun 4 model racangan konfigurasi penampang sejauh manakah material komposit panel sandwich berpenguat serat batang pisang mampu menahan beban patahan dan impact sehingga dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut dan bagaimana cara mengetahui hasil pengaruh variasi jumlah sel pada konfigurasi penampang terhadap gaya remuk rata-rata (mfc) pada material panel sandwich dengan menggunakan alat uji tekan dinamis dan pengujian gerak jatuh bebas untuk mengetahui tegangan (Mpa) regangan (mm/mm) waktu dan massa yang pada pengujian gerak jatuh bebas menggunakan alat arduino pada spesimen analisa pengujian spesimen rongga pisang dapat digambar melalui aplikasi catia dan dicetak menggunakan mesin 3D printer maka di situ kita lihat bentuk spesimen berongga pisang ini dapat kita cetak dan diuji dalam bentuk spesimen polygon diameter 6mm polygon diameter 4mm polygon diameter 2mm dan dalam bentuk rongga re-entrens kita dapat melihat hasil hasil dalam bentuk yang sudah diuji dan dapat kita lihat patahan pada spesimen dalam bentuk grafik sehingga kita dapat menyimpulkan kekurangan kelebihan pada spesimen yang sudah diubah menjadi polygon dan re-entrens.

Kata Kunci: panel sandwich, Uji tekan, uji gerak jatuh bebas, catia, mesin 3D

Printer

ABSTRAK

The development of technology is currently developing very rapidly along with the development of time and the development of the human mindset, this is due to human needs for ease and intensity in various fields, one of which is developing technology namely composite sandwich panel research to build 4 cross section configuration models so far where is the composite material of sandwich panels reinforced with banana stem fibers able to withstand fracture and impact loads so that it can be used for further research and how to find out the effect of cell number variations on cross-sectional configurations of average crushing forces (mfc) on sandwich panel material with using dynamic compressive test and free fall motion test to determine strain (Mpa) strain (mm / mm) time and mass which in the free fall test using an arduino instrument on the analysis specimens testing banana cavity specimens can be drawn through the application catia and cet If I use a 3D printer machine, then we can see the shape of this banana hollow specimen, we can print it and test it in the form of a polygon specimen with a diameter of 6mm polygon. test and we can see faults in specimens in graphing form so we can conclude the lack of cleavage in specimens that have been converted into polygons and re-entrens.

Keywords: sandwich panel, press test, free fall motion test, catia, 3D printer machine

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 Jumlah Sel Pada Konfigurasi Penampang Terhadap Gaya Remuk-Rata (MFC) Pada Material Panel Sandwich" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

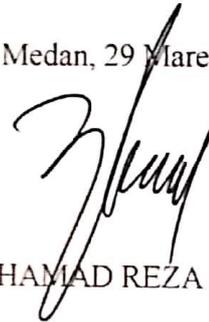
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Eng, Rahkmat Arif Siregar selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Muhammad Yani, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Sudirman Lubis, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfiansuri Siregar, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Gusmulyadi dan Sopiana Nst, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Mastari Sofi, Dedi Arianto Siregar, Bambang Sutikno, Riki Andrean, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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, 29 Maret 2019



MUHAMAD REZA ANDITHYA

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI | iii |
| ABSTRACT | iv |
| <i>ABSTRAK</i> | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR NOTASI | xv |
| | |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 2 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| | |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Komposit <i>Sandwich</i> | 4 |
| 2.2 Klasifikasi bahan komposit | 6 |
| 2.2.1 Tipe Komposit Serat | 6 |
| 2.3 Kajian Teori Komposit | 8 |
| 2.4 Paktor yang mempengaruhi perperma komposit | 10 |
| 2.5 serat | 11 |
| 2.6 Resin expocy | 11 |
| 2.7 Filament PLA 3D printing | 13 |
| 2.8 Filament ABS 3D printing | 14 |
| 2.9 Mesin 3D Printing | 16 |
| 2.10 Cara Kerja Mesin <i>3D Printer</i> | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 2.11 <i>Tumbuhan Beruas</i> | 18 |
| 2.12 Pengujian Statis | 18 |
| 2.13 Tegangan-Regangan dinamik | 19 |
| 2.13.1 Tegangan Stress | 20 |
| 2.13.2 Regangan <i>strain</i> | 20 |
| 2.13.3 Laju Regangan (strain-rate) | 20 |
| 2.14 Jenis Perpatahan Material | 21 |
| 2.14.1 Perpatahan Ulet (Ductile Fracture) | 22 |
| 2.14.2 Perpatahan Getas | 22 |
| | |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN | 23 |
| 3.1 Tempat dan Waktu | 23 |
| 3.1.1 Tempat | 23 |
| 3.1.2 Waktu | 23 |
| 3.2 Alat dan Bahan penelitian | 24 |
| 3.2.1 Bahan pengujian uji statis | 25 |
| 3.3 Diagram Alir | 26 |
| 3.4 Prosedur Pengujian Tekan Statis | 27 |
| 3.4.1 Alat dan Bahan | 27 |
| 3.4.2 Bahan Pengujian Statis | 27 |
| 3.5. Pengujian Statis | 28 |
| 3.6. Pengujian Gerak Jatuh Bebas | 28 |
| 3.6.1 Alat dan Bahan Penelitian | 28 |
| 3.7. Alat dan Pengujian Gerak Jatuh Bebas | 31 |
| | |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 35 |
| 4.1 Hasil Penelitian | 31 |
| 4.2 Hasil Pengujia Tekan Statis | 31 |
| 4.3 Hasil Pengujian Uji Statis | 33 |
| 4.3.1 Polygon 6mm sel 2 Sebelum dan sesudah di uji | 33 |
| 4.3.2 Polygon 6mm sel 3 Sebelum dan sesudah di uji | 34 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3.3 Polygon 6mm sel 4 Sebelum dan sesudah di uji | 35 |
| 4.3.4 Polygon 4mm sel 2 Sebelum dan sesudah di uji | 36 |
| 4.3.5 Polygon 4mm sel 3 Sebelum dan sesudah di uji | 37 |
| 4.3.6.Polygon 4mm sel 4 Sebelum dan sesudah di uji | 38 |
| 4.3.7 Polygon 2mm sel 2 Sebelum dan sesudah di uji | 39 |
| 4.3.8 Polygon 2mm sel 3 Sebelum dan sesudah di uji | 40 |
| 4.3.9 Polygon 2mm sel 4 Sebelum dan sesudah di uji | 41 |
| 4.3.10 Re-entrens sel 2 Sebelum dan sesudah di uji | 42 |
| 4.3.11 Re-entrens sel 3 Sebelum dan sesudah di uji | 43 |
| 4.3.12 Re-entrens sel 4 Sebelum dan sesudah di uji | 44 |
| 4.4. Hasil Pengujian Gerak Jatuh Bebas | 50 |
| 4.5 Hasil Perbandingan (MFC) | 56 |
| BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN | 57 |
| 5.1 Kesimpulan | 57 |
| 5.2 Saran | 57 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI

DAPTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|-------------------------------------|---------|
| Tabel 2.1. Spesifikasi Resin Epoksi | 13 |
| Tabel 3.1. Timeline Kegiatan | 23 |
| Tabel 3.2. ukuran Polygon 6mm | 32 |
| Tabel 3.3. ukuran Polygon 4mm | 33 |
| Tabel 3.4 ukuran polygon 2mm | 34 |
| Tabel 3.5 Ukuran Re-entrens | 35 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Continuous Fiber Composite | 8 |
| Gambar 2.2 Woven Fiber Composite (bi-directional) | 8 |
| Gambar 2.3 Woven Fiber Composite (bi-directional) | 8 |
| Gambar 2.4 Filament PLA | 14 |
| Gambar 2.5 Filament ABS | 15 |
| Gambar 2.6 Mesin 3D printer | 17 |
| Gambar 2.7 Batang Tanaman Pisang | 18 |
| Gambar 2.8 Pengujian tekan disarankan oleh ASTM | 19 |
| Gambar 2.9 Pelat tekan konis sudut gesekan | 19 |
| Gambar 2.10 Alat uji statis | 19 |
| Gambar 2.11 Mekanisme perpatahan.(Enrique Rocha, 2011) | 21 |
| Gambar 2.12 Perpatahan Ulet. | 22 |
| Gambar 2.13 Perpatahan Brittle | 22 |
| Gambar 3.1 Mesin 3D printer | 24 |
| Gambar 3.2 Mesin uji statis | 24 |
| Gambar 3.3 Pc/Komputer | 25 |
| Gambar 3.4 batang pisang | 25 |
| Gambar 3.5 Filamen 3D Printing | 25 |
| Gambar 3.6 Diagram alir. | 26 |
| Gambar 3.7 Alat uji statis | 27 |
| Gambar 3.8 Spesimen uji statis | 27 |
| Gambar 3.9 Pengujian spesimen | 28 |
| Gambar 3.10 Data input ke PC | 28 |
| Gambar 3.11 Mesin 3D printing | 29 |
| Gambar 3.12 Alat uji gerak jatuh bebas | 29 |
| Gambar 3.13 Laptop | 30 |
| Gambar 3.14 Arduino | 30 |
| Gambar 3.15 Load cell | 31 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.16 Beban penekan | 31 |
| Gambar 3.17 Filament Pla 3D Printing | 32 |
| Gambar 3.18. polygon 6mm | 32 |
| Gambar 3.19 Polygon 4mm | 33 |
| Gambar 3.20 polygon 2mm | 34 |
| Gambar 3.21 Re-entrens | 34 |
| Gambar 4.1 Grapik Pengujian batang pisang | 36 |
| Gambar 4.2 Spesimen batang pisang sebelum diuji | 37 |
| Gambar 4.3 spesimen batang Pisang sesudah di uji | 37 |
| Gambar 4.4 spesimen polygon 6mm sel 2 sebelum di uji | 38 |
| Gambar 4.5 spesimen polygon 6mm sel 2 sesudah di uji | 38 |
| Gambar 4.6 grapik hasil poligon 6mm sel 2 | 38 |
| Gambar 4.7 Spesimen polygon 6mm sel 3 sebelum di uji | 39 |
| Gambar 4.8 Spesimen polygon 6mm sel 3 sesudah di uji | 39 |
| Gambar 4.9 Grapik hasil poligon 6mm sel3 | 39 |
| Gambar 4.10 Spesimen polygon 6mm sel 4 sebelum di uji | 40 |
| Gambar 4.11 Spesimen polygon 6mm sel 4 sesudah diuji | 40 |
| Gambar 4.12 Grapik hasil poligon 6mm sel4 | 40 |
| Gambar 4.13 Spesimen polygon 4mm sel 2 sebelum di uji | 41 |
| Gambar 4.14 Spesimen polygon 4mm sel 2 sesudah di uji | 41 |
| Gambar 4.15 Grapik hasil poligon 4mm sel 2 | 41 |
| Gambar 4.16 Spesimen polygon 4mm sel 3 sebelum di uji | 42 |
| Gambar 4.17 Spesimen polygon 4mm sel sesudah di uji | 42 |
| Gambar 4.18 Grapik hasil poligon 4mm sel 3 | 42 |
| Gambar 4.19 Spesimen polygon 4mm sel 4 sebelum di uji | 43 |
| Gambar 4.20 Spesimen polygon 4mm sel 4 sesudah di uji | 43 |
| Gambar 4.21 Grapik hasil poligon 4mm sel 4 | 43 |
| Gambar 4.22 Spesimen poligon 2mm sel 2 sebelum di uji | 44 |
| Gambar 4.23 Spesimen poligon 2mm sel 2 sesudah di uji | 44 |
| Gambar 4.24 Grapik hasil poligon 2mm sel 2 | 44 |
| Gambar 4.25 Spesimen poligon 2mm sel 3 sebelum di uji | 45 |
| Gambar 4.26 Spesimen polygon 2mm sel 3 setelah di uji | 45 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.27 Grapik hasil poligon 2mm sel 3 | 45 |
| Gambar 4.28 Spesimen polygon 2mm sel 4 sebelum di uji | 46 |
| Gambar 4.29 Spesimen polygon 2mm sel 4 setelah di uji | 46 |
| Gambar 4.30 Grapik hasil poligon 2mm sel 4 | 46 |
| Gambar 4.31 Spesimen Re-entrens sel 2 sebelum di uji | 47 |
| Gambar 4.32 Spesimen Re-entrens sel 2 sesudah di uji | 47 |
| Gambar 4.33 Grapik hasil Re-entrens sel 2 | 47 |
| Gambar 4.34 Spesimen Re-entrens sel 3 sebelum di uji | 48 |
| Gambar 4.35 Spesimen Re-entrens sel 3 sesudah di uji | 48 |
| Gambar 4.36 Grapik hasil Re-entrens sel 3 | 48 |
| Gambar 4.37 Spesimen Re-entrens sel 4 sebelum di uji | 49 |
| Gambar 4.38 Spesimen Re-entrens sel 4 sesudah di uji | 49 |
| Gambar 4.39 Grapik hasil Re-entrens sel 4 | 49 |
| Gambar 4.40 Hasil grafik pengujian poligon 6mm sel 2 | 50 |
| Gambar 4.41 Hasil grafik pengujian poligon 6mm sel 3 | 50 |
| Gambar 4.42 Hasil grafik poligon 6mm sel4 | 51 |
| Gambar 4.43 Hasil grafik poligon 4mm sel2 | 52 |
| Gambar 4.44 Hasil grafik poligon 4mm sel3 | 52 |
| Gambar 4.45 Hasil grafik poligon 4mm sel4 | 52 |
| Gambar 4.46 Hasil grafik poligon 6mm sel2 | 53 |
| Gambar 4.47 Hasil grafik poligon 4mm sel 3 | 53 |
| Gambar 4.48 Hasil grafik poligon 2mm sel 4 | 54 |
| Gambar 4.49 Hasil grafik Re-entrens sel 2 | 54 |
| Gambar 4.50 Hasil grafik Re-entrens sel 3 | 55 |
| Gambar 4.51 Hasil grafik Re-entrens sel 4 | 55 |
| Gambar 4.52 Hasil grapik Perbandingan MFC Time/Waktu (ms) | 56 |

DAFTAR NOTASI

| Simbol | Keterangan |
|------------------|---|
| ϵ_{eng} | Engineering Strain |
| ΔL | Perubahan Panjang |
| L_0 | Panjang Awal |
| L | Panjang Setelah diberi Gaya |
| σ | Regangan, $\Delta L/L_0$ (tanpa satuan) |
| τ | Tegangan Geser, kg/cm^2 |
| E | Modulus Young, kg/cm^2 |
| ϵ | Regangan |
| L | Panjang mula-mula |
| ΔL | Perubahan panjang material |
| R | Resistansi mula-mula |
| ΔR | Perubahan Resistansi |

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada saat ini berkembang sangat pesat seiring dengan berjalannya waktu dan berkembangnya pola pikir manusia. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan manusia akan kemudahan dan efisiensi dalam berbagai bidang. Salah satu teknologi yang terus dikembangkan yaitu komposit *panel sandwich*. Saat ini, komposit polimer telah digunakan diberbagai bidang dan telah mampu menggantikan bahan konvensional logam dan kayu.

Struktur *panel sandwich* memiliki prinsip yaitu menggabungkan kulit komposit dengan modulus elastisitas tinggi dengan *core* komposit yang ringan sehingga diperoleh kombinasi bahan yang kaku, kuat tetapi ringan (Buitrago *et al.*, 2009). Pasar komposit terbesar adalah transportasi 31% dan konstruksi 19,7%, kapal 12,4%, peralatan elektronik 9,9%, pemakai langsung 5,8%, serta peralatan bisnis yang memiliki pasar luas.

Pada umumnya komposit yang digunakan sebagai kulit komposit *panel sandwich* adalah *polyester-fiberglass* yang tipis. Namun, *fiberglass* merupakan serat sintetis dan mempunyai kelemahan, diantaranya yaitu berat jenisnya lebih tinggi dan juga tidak baik untuk kesehatan. *Fiberglass* yang terlepas dan terhirup dapat menyebabkan iritasi di hidung, tenggorokan, kesulitan bernapas, batuk, dan suara serak. *Fiberglass* juga dapat menyebabkan iritasi kulit dan mata (Buitrago *et al.*, 2009).

Beberapa peneliti telah menggunakan serat alami sebagai komposit *panel sandwich*, diantaranya yaitu seperti serat daun nanas (Hidayat *et al.*, 2016). Namun, menurut Hidayat *et al.*, (2016) serat daun nanas belum bisa digunakan sebagai serat penguat dalam pembuatan material komposit *panel sandwich*.

Oleh karena itu, mengingat keberadaan pohon pisang yang sangat banyak di Indonesia pada penelitian ini akan digunakan serat batang pohon pisang sebagai komposit pada material struktur *panel sandwich*. Selain itu akan dilakukan juga analisa pengaruh variasi jumlah sel pada konfigurasi penampang terhadap gaya remuk rata-rata (mfc) pada material struktur *panel sandwich*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang, maka penelitian ini diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Sejauh manakah material komposit *sandwich* berpenguat serat batang pisang mampu menahan beban tekuk dan impak sehingga dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut.
2. Bagaimana efek perilaku remuk pada spesimen panel *sandwich* yang di uji dengan metode uji statis.
3. Bagaimana cara mengetahui hasil pengaruh variasi jumlah sel pada konfigurasi penampang terhadap gaya remuk rata-rata (mfc) pada material panel *sandwich*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan adalah :

1. Penelitian ini hanya mengkaji aspek kekuatan uji tekan statis.
2. Bahan komposit yang digunakan adalah skin berpenguat serat batang pisang.
3. Penelitian ini hanya mengkaji kekuatan masing-masing lapisan komposit *sandwich*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui kekuatan dari material komposit berpenguat serat batang pisang.
2. Untuk mengetahui kekuatan masing-masing lapisan *panel sandwich*.
3. Untuk mengetahui variasi jumlah sel pada konfigurasi penampang terhadap gaya remuk rata-rata (mfc) pada material struktur *panel sandwich*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi jumlah sel pada konfigurasi penampang terhadap gaya remuk rata-rata (mfc) variasi yang berbeda agar dapat mengetahui dengan variasi yang terbaik dengan kekuatan yang

maksimum agar dapat mengetahui dari model material struktur panel sandwich yang terbaik dalam pemilihan beban yang diberikan.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini sebagai berikut :

- Bab 1 : Pendahuluan, berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat dan sistematika penulisan.
- Bab 2 : berisikan tentang dasar teori tinjauan pustaka
- Bab 3 : Metodologi pengujian, berisikan tentang alat dan spesimen
- Bab 4 : Analisa data, berisikan tentang hasil pengujian
- Bab 5 : Kesimpulan dan saran, berisikan tentang hasil penelitian yang dilakukan pada spesimen setelah diuji.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit *Sandwich*

Komposit adalah gabungan dua atau lebih bahan yang berbeda, dan hal ini dibuat untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik yang tidak diperoleh dari masing-masing penyusun kompositnya (Roe, 1999).

Dewasa ini komposit *sandwich* telah menjadi kandidat menarik karena dapat diaplikasikan dalam berbagai rekayasa termasuk industri otomotif, kapal laut, pesawat terbang, konstruksi dan lain-lain. Struktur *sandwich* terdiri dari beberapa lapisan diantaranya yaitu 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 berdampak 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 (Gibson, 1994).

Terdapat beberapa bagian klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguatnya yaitu :

1. *Particle reinforced composite*, adalah komposit yang fasa terdispersinya hampir sama pada semua arah (*equiaxed*). Berdasarkan mekanisme penguatannya dapat dibedakan lagi menjadi 2 jenis, yakni :
 - *Large particle*, merupakan 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 di treatment 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 :

- *Continuous (aligned)*, yaitu reinforced composite yang dibuat dari serat panjang dan disusun paralel
 - *Discontinuous (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 homogenus, 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 (Li Z., 2017).

2.1 Pengertian Bahan Komposit

Komposit adalah penggabungan dua atau lebih material yang berbeda sebagai suatu kombinasi yang menyatu. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai pengisi dan bahan pengikat serat yang disebut matrik. Didalam komposit unsur utamanya serat, sedangkan bahan pengikatnya polimer yang mudah dibentuk. Penggunaan serat sendiri yang utama adalah menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan serta sifat mekanik lainnya. Sebagai bahan pengisi, serat digunakan untuk menahan gaya-gaya yang terjadi. Oleh karena itu untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat, kaku dan getas, sedangkan bahan matrik dipilih bahan-bahan yang liat, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia.

Komposit memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekuatan jenis (*modulus Young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan arah orientasi serat yang berbeda, gabungan lain ini disebut sebagai laminat. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu :

- a. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang ulet tetapi lebih rigid serta lebih kuat, yang digunakan adalah serat alam.
- b. Matrik, umumnya lebih ulet tetapi mempunyai kekuatan rigiditas yang lebih rendah.

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan yaitu:

1. *Fibrous Composite* (Komposit Serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers, dan sebagainya.
2. *Laminated Composite* (Komposit Laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
3. *Particulate Composites* (Komposit Partikel) merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Sehingga komposit dapat disimpulkan sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan dalam skala makroskopis (dapat terlihat langsung oleh mata) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna.

- a. Matriks berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan : carbon glass, kevlar, dll
- b. *Filler* (pengisi) berfungsi sebagai penguat dari matriks. *Filler* yang umum digunakan : *carbon glass, aramid, kevlar*

2.2 Klasifikasi bahan komposit

Klasifikasi komposit dapat dibentuk dari sifat dan strukturnya. Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis.

Secara umum klasifikasi komposit yang sering digunakan seperti:

1. klasifikasi menurut kombinasi material utama, seperti *metal-organic* atau *metalanorganic*

2. klasifikasi menurut karakteristik *bulk-form*, seperti sistem matrik atau laminate
3. klasifikasi menurut distribusi unsur pokok, seperti *continuous* atau *discontinuous*
4. klasifikasi menurut fungsinya, seperti elektrik atau struktural. (Dossat, 2001).

Sedangkan klasifikasi untuk komposit serat (fiber-matrik composites) dibedakan menjadi Beberapa macam antara lain:

1. *fiber composites* (komposit serat) adalah gabungan serat dengan matrik
2. *flake composites* adalah gabungan serpih rata dengan matrik
3. *particulate composites* adalah gabungan partikel dengan matrik
4. *filled composites* adalah gabungan matrik *continuous skeletal* dengan matrik yang kedua
5. *Laminar composites* adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina.

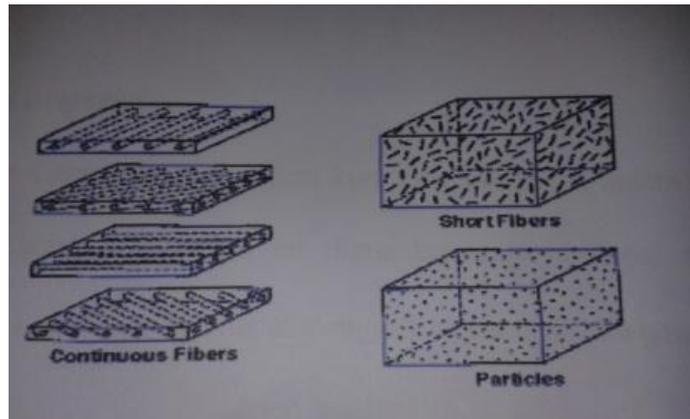
Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matrik. bentuk partikel ini dapat bermacam-macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan bentuk-bentuk yang tidak beraturan secara acak. Sedangkan bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik. Bentuknya ada 2 macam yaitu serat panjang dan serat pendek.

2.2.1 Tipe Komposit Serat

Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu:

1. *Continuous Fibre Composite*

Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antara lapisan.



Gambar 2.1: Continuous Fiber Composite

2. *Woven Fibre Composite (bi-directional)*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah.



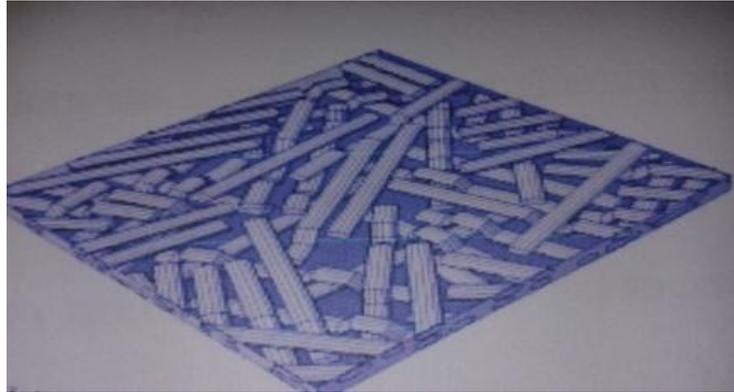
Gambar 2.2: Woven Fiber Composite (bi-directional)

3. *Discontinuous Fibre Composite*

Discontinuous Fibre Composite adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3:

- a. *Aligned Discontinuous Fibre*
- b. *Off-axis aligned discontinuous fibre*
- c. *Randomly oriented discontinuous fibre*
- d. *Hybrid Fibre Composite*

Hibrid Fibre Composite merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan supaya dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya.



Gambar 2.3: Hybrid Fiber Composite

2.3. Kajian Teori Komposit

Bebepa ahli mengatakan menyatakan bahwa penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi volume, agar dihasilkan komposit berkekuatan tinggi. Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik komposit adalah perbandingan matrik dan penguat serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f) atau fraksi massa berat (m_f). Fraksi volume dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$V_f = \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \quad (2.1)$$

$$m_f = \frac{\rho_f \cdot v_f}{\rho_f \cdot v_f + \rho_m \cdot v_m} \quad (2.2)$$

Dimana : V_f = Fraksi volume serat (%)

m_f = Massa serat (g)

m_m = Massa matrik (g)

V_f = Volume serat (mm³)

v_m = Volume matrik (mm³)

ρ_f = Massa jenis serat (g / mm³)

ρ_m = Massa jenis matrik (g / mm³)

Perhitungan fraksi dipandang lebih mudah dibandingkan dengan fraksi volume. Fraksi massa serat dapat dihitung secara sederhana seperti rumus dibawah ini :

$$M_f = \frac{m_f}{m_c} \quad (2.3)$$

Dimana : M_f = Fraksi massa serat (%)

m_f = Massa serat (g)

m_c = Massa komposit (g)

2.4. Faktor yang Mempengaruhi Performa Komposit

Penelitian yang menggabungkan antara matrik dan serat harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi performa *Fibre- Matrik Composite* antara lain :

1. Faktor Serat

Serat adalah bahan yang digunakan untuk dapat memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

2. Letak Serat

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut.

Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu :

- a. *One Dimensional Reinforcement*, kekuatan pada arah axis serat
- b. *Two Dimensional Reinforcement (planar)*, mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.
- c. *Three Dimensional Reinforcement*, mempunyai sifat isotropic kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.

Pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak (*random*) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar kesegala arah maka kekuatan akan meningkat.

3. Panjang Serat

Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Ada 2 penggunaan serat dalam campuran komposit yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Serat alami jika dibandingkan dengan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Bentuk serat yang digunakan untuk pembuatan komposit tidak begitu mempengaruhi, yang

mempengaruhi adalah diameter seratnya. Pada umumnya, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi (Zhibin, 2017).

2.5. Serat

Serat merupakan bahan yang kuat, kaku, getas. Karena serat yang terutama menahan gaya luar, ada dua hal yang membuat serat menahan gaya yaitu :

1. Perekatan (*bonding*) antara serat dan matriks (*intervarsial bonding*) sangat baik dan kuat. Sehingga tidak mudah lepas dari matriks (*debonding*).
2. Kelangsingan (*aspect ratio*) yaitu perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat cukup besar.

Arah serat penguat menentukan kekuatan komposit, arah serat sesuai dengan arah kekuatan maksimum. Arah serat mempengaruhi jumlah jumlah serat yang dapat diisikan kedalam matrik. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat dapat dimasukkan. Bila sejajar berpeluang sampai 90%, bial separuh-separuh saling tegak lurus peluangnya 75%, dan tatanan acak hanya berpeluang pengisian 15 – 50%. Hal tersebut menentukan optimum saat komposit maksimum.

2.6 Resin Epoxy

Resin *epoxy* atau secara umum dikenal dengan bahan *epoxy* adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok *thermoset*, yang dibentuk melalui proses polimerisasi kondensasi, bahan plastik yang tidak dapat dilunakkan kembali atau dibentuk kembali kekeadaan sebelum mengalami pengeringan.

Proses pembuatannya dapat dilakukan pada suhu kamar dengan memperhatikan zat-zat kimia yang digunakan sebagai pengontrol polimerisasi jaringan silang agar didapatkan hasil yang optimum. *Epoxy* termasuk kelompok polimer yang digunakan sebagai bahan pelapis, perekat, dan sebagai matriks pada material komposit di beberapa bagian struktural, resin ini juga dipakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan, dan perekat.

Digunakan juga pada banyak aplikasi seperti automotif, *aerospace*, perkapalan, dan peralatan elektronik yang secara umum memiliki sifat yang baik dalam hal reaksi kimia, konduktivitas thermal, konduktivitas listrik, tahan korosi, kekuatan tarik dan kekuatan bending sangat baik (Khac-Na,2016).

Resin *epoxy* mempunyai tiga sifat yang utama yaitu :

a. Sifat Fisik

Sebagaimana jenis *plastik* lain kebanyakan *plastik* adalah isolator listrik dan konduktor panas yang baik. Kecuali jika ditambahkan campuran lain misalnya serbuk logam/karbon lain.

b. Sifat Kimia

Sebagaimana umumnya *plastik*, secara kimia *plastik* termasuk *inert*. Dalam jangka lama, sinar ultraviolet mempengaruhi struktur kimia *plastik*.

c. Sifat Mekanik

Dalam bentuk asli epoksi resin keras dan getas tetapi dalam penggunaan, plastik hampir selalu mengandung bahan campuran lain untuk menyesuaikan sifat mekaniknya. Sifat mekanik sangat banyak dimodifikasi sifatnya, baik dari sisi kekuatan, kekenyalan, keuletan, sampai kearah sobekan. Selain sifat tersebut *epoxy* juga memiliki ulet, elastis, tidak bereaksi dengan sebagian besar bahan kimia dan mempunyai dimensi yang lebih stabil. *Epoxy* bila diberi bahan penguat komposit *epoxy* mempunyai kekuatan lebih baik dari dibanding resin lain.

Namun demikian *epoxy* juga mempunyai kelemahan pada sifat sensitif menyerap air dan getas. Kegunaan *epoxy* sebagai bahan *matriks* dibatasi oleh ketangguhan yang rendah dan cenderung rapuh. Oleh sebab itu saat ini terus dilakukan penelitian untuk meningkatkan ketangguhan bahan matriks atau epoksi (N. Tasneem, 2002). Pada beton penggunaan resin *epoxy* dapat mempercepat proses pengerasan, karena resin *epoxy* menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan.

Tabel 2.1 Spesifikasi Resin Epoksi

| Sifat-sifat | Satuan | Nilai Tipikal |
|-----------------------------|----------------------|---------------|
| Massa jenis | Gram/cm ³ | 1.17 |
| Penyerapan air (suhu ruang) | °C | 0,2 |
| Kekuatan tarik | Kgf/mm ² | 5,95 |
| Kekuatan tekan | Kgf/mm ² | 14 |
| Kekuatan lentur | Kgf/mm ² | 12 |
| Temperatur pencetakan | °C | 90 |

2.7. 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. Keunggulan lebih dari PLA adalah mudah dicetak.

Filament PLA dapat dipanaskan hingga meleleh dan dapat di print pada suhu 120° - 200° Celcius tanpa harus memanaskan alas printer/ printer bed terlebih dahulu. Tetapi sangat disarankan alas printer/printer bed memiliki panas 60°. 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° , dibenturkan, atau dijatuhkan. Maka jangan menggunakan filament PLA, kerana PLA tidak tahan dengan suhu yang melebihi 60°.



Gambar 2.4 Filament PLA

2.8 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° - 240° 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 stress test seperti benturan atau tekukan akan cukup kuat menahannya. Salah satu kekurangan ABS adalah bau yang kuat saat dicetak. Meskipun tidak mengganggu kebanyakan orang, beberapa orang mungkin memiliki masalah dengan mencetak ABS dalam kondisi ruangan tertutup. Merekomendasikan mencetak diruangan yang memiliki ventilasi yang baik, baik itu menggunakan ABS atau PLA. Mencetak sebuah benda yang mungkin akan terjatuh, diletakkan dilingkungan yang panas atau digunakan dengan benturan-benturan penggunaan ABS hal yang paling sempurna. Seperti gagang pisau, tapak gelas panas, mainan, cincin. Singkatnya, ini sangat bagus untuk kebanyakan. (Dahai, 2017).



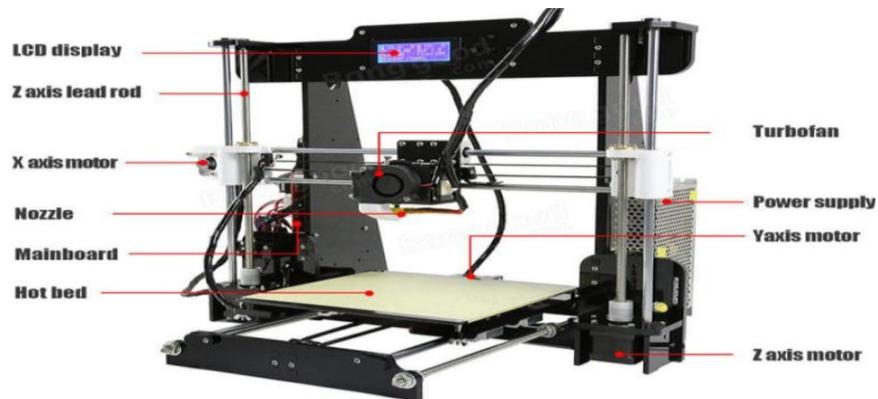
Gambar 2.5 Filament ABS

2.9 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 presisi. Hal ini karena didukung oleh 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.



Gambar 2.6 Mesin 3D printer

2.10 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.

2.11 Tumbuhan Beruas

Tumbuhan beruas merupakan batang tumbuhan yang mana jika dilihat dari permukaannya tampak ruas yang melingkari batang. Ruas-ruas batang ini tersusun dari pangkal batang hingga ujung batang. Berikut beberapa contoh tanaman beruas bambu, tebu, rotan, eceng gondok, pepaya dan masih banyak lainnya.

2.2.2 Tanaman Pisang

Batang pisang merupakan limbah dari tanaman pisang yang telah ditebang untuk diambil buahnya dan merupakan limbah pertanian potensial yang belum banyak pemanfaatannya. Beberapa penelitian telah mencoba untuk memanfaatkannya antara lain untuk papan partikel dan papan serat.

Serat batang pisang merupakan jenis serat yang berkualitas baik, dan merupakan salah satu bahan potensial alternatif yang dapat digunakan sebagai *filler* pada pembuatan komposit polivinil klorida atau biasa disingkat PVC. Batang pisang sebagai limbah dapat dimanfaatkan menjadi sumber serat agar mempunyai nilai ekonomis. Sebagian orang menyatakan bahwa perbandingan bobot segar antara batang, daun, dan buah pisang berturut-turut 63, 14, dan 23%. Batang pisang memiliki bobot jenis 0,29 g/cm³ dengan ukuran panjang serat 4,20 – 5,46 mm dan kandungan lignin 33,51% (Liu *et al.*, 2015).

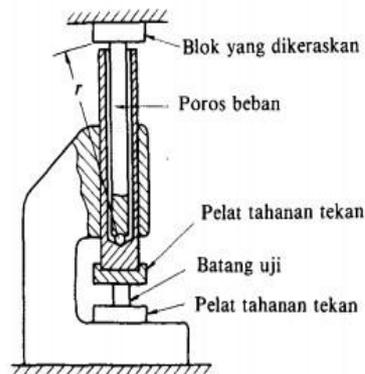


Gambar 2.7 Batang Tanaman Pisang

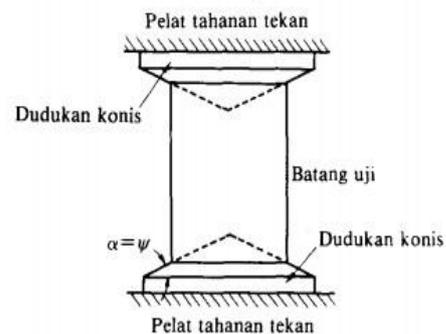
2.12 Pengujian statis

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.

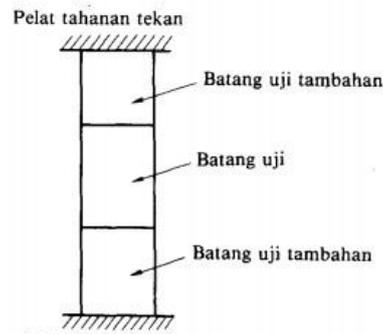
Oleh karena itu yang bekerja hanya gaya aksial saja. Selanjutnya tegangan yang tepat sukar karena batang uji berdeformasi menjadi bentuk tong disebabkan adanya gesekan antara landasan dan batang uji atau terjadi tekukan (buckling), karena itu beberapa percobaan dibuat seperti ditunjukkan dalam baru-baru ini diketemukan bahan yang baik terbuat dari keramik sebagai landasan dari silika, yang memberikan pengaruh. (Harding *et al.*, 1960).



Gambar 2.8. Pengujian tekan disarankan oleh ASTM



Gambar 2.9. Pelat tekan konis sudut gesekan



Gambar 2.10. Alat uji statis

2.13 Tegangan-Regangan Dinamik

Sifat-sifat mekanik material yang dikuantifikasikan salah satunya dengan kuat tarik dapat diperoleh dengan pengujian tarik. Pada pengujian tarik uniaksial atau uji satu arah, benda uji diberi beban atau gaya tarik pada satu arah dan gaya yang diberikan bertambah besar secara kontinu. Pada saat bersamaan benda uji akan bertambah panjang dengan bertambah gaya yang diberikan. Berdasarkan hasil pengujian tarik yaitu berupa data dan perpanjangan, maka dapat dianalisis tegangan, regangan, dan laju regangan, yaitu persamaannya:

2.13.1 Tegangan (Stress)

Tegangan adalah tahanan material terhadap gaya atau beban. Tegangan diukur dalam bentuk gaya per luas. Tegangan dihasilkan dari gaya seperti : tarikan, tekanan atau geseran yang menarik, mendorong, melintir, memotong atau mengubah bentuk potongan bahan dengan berbagai cara Tegangan diberi simbol σ (dibaca sigma). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut (Kaiser, 1998).

$$\sigma_s = \frac{A_0 E \varepsilon_t}{A_s} \quad (2.1)$$

Dimana :

- σ_s = Tegangan spesimen (N/m^2)
- A_0 = Luas penampang awal benda uji (m^2)
- E = Modulus young bar (N/m^2)
- ε_t = Regangan yang di transmisikan pada batang transmisi
- A_s = Area penampang spesimen (m^2)

2.13.2 Regangan (Strain)

Regangan didefinisikan sebagai perubahan ukuran atau bentuk material dari panjang awal sebagai hasil dari gaya yang menarik atau yang menekan pada material. (S.Sharma. 2014)

$$\varepsilon_s = \frac{-2C_0}{L_s} \int_0^t \varepsilon_r dt \quad (2.2)$$

Dimana :

- ε_s = Regangan spesimen
- C_0 = Kecepatan gelombang tegangan untuk Panjang gelombang tak terbatas (m/s^2)
- L_s = Panjang spesimen (m^2)
- ε_r = Regangan yang terjadi pada batang bar yang di transmisikan

2.13.3 Laju Regangan (strain-rate)

Strain rate adalah laju deformasi benda ketika mendapat beban. Efek dari strain rate pada flow stress adalah semakin tinggi strain rate, makin tinggi flow

stress. Efek ini adalah kebalikan dari efek temperature pada flow stress.
(S.Sharma. 2014)

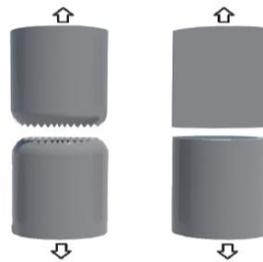
$$\dot{\epsilon}_s = \frac{-2\epsilon_r C_0}{L_s} \quad (2.3)$$

Dimana :

- $\dot{\epsilon}_s$ = Laju regangan spesimen
- ϵ_r = Regangan yang terjadi pada batang bar yang di transmisikan
- C_0 = Kecepatan gelombang tegangan untuk Panjang gelombang tak terbatas (m/s^2)
- L_s = Panjang spesimen (m^2)
- ϵ_r = Regangan yang terjadi pada batang bar yang di transmisikan

2.14 Jenis Perpatahan Material

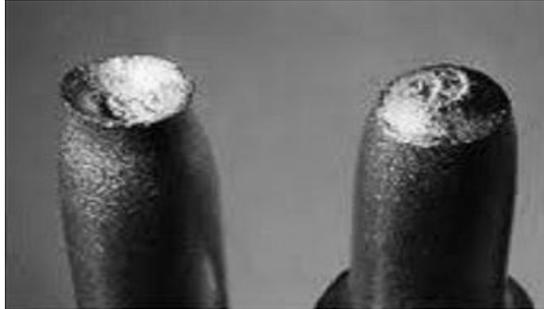
Sampel hasil pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa tampilan perpatahan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6:



Gambar 2.11 Mekanisme perpatahan.(Hau *et al.*, 2011)

2.14.1 Perpatahan Ulet (Ductile Fracture)

Patah ductile terjadi apabila material logam pada saat patah mengalami Terjadi deformasi plastis yang cukup besar sebelum patah, Penampang melintang di daerah patahan biasanya berkurang karena pengecilan penipisan (necking), Terjadi patahan retak berjalan lambat .Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7:



Gambar 2.12 Perpatahan Ulet.

2.14.2 Perpatahan Getas

Perpatahan getas memiliki ciri-ciri mempunyai ciri-ciri yang berbeda dengan perpatahan ulet. pada saat patah tidak mengalami perubahan bentuk plastis atau pengecilan penampang. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8:



Gambar 2.13 Perpatahan Brittle.

BAB 3 METODOLOGI DAN PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan pengujian pengaruh kekuatan statis uji tekan pembebanan berulang perlu di perhatikan dalam penulisan skripsi ini. 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

waktu pengerjaan pelaksanaan pengujian data statis ini di mulai dari persetujuan yang di berikan oleh pembimbing I dan II yaitu bapak Dr.Eng.Rakhmad Arief Siregar dan Bapak Muhammad Yani.,S.,T.,M.,T. Dapat dilihat pada table 3.1 dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan di bawah ini

Tabel 3.1:Timeline Kegiatan

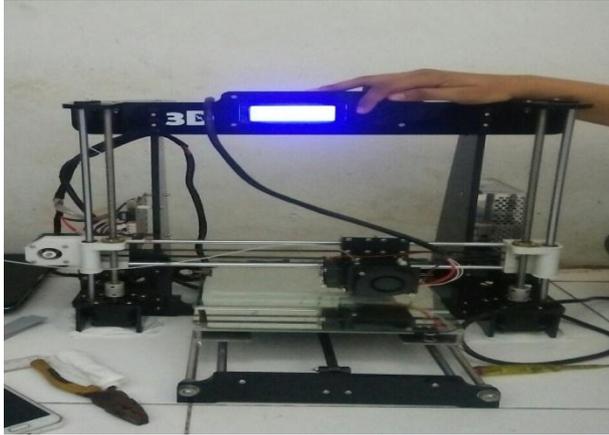
| No | KEGIATAN | NOV | DES | MARET | MEI | JULI | AUG | JAN |
|----|---------------------------|-----|-----|-------|-----|------|-----|-----|
| 1 | PENGAJUAN JUDUL | | | | | | | |
| 2 | STUDI LITERATUR | | | | | | | |
| 3 | PENYEDIAAN BAHAN SPESIMEN | | | | | | | |
| 4 | PEMBUATAN SPESIMEN | | | | | | | |
| 5 | PELAKSANAAN PENGUJIAN | | | | | | | |
| 6 | PENYELESAIAN | | | | | | | |

3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

a. Mesin 3D Printing

3D printing ini berfungsi sebagai alat untuk pencetak spesimen panel *sandwich* dari pilamen.



Gambar 3.1 mesin 3D Printing

b. Mesin Uji Statis

Alat ini merupakan mesin atau alat pengujian yang berfungsi untuk menguji spesimen yang saya buat di penulisan skripsi ini dalam bentuk pengujian tekan.



Gambar 3.2 Mesin uji statis

c. PC/Komputer

Spesifikasi komputer yang digunakan dalam uji statis ini adalah sebagai berikut

1. Processor : Intel(R) Core(TM) CPU 1.70 GHz
2. RAM : 2.00 GB ddr3
3. Operation system : windows 7 pro 64 bit operation system



Gambar 3.3 Pc/Komputer

3.2.1 Bahan Pengujian uji tekan statis

Adapun jenis dan bahan yang di gunakan pada saat akan dilakukan pengujian adalah tumbuhan beruas berupa batang pisang dan filament PLA

a. Batang pisang

Dalam pengujian penulisan skripsi ini bahan utama yang akan digunakan adalah tumbuhan/batang pisang karena, memiliki ruas dan rongga dengan diameter 100mm dan panjang 150mm.



Gambar 3.4 batang pisang

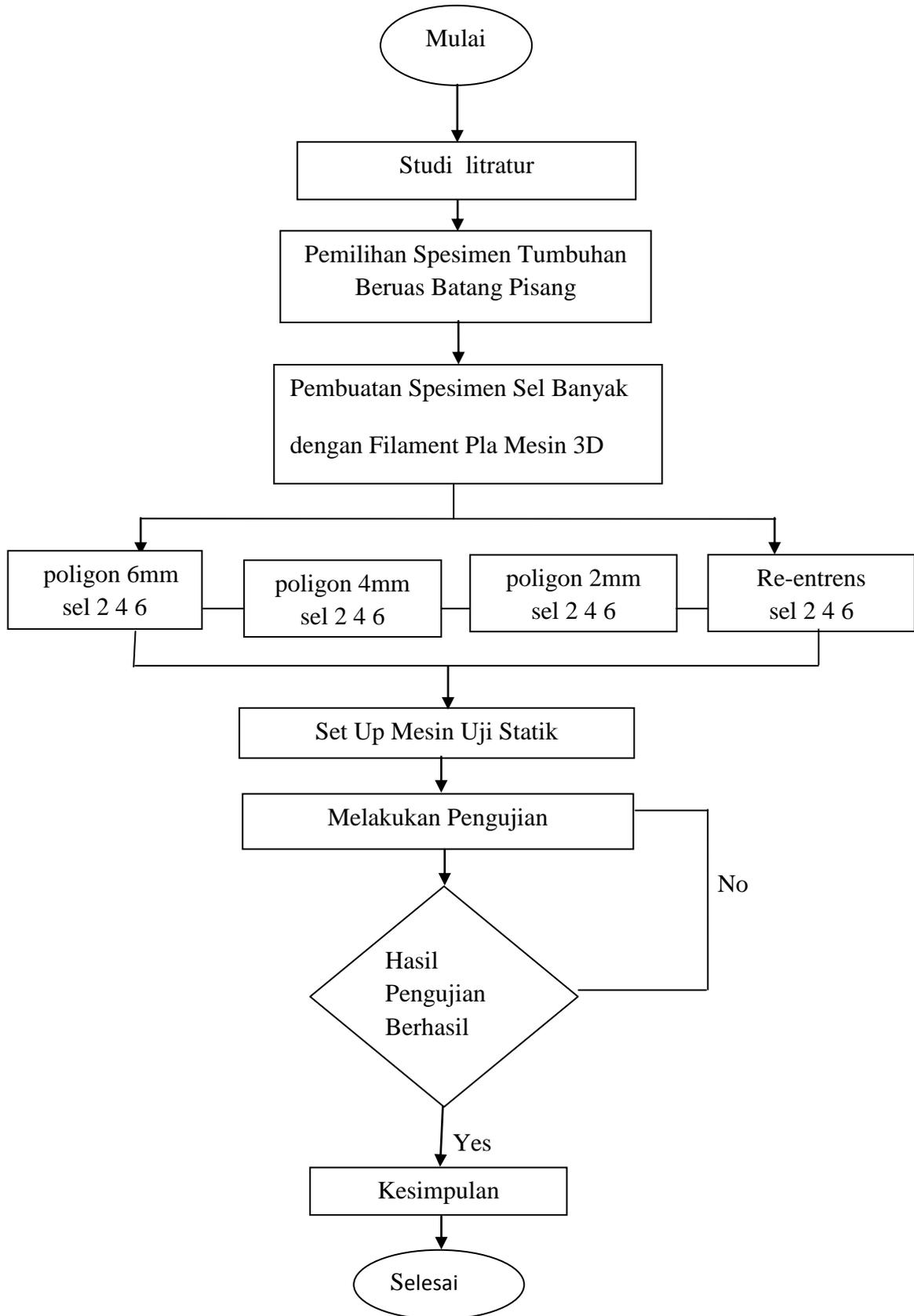
b. Filamen Pla 3D Printing

Filamen ini berfungsi untuk sebagai bahan dasar untuk membuat spesimen panel *sandwich* yang sudah di rancang.



Gambar 3.5 Filamen 3D Printing

3.3 Diagram alir



Gambar 3.6 Diagram alir

3.4 Prosedur Pengujian Tekan Statis

Pengujian tekan statis adalah bertujuan untuk mengukur dan mengetahui kekuatan tekan, patahan spesimen.

3.4.1 Alat Dan Bahan Penelitian

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

- Mesin uji statis

Alat ini merupakan mesin atau alat pengujian yang berfungsi untuk menguji kekuatan patahan/lenyotan spesimen pada saat pengujian tekan.



Gambar 3.7 Alat Uji Statis

3.4.2 Bahan Pengujian Statis

Adapun bahan yang digunakan untuk uji statik pada saat dilakukan pengujian tekan adalah. Tumbuhan beruas berupa batang pisang dengan ukuran Diameter 10cm dan panjang 15cm.



Gambar 3.8 Spesimen Uji Statis

3.5 Pengujian Tekan Statis

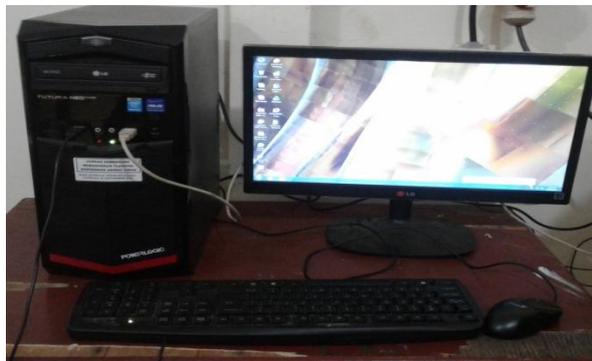
1. Mempersiapkan alat uji serta bahan-bahan yang akan digunakan untuk melakukan pengujian.

2. Meletakkan spesimen ke meja dudukan spesimen.



Gambar 3.9 Pengujian Spesimen

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



Gambar 3.10 Input Data ke PC

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

3.6 Pengujian Gerak Jatuh Bebas

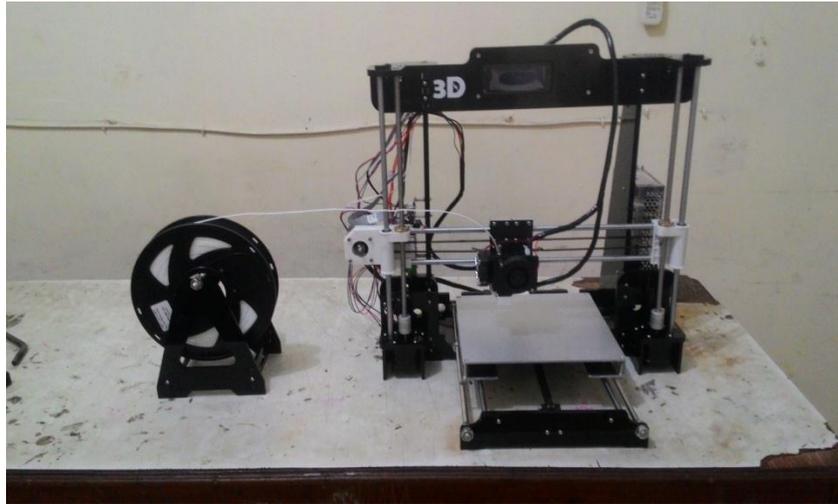
Pengujian gerak jatuh bebas adalah bertujuan untuk menguji ketahanan suatu bahan material atau spesimen, dengan menggunakan beban yang digantungkan dari ketinggian tertentu dan kemudian dijatuhkan bebas dengan menggunakan sumber energi gaya gravitasi bumi yang kemudian menghantam bahan atau material yang diuji. Nilai keluaran dari hasil pengujian ini dihitung dengan menggunakan sensor *load cell*.

3.6.1 Alat Dan Bahan Penelitian

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

a. Mesin 3D Printing

3D Printing ini berfungsi untuk mencetak spesimen Panel *Sandwich* dari filament



Gambar 3.11 Mesin 3D Printing

b. Mesin Uji Impact Vertikal

Alat ini merupakan mesin atau alat pengujian yang berfungsi untuk menguji ketahanan spesimen pada saat pengujian gaya jatuh bebas.

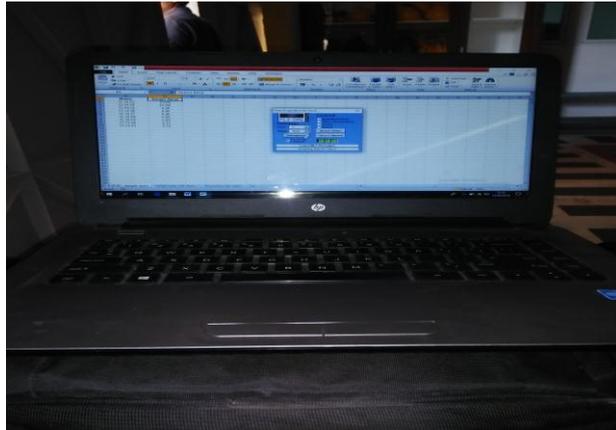


Gambar 3.12 Alat Uji Gerak Jatuh Bebas

c. Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam studi numeric ini adalah sebagai berikut

4. Processor : Intel(R) Core(TM) i3-4005 CPU 1.70 GHz
5. RAM : 2.00 GB
6. Operation system : windows 10 pro 64 bit operation system



Gambar 3.13 Laptop

d. Arduino

Software Arduino merupakan sebuah board mikrokontroler yang dikontrol penuh oleh Atmega 382. Arduino mempunyai 14pin digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM).



Gambar 3.14 Arduino

e. 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 3.15 Load cell

f. Beban Penekan

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



Gambar 3.16 Beban penekan

3.7 Bahan Pengujian Gerak Jatuh Bebas

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

a. Filament Pla 3D Printi

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



Gambar 3.17 Filament Pla 3D Printing

b. Poligon 6mm

dengan ukuran ketebalan polygon dalam 0.50mm,dan panjang 0.75mm yang dibuat dengan berbahan filament Pla Mesin 3D Printer dapat kita lihat tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 3.2 ukuran Polygon 6mm.

| Panjang (mm) | Lebar (mm) | Ketebalan Diameter (mm) | Jumlah Sel |
|--------------|------------|-------------------------|------------|
| 17,2 | 6 | 0,5 | 2 |
| 17,2 | 6 | 0,5 | 3 |
| 17,2 | 6 | 0,5 | 4 |



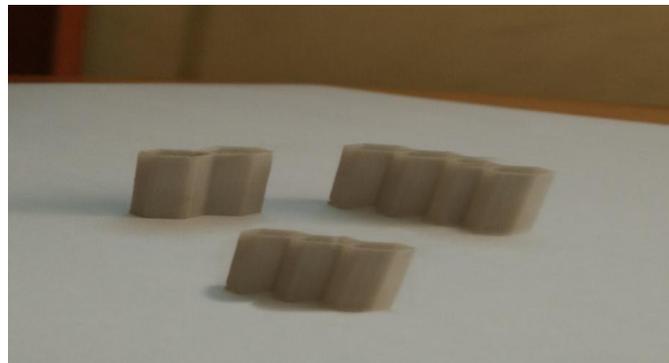
Gambar 3 18. polygon 6mm

c. Polygon 4mm

Polygon 4mm dengan ukuran ketebalan polygon dalam 0,5 mm, memiliki panjang 17,2 mm, yang dibuat dengan berbahan filament Pla Mesin 3D Printer dapat kita lihat tabel dan gambar sebagai berikut.

Tabel 3.3 ukuran Polygon 4mm

| Panjang (mm) | Lebar (mm) | Ketebalan Diameter (mm) | Jumlah Sel |
|--------------|------------|-------------------------|------------|
| 17,2 | 4 | 0,5 | 2 |
| 17,2 | 4 | 0,5 | 3 |
| 17,2 | 4 | 0,5 | 4 |



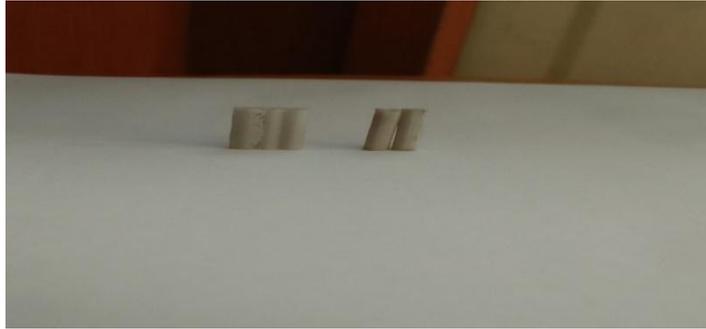
Gambar 3.19 Polygon 4mm

d. Polygon 2mm

Polygon 2mm dengan ukuran ketebalan polygon dalam 0,5 mm, memiliki panjang 17,2 mm, yang dibuat dengan berbahan filament Pla Mesin 3D Printer dapat kita lihat tabel dan gambar sebagai berikut.

Tabel 3.4 ukuran Polygon 2mm

| Panjang (mm) | Lebar (mm) | Ketebalan Diameter (mm) | Jumlah Sel |
|--------------|------------|-------------------------|------------|
| 17,2 | 2 | 0,5 | 2 |
| 17,2 | 2 | 0,5 | 3 |
| 17,2 | 2 | 0,5 | 4 |



Gambar 3.20 polygon 2mm

e. Re-entrens

Re-entrens dengan ukuran ketebalan dalam 0,5mm, memiliki panjang 17,2 mm, yang dibuat dengan bahan filament Pla Mesin 3D Printer dapat kita lihat tabel dan gambar sebagai berikut.

Tabel 3.5 ukuran Re-entrens

| Panjang (mm) | Lebar (mm) | Ketebalan diameter (mm) | Jumlah Sel |
|--------------|------------|-------------------------|------------|
| 17,2 | 2 | 0,5 | 2 |
| 17,2 | 2 | 0,5 | 3 |
| 17,2 | 2 | 0,5 | 4 |



Gambar 3.21 Re-entrens

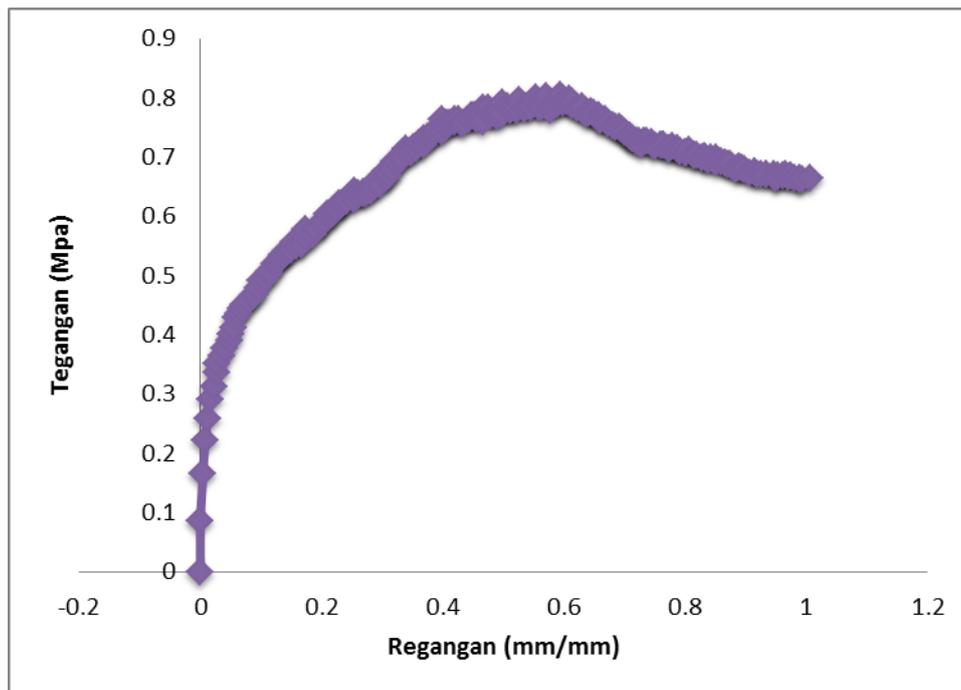
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

Setelah melakukan penelitian pengujian ini, spesimen dibuat dengan ukuran yang ber diameter 100 mm dan panjang 150 mm, maka dapat lah data yang di inginkan.

4.2 Hasil Pengujian tekan statis

pada pengujian statik dengan batag pisang diameter 100mm dan panjang 150mm. Dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini. Gambar 4.1 Grafik regangan tegangan Pengujian statik



Gambar 4.1 Grapik Pengujian batang pisang

- a. Spesimen (batang pisang) sebelum di uji



Gambar 4.2 Spesimen batang pisang sebelum diuji

- b. spesimen (batang pisang) sesudah di uji



Gambar 4.3 spesimen batang Pisang sesudah di uji

4.3 Hasil pengujian uji statis

Setelah pengujian yang telah dilakukan dimana pengujian di lakukan dengan menggunakan spesimen berbahan filament pla dengan uji statis, pengujian di lakukan satu persatu dan hasil dapat dilihat dari data tabel dan data grafik microsof excel, berikut beberapa gambar sebelum dan sesudah setelah dilakukan pengujian statis.

4.3.1 Polygon 6mm sel 2 Sebelum dan sesudah u uji

a. spesimen poligon 6mm sel 2 sebelum dan sesudah di uji dengan diameter 0,6 mm dengan panjang 17,2 mm.

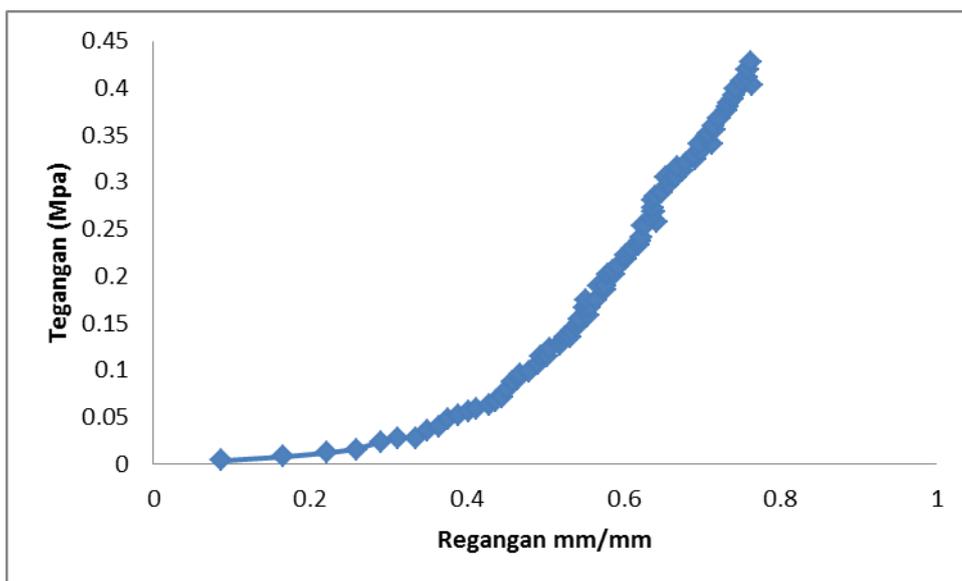


Gambar 4.4 sebelum di uji



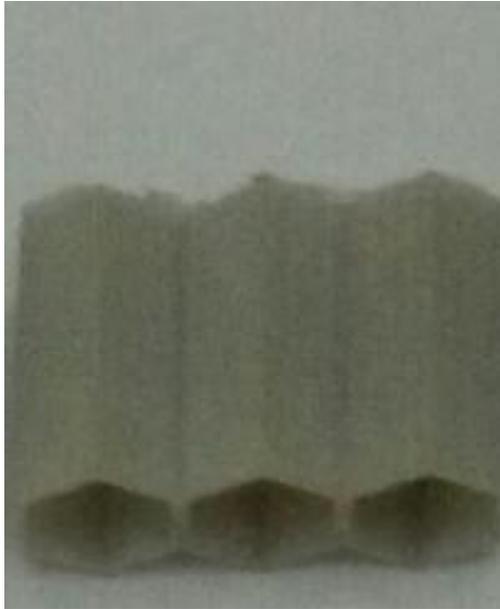
gambar 4.5 sesudah di uji

Maka setelah dilakukan pengujian dapat kita lihat hasil dari uji tekan dinamis dengan mengkonversi ke microsofword excel dengan tegangan sebesar 0,45 (Mpa) dan regangan 0,8 (Mm/mm) yang dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar. 4.6 grafik hasil poligon 6mm sel 2

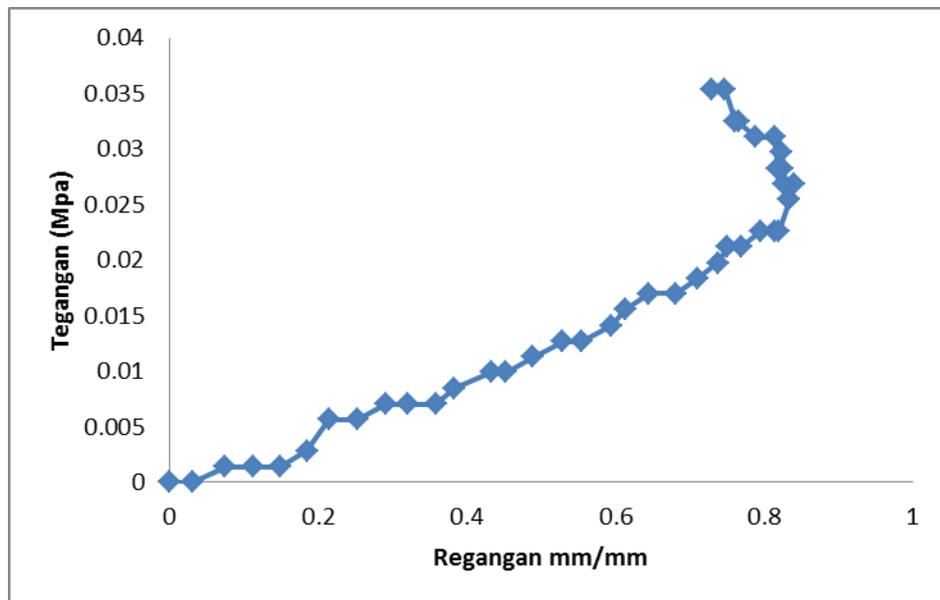
4.3.2 Hasil uji statis Polygon 6mm sel 3sebelum dan sesudah di uji.



Gambar 4.7 sebelum di uji



gambar 4.8 sesudah di uji



Gambar 4.9 grafik hasil uji poligon 6mm sel 3

Untuk pengujian uji tekan dinamis poligon 6mm sel 2 dapat di lihat hasil tegangan sebesar 0,035(Mpa) dan regangan sebesar 0.7 (Mm/mm) dapat kita lihat pada gambar diatas dalam bentuk grafik excel pada di atas.

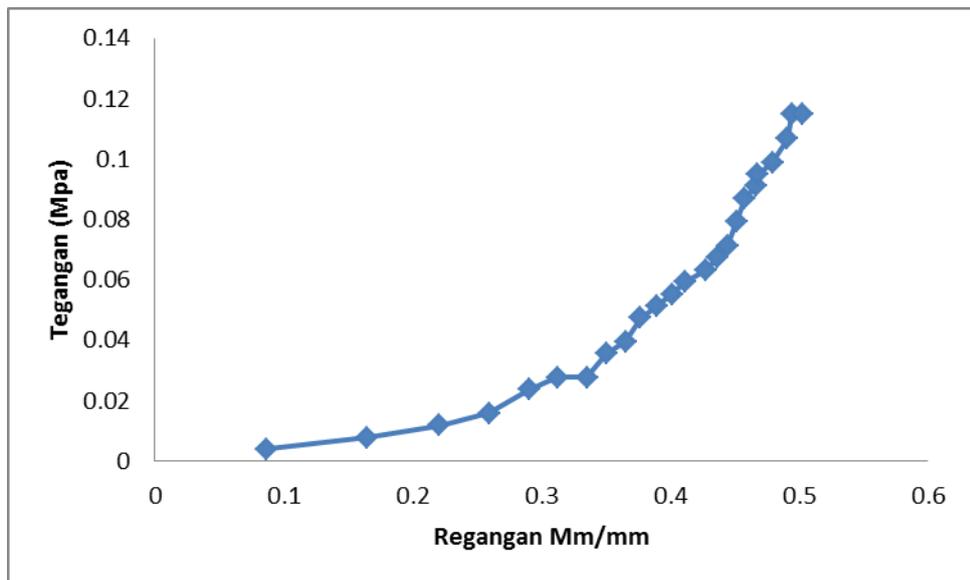
4.3.3 Hasil uji statis polygon 6mm sel 4



Gambar 4.10 sebelum di uji



Gambar 4.11 sesudah di uji



Gambar 4.12 Grapik hasil uji poligon 6mm sel 4

Maka setelah dilakukan pengujian dapat kita lihat hasil dari uji tekan dinamis adengan mengkonversi ke microsofword excel dengan tegangan sebesar 0,12 (Mpa) dan regangan 0,5 (Mm/mm) yang dapat di lihat pada gambar di bawah ini.

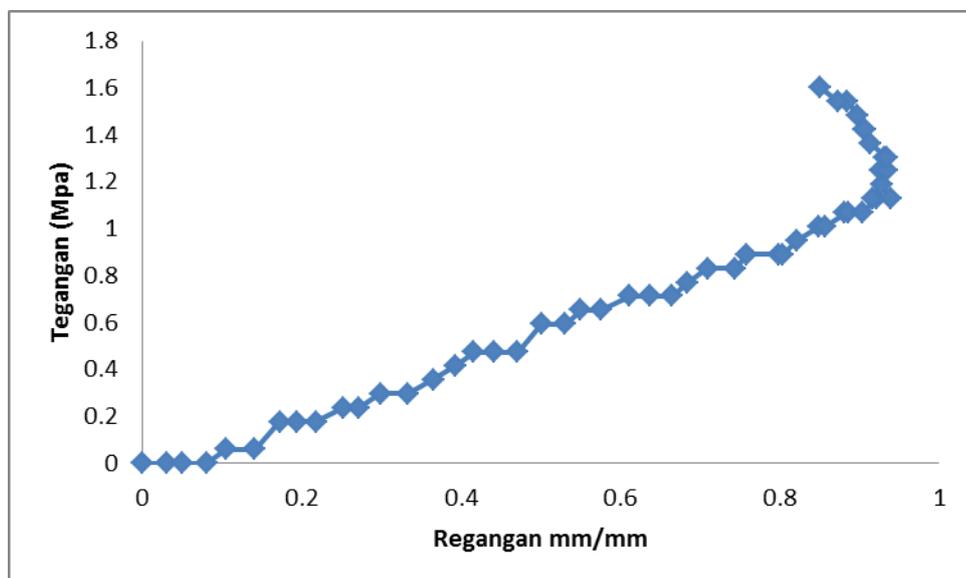
4.3.4 Hasil uji statis polygon 4mm sel 2 sebelum dan sesudah, di spesimen ini berbeda dengan di atas polygon ini berdiameter 15 mm dan panjang 17,2 mm.



Gambar.4.13 sebelum di uji



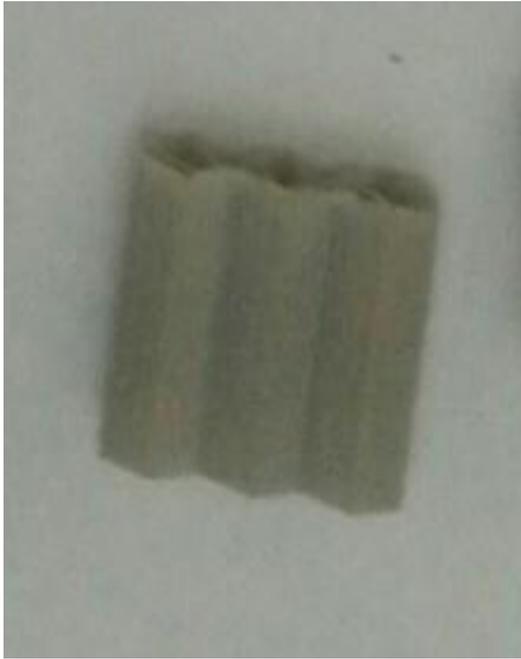
Gambar.4.14. Sesudah di uji



Gambar.4.15 grafik hasil uji poligon 4mm sel 2.

Maka pada pengujian uji tekan dinamis ini dapat di lihat hasil tegangan sebesar 1,6 (Mpa) dan regangan 0,8 (Mm/mm) yang di buat dengan Microsoft excel.

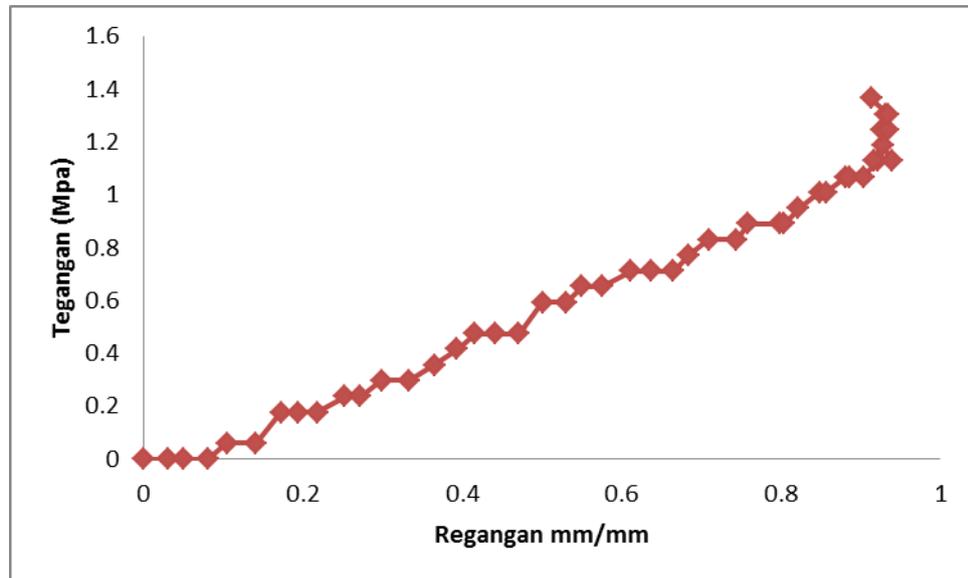
4.3.5 Hasil uji statis polygon 4mm sel 3 sebelum dan sesudah di uji.



Gambar.4.16.Sebelum di uji



Gambar.4.17. Sesudah di uji



Gambar.4.18. grafik hasil uji polygon 4mm sel 3

Maka pada pengujian uji tekan dinamis ini dapat di lihat hasil tegangan sebesar 1,4(Mpa) dan regangan 0,8 (Mm/mm) yang di buat dengan Microsoft excel.

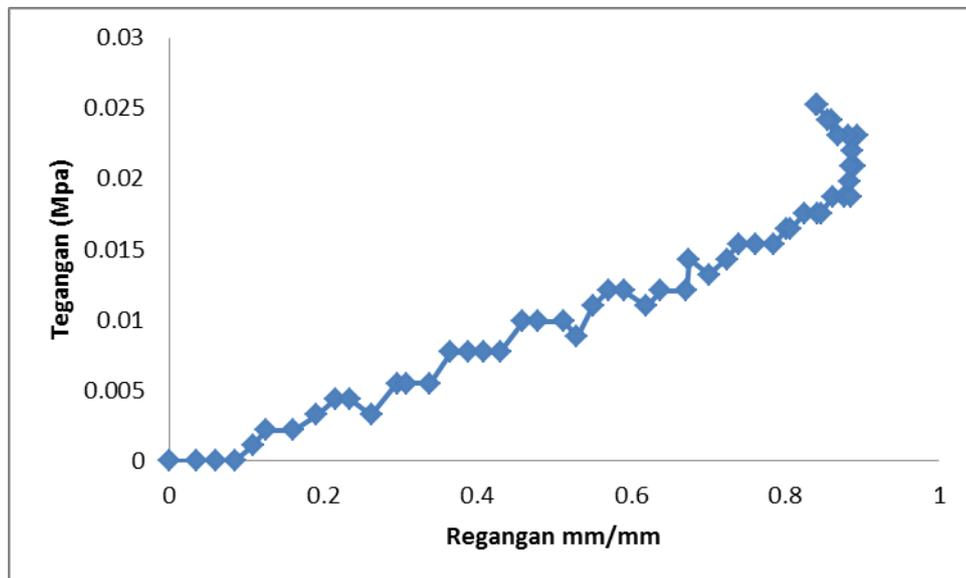
4.3.6 hasil uji statis polygon 4mm sel 4 sebelum dan sesudah di uji tekan dinamis.



Gambar4.19.sebelum di uji



Gambar4.20. Sesudah di uji



Gambar.4.21.Grapik hasil uji polygon 4mm sel 4

Dan pada pengujian uji tekan dinamis ini dapat di lihat hasil tegangan sebesar 0.0025 (Mpa) dan regangan 0,8 (Mm/mm) yang di buat dengan Microsoft excel.

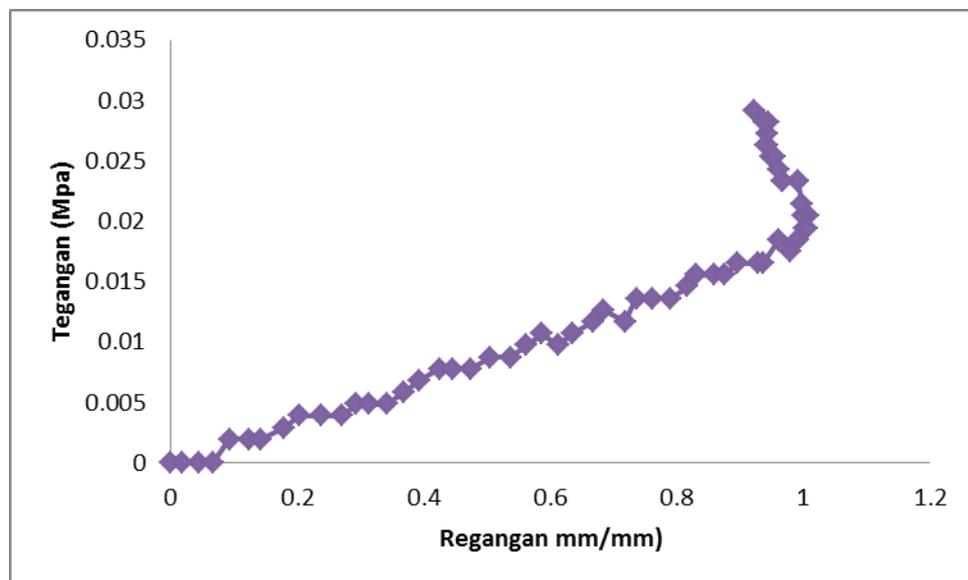
4.3.7 Hasil statik uji polygon 2mm sel 2 sebelum dan sesudah di uji pada diameter 0,2 mm dan panjang 17,2 mm.



Gambar 22. Sebelum di uji



Gambar. 23.Sesudah di uji



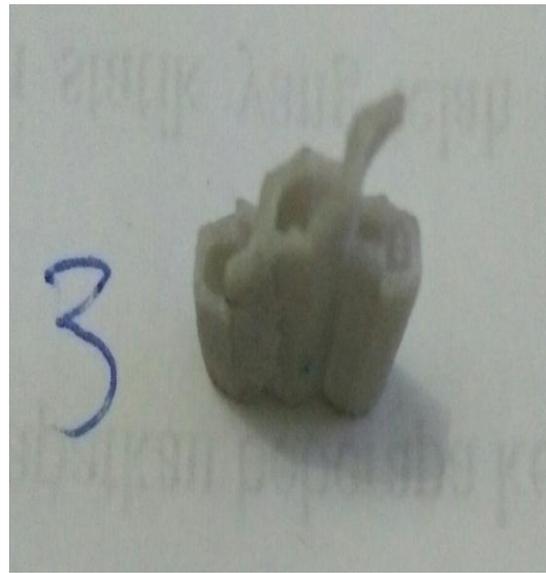
Gambar 4.24 hasil grafik polygon 2mm sel2

Maka pada pengujian uji tekan dinamis ini dapat di lihat hasil tegangan sebesar 0.03 (Mpa) dan regangan 10 (Mm/mm) yang di buat dengan Microsoft excel.

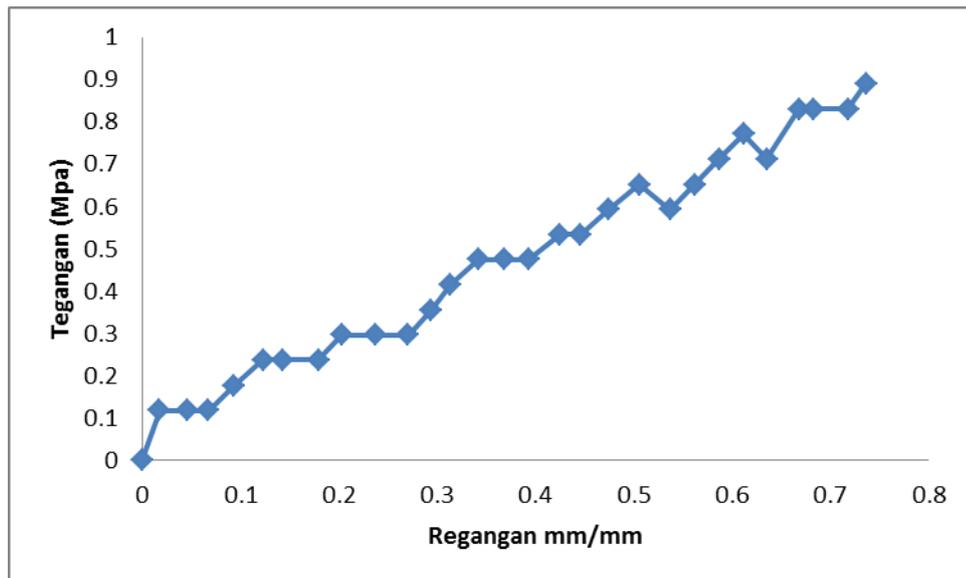
4.3.8 hasil uji static polygon 2mm sel 3 sebelum dan sesudah di uji



Gambar.4.25.Sebelum uji



Gambar 4.26 Sesudah di uji



Gambar 4.27 Hasil grafik polygon 2mm sel3

Maka pada pengujian uji tekan dinamis ini dapat di lihat hasil tegangan sebesar 0.09 (Mpa) dan regangan 0,7 (Mm/mm) yang di buat dengan Microsoft excel.

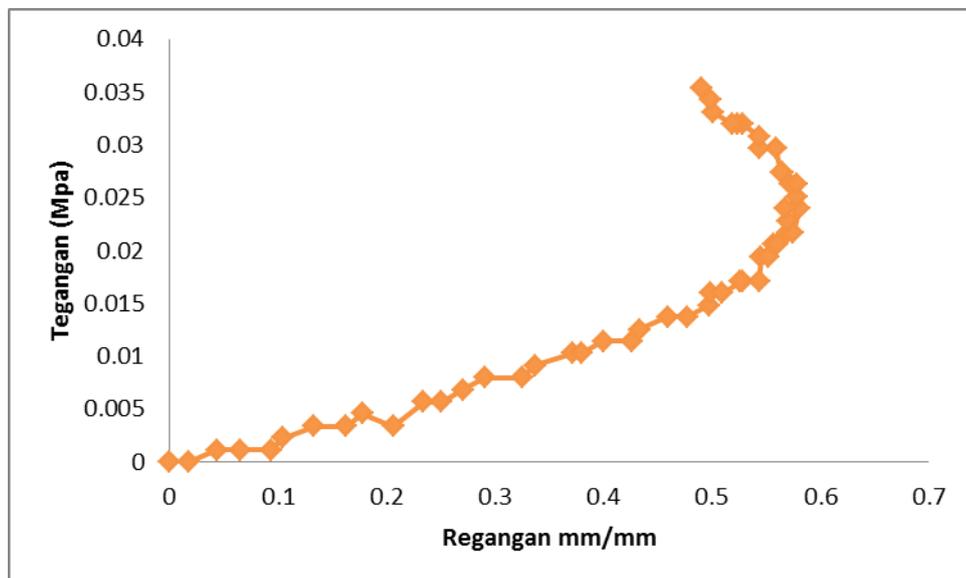
4.3.9 hasil uji statis polygon 2mm sel 4.sebelum dan sesudah di uji.



Gambar.4.28 Sebelum di uji



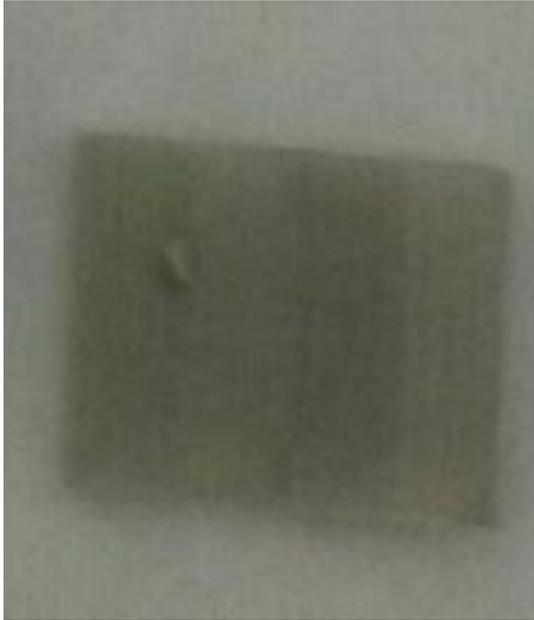
Gambar.4.29.Sesudah di uji



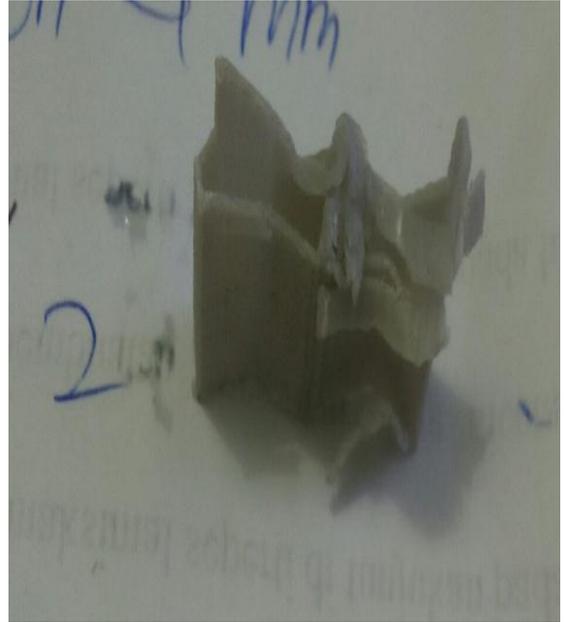
Gambar 4.30 Hasil grafik polygon 2mm sel2

Maka pada pengujian uji tekan dinamis ini dapat di lihat hasil tegangan sebesar 0.0035 (Mpa) dan regangan 0,6 (Mm/mm) yang di buat dengan Microsoft excel dan ini terakhir spesimen berbentuk polygon dari batang pisang.

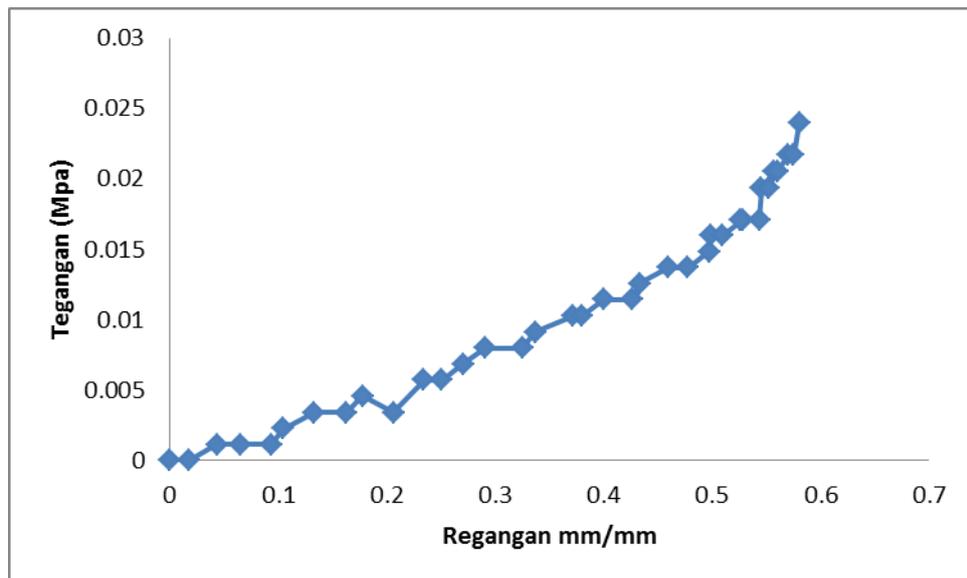
4.3.10 hasil uji statis re-entrens sel 2 sebelum dan sesudah di uji



Gambar.4.31 Sebelum di uji



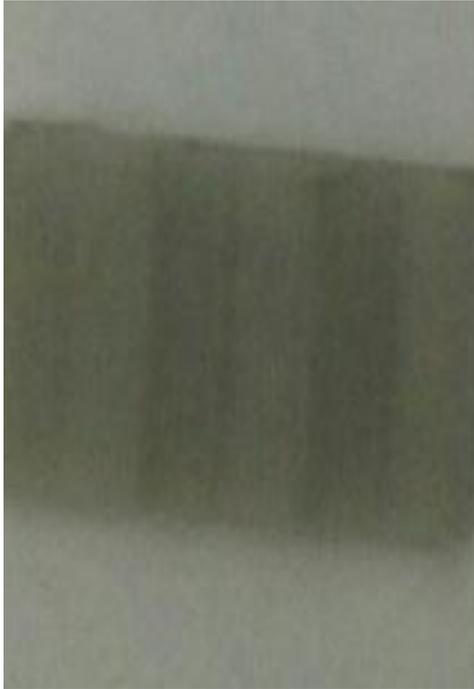
Gambar.4.32 Sesudah di uji



Gambar.4.33. Grapik hasil re-entrens sel 3

Maka pada pengujian uji tekan dinamis ini dapat di lihat hasil tegangan sebesar 0.025 (Mpa) dan regangan 0,55 (Mm/mm) yang di buat dengan Microsoft excel.

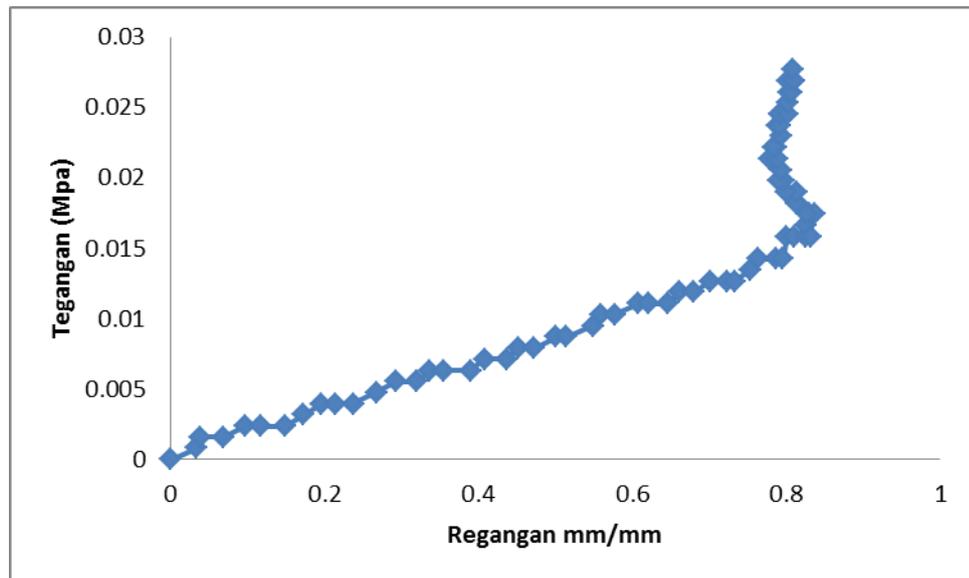
4.3.11 Re-entrens sel 3 sebelum dan sesudah di uji



Gambar.4.34 sebelum di uji



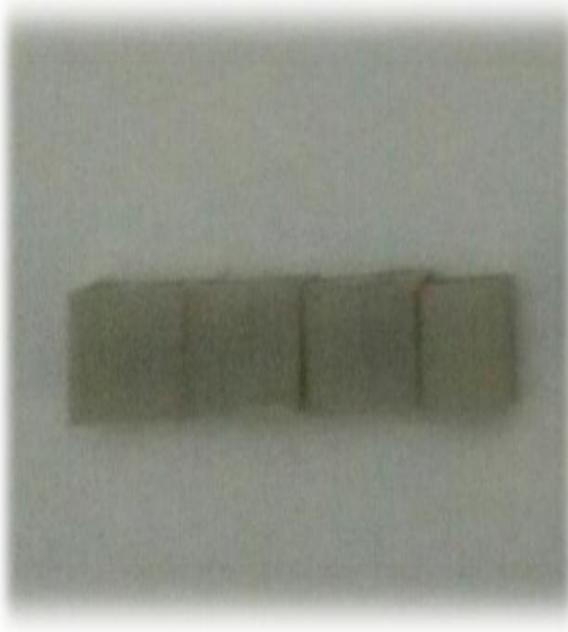
Gambar.4.35 sesudah di uji



Gambar.4.36. Grapik hasil re-entrens sel

Maka pada pengujian uji tekan dinamis ini dapat di lihat hasil tegangan sebesar 0.3 (Mpa) dan regangan 0.8 (Mm/mm) yang di buat dengan Microsoft excel.

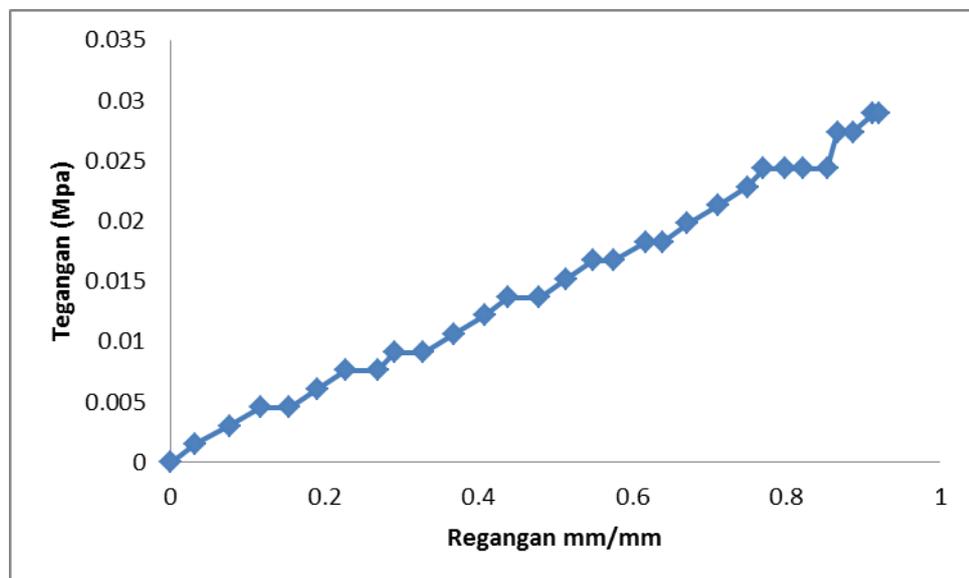
4.3.12 hasil uji statis re-entrens sel 4



Gambar.4.37 sebelum di uji



Gambar.4.38 sesudah di uji



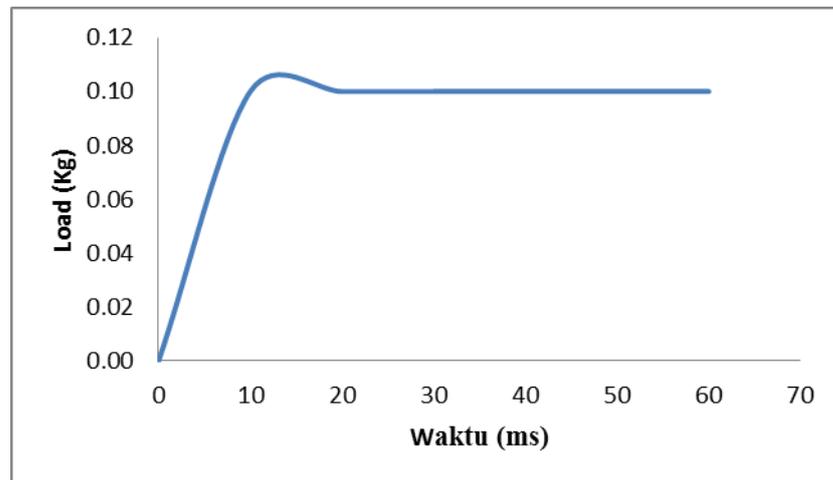
Gambar.4.39. Grapik hasil re-entrens sel 4

Maka pada pengujian uji tekan dinamis ini dapat di lihat hasil tegangan sebesar 0.3 (Mpa) dan regangan 1 (Mm/mm) yang di buat dengan Microsoft excel.

4.4 Hasil Pengujian Gerak Jatuh Bebas

a. Hasil Pengujian Poligon 6mm sel 2

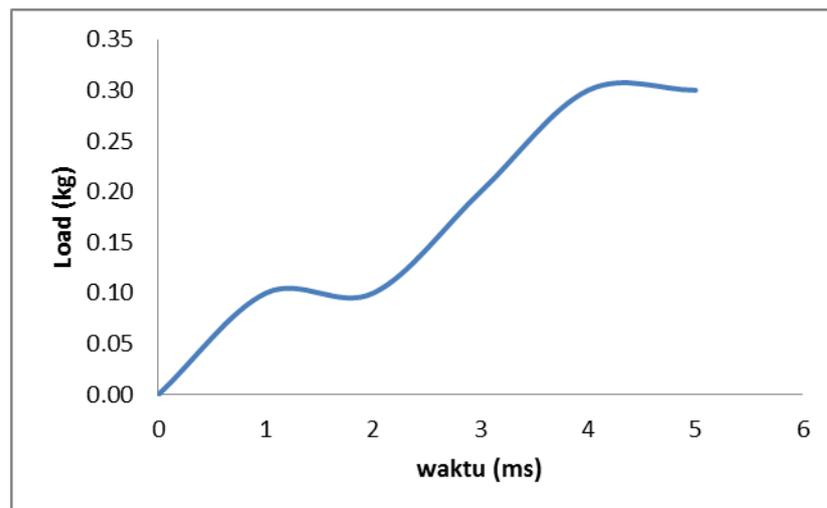
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.9. Terlihat beban tekan dengan nilai tertinggi



Gambar 4.40 Hasil grafik pengujian poligon 6mm sel 2

b. Hasil Pengujian poligon 6mm sel 3

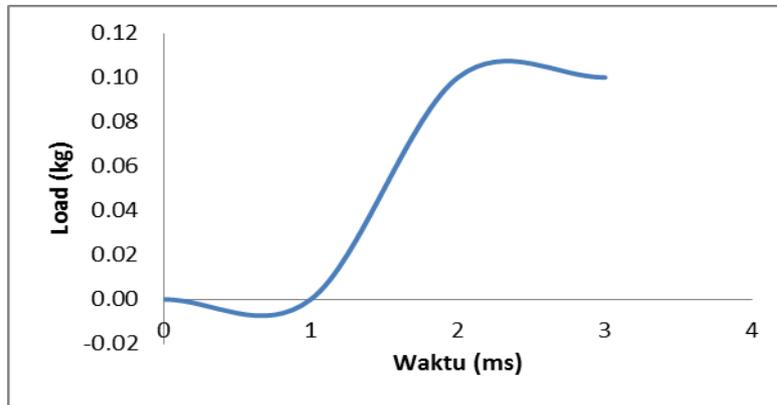
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.41 Hasil grafik pengujian poligon 6mm sel 3

c. Hasil Pengujian poligon 6mm sel 4

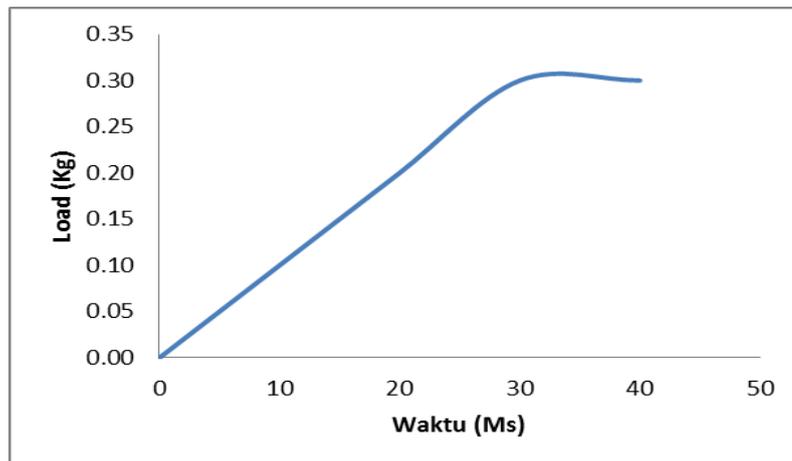
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.42 Hasil grafik poligon 6mm sel4

d. Hasil Pengujian Poligon 4mm sel 2

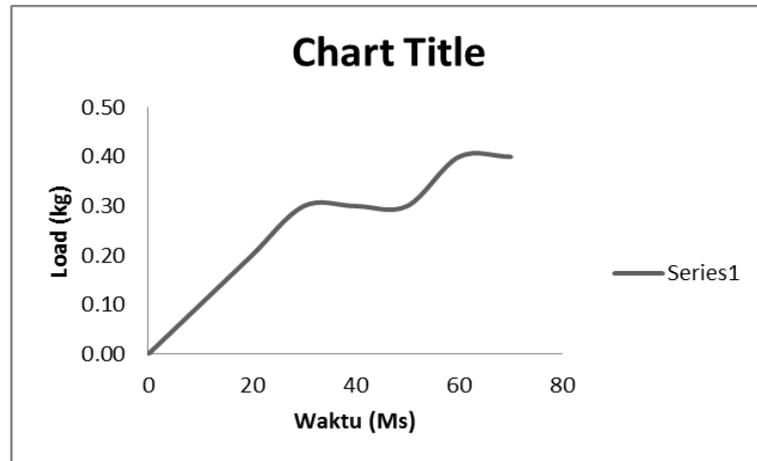
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.43 Hasil grafik poligon 4mm sel2

e. Hasil Pengujian Poligon 4mm sel 3

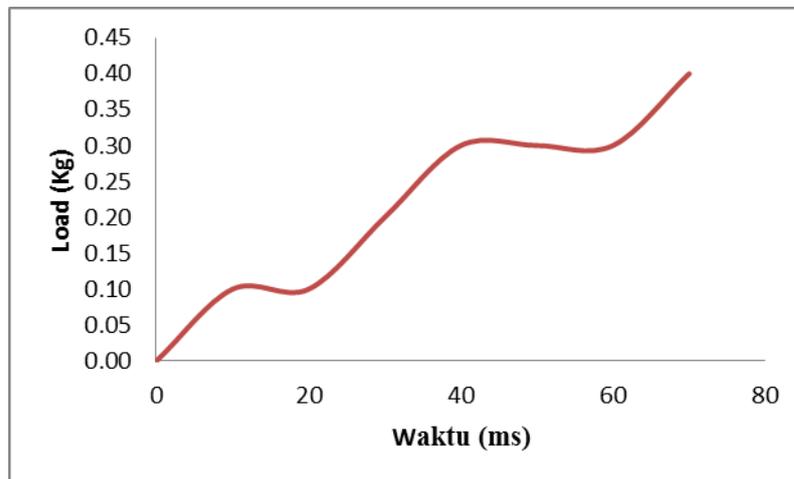
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.44 Hasil grafik polgon 4mm sel3

f. Hasil Pengujian Poligon 4mm sel 4

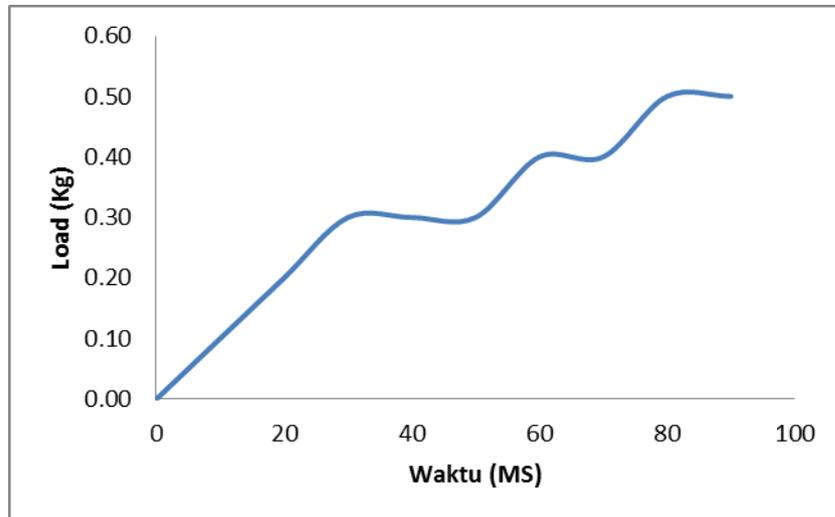
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.45 Hasil grafik polgon 4mm sel

g. Hasil Pengujian Poligon 2mm sel 2

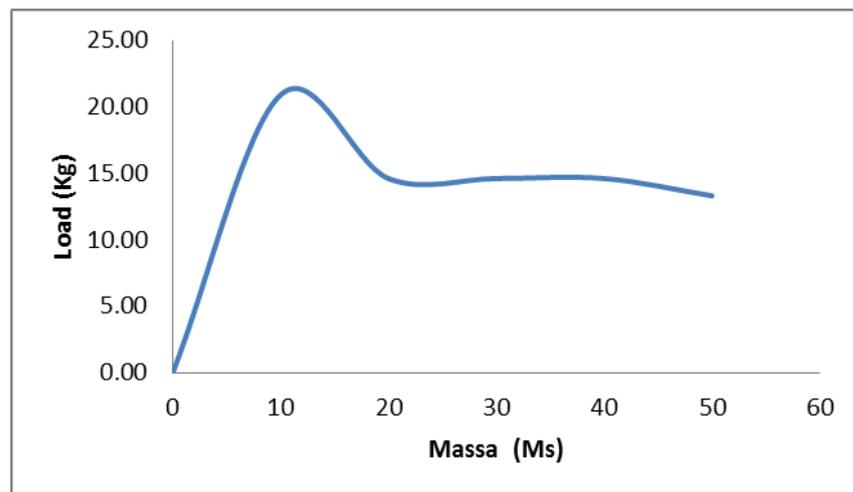
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.46 Hasil grafik polgon 6mm sel2

h. Hasil Pengujian Poligon 2mm sel 3

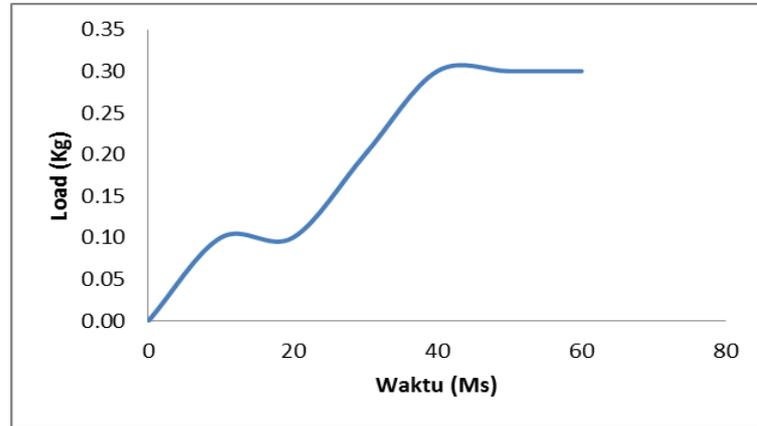
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.47 Hasil grafik polgon 4mm sel 3

i. Hasil Pengujian Poligon 2mm sel 4

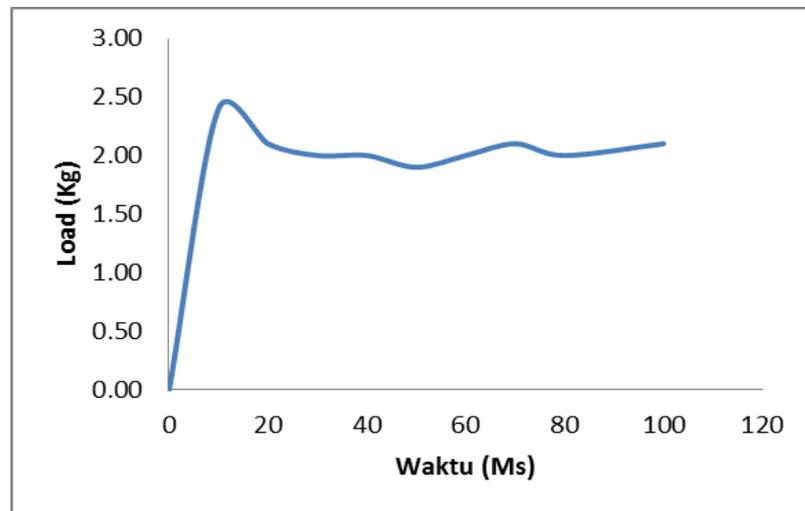
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.48 Hasil grafik polgon 2mm sel 4

j. Hasil Pengujian Re-entrens sel 2

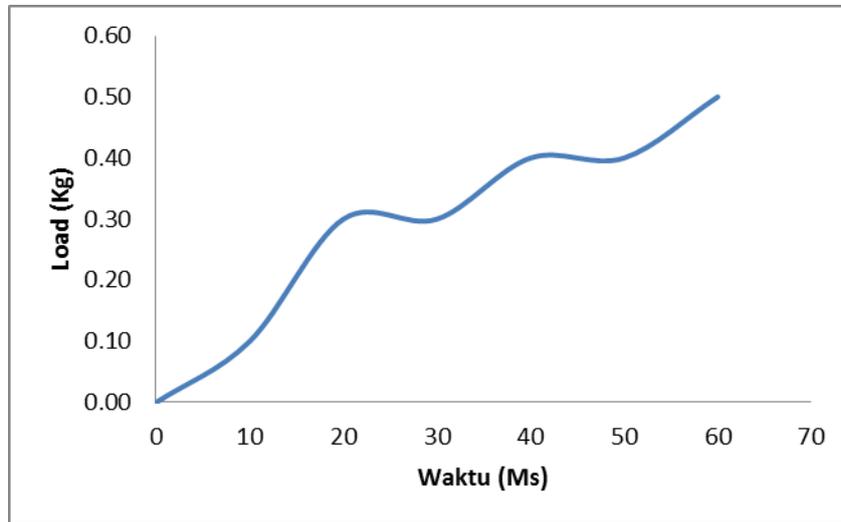
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.49 Hasil grafik Re-entrens sel 2

k. Hasil Pengujian Re-entrens sel 2

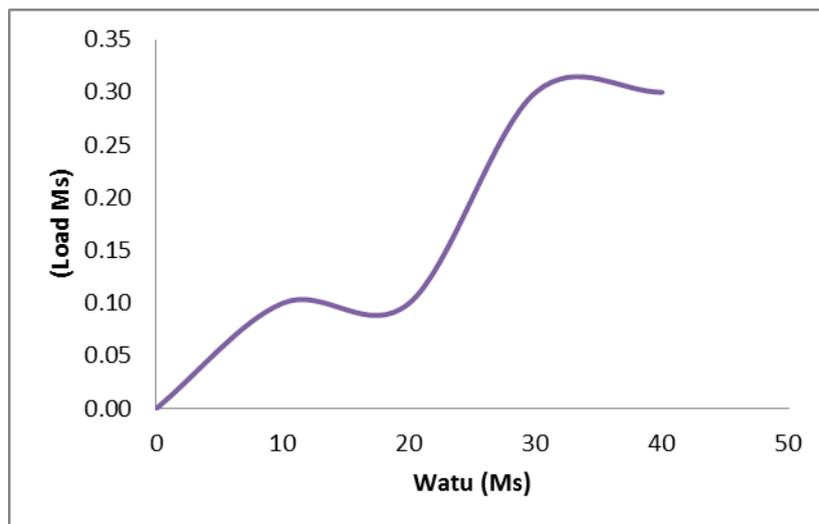
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.50 Hasil grafik Re-entrens sel 3

l. Hasil Pengujian Re-entrens sel 4

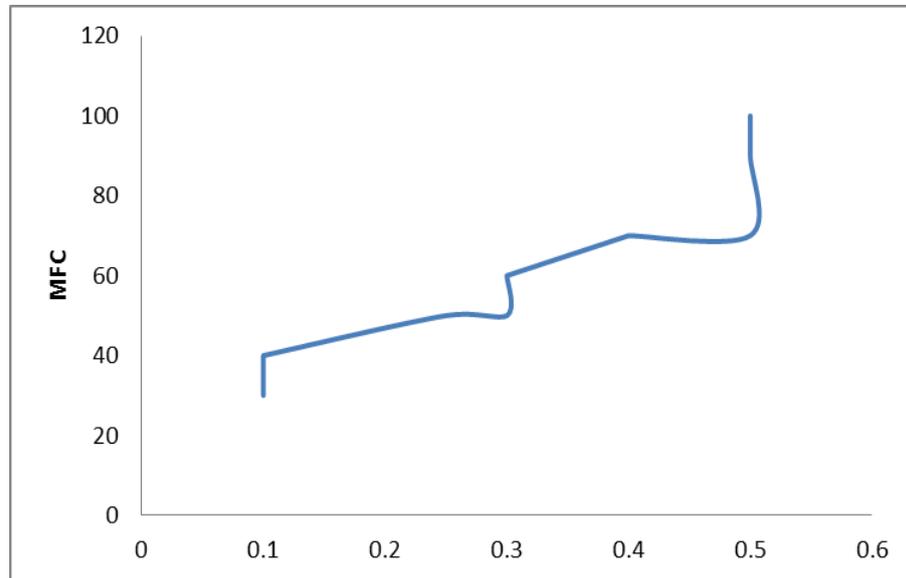
Setelah dilakukan pengujian spesimen ukuran diameter ketebalan 0,5 mm. Didapat hasil nilai beban tekan dengan waktu dan grafik beban tekan yang dapat dilihat pada gambar grafik.



Gambar 4.51 Hasil grafik Re-entrens sel 4

4.5 Hasil Perbandingan MFC (*Mean force Crushing*)

Berikut dibawah ini adalah hasil perbandingan beban dan waktu mfc (*Mean Crushing Forces*), pengujian gerak jatuh bebas pada spesimen poligon 6mm 4mm 2mm dan re-entrens



Gambar 4.52 Hasil grafik Perbandingan MFC Time/Waktu (ms)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada pengujian uji statik dengan beberapa spesimen yang berbeda-beda bahwa bisa dapat disimpulkan:

- a) Bahwa spesimen yang telah dibuat sesuai dengan yang dirancang dan berkerja dengan maksimal seperti di tunjukan pada hasil pengujian.
- b) Analisa pengujian spesimen berupa rongga pisang dapat di gambar melalui aplikasi catia dan di cetak dalam bentuk spesimen dan di bentuk dalam mesin 3D printer.
- c) Dapat kita lihat nilai tegangan dan regangan dalam uji tekan statis.
- d) Dapat kita lihat nilai waktu dan massa pada pengujian gerak jatuh bebas.
- e) Disini dapat kita lihat perbandingan jumlah sel dalam bentuk mean force crushing (MFC) waktu dan massa dalam bentuk grapik.
- f) Disni spesimen di cetak menggunakan filament PLA dan bisa juga di gunakan dengan spesimen ABS jika di perlukan.

5.2 Saran

adapun beberapa saran yang perlu di sampaikan oleh penulis ialah:

Peneliti berharap *honeycomb* ini dapat di kembangkan dengan variasi- variasi jumlah sel yang berbeda dari sebelum nya agar dapat maksimal dalam penelitian uji statis *honeycomb* ini.

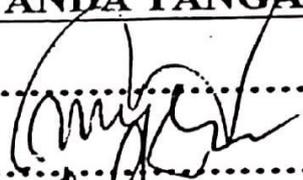
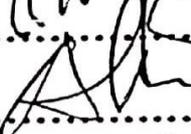
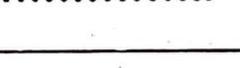
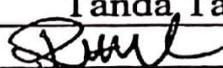
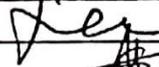
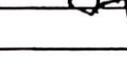
DAFTAR PUSTAKA

- Buitrago Brenda L., Santiuste Carlos, Saez Sonia Sanchez, Barbero Enrique, Navarro Carlos. 2009. Modelling of Composite Sandwich Structures with Honeycomb Core Subjected to High-Velocity Impact. *Composite Structures*. Vol.92, 2090-2096.
- Dahai Zhang. 2017. Drop-weight impact behavior of honeycomb sandwich panels under a spherical impactor, *Composite Structures*, vol 168.
- Dossat Roy J. 2001. *Principle's Of Refrigrant*, Third Edition, Prentice Hall, Engle Wood Chiffs, New Jersey.
- Gibson, Ronald F.4. "Principles of Composite Material Mechanics", New York:McGraw Hill.1994.
- Hau B., Pattofatto S., Li Y.L., Zhao H. 2010. Impact Behavior of Honeycomb Under Combined Shear-Compression. Part II: Analysis. *Internasional Jurnal of Solids and Structures*. Vol.48, 698-705.
- Harding J, Wood,E. D., Campell, J, D, 1960 'Tensille testing of material at impact rates of strain.' *J Mech. Eng. Sci*, Vol.2, pp 88-96.
- Hidayat A., Yudo H., Manik P. 2016. Analisa Teknis Komposit Sandwich Berpenguat Serat Daun Nanas Dengan Core Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk Dan Impak. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4 (1), 265-273.
- Kaiser. 1998. *Advancements in the Split Hopkinson pressure Bar test*, Faculty Of the Virginia.
- Khac-Na Nguyen. 2016. Numerical Investigation into the Stress Wave Transmitting Characteristics of Threads in the Split Hopkinson Tensile Bar Tes, *International Journal of Impact Engineering*.
- Liu Ping, Liu Yan, Zhang Xiong. 2015. Improved Shielding Structure with Double Honeycomb Cores Forhyper-velocity Impact. *Mechanics Research Communications*. Vol.3, 1-10
- N. Tasneem. 2002. Study of wave shaping technique os split hopkinson pressure bar using finite element analysis 93 pages.
- Roe, P. J. dan Ansell, M. P, 1999, "Jute-Reinforced Polyester Composites", *Journal of Mechanical Science*, Vol. 20, 4015-4020.
- Zhibin Li .2017. Deformation and perforation of sandwich panels with aluminum-foam core at elevated temperatures, *International Journal of Impact Engineering* vol 49-90.

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

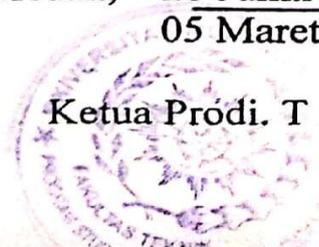
Peserta Seminar

Nama : Muhammad Reza Andithiya
 NPM : 1307230074
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Jumlah Sel Pada Konfigurasi Penam-
 Pang Terhadap Gaya Remuk Rata-Rata (MFC) Pada Ma-
 Terial 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 | : Sudirman Lubis.S.T.M.T | : |  |
| Pembanding – II | : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T | : |  |
| No | NPM | Nama Mahasiswa | Tanda Tangan |
| 1 | 1307230086 | RIKI ANDREAN |  |
| 2 | 1307230001 | Muhammad Ramadani |  |
| 3 | 1407230242 | Sugandi Fadillah |  |
| 4 | 1307230275 | Bambang Sutikno |  |
| 5 | 1307230011 | Juwita Kusuma |  |
| 6 | 1207230007 | Aldi Drazad Heriansang |  |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |

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

Ketua Prodi. T Mesin



Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Muhammad Reza Andithiya
NPM : 1307230074
Judul T.Akhir : Pengaruh Variasi Jumlah Sel Pada Konfigurasi Penampang 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 Pemanding - I : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Ahmad Marabdi Srg.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 :

Perbaikan Ikon
Perbaikan Daftar Pustaka

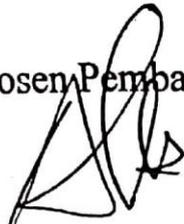
3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

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

Medan 28 Jum.Akhir 1440H
05 Maret 2019 M

▲ Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pemanding- I


Sudirman Lubis.S.T.M.T

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

NAMA : Muhammad Reza Andithiya
NPM : 1307230074
Judul T.Akhir : Pengaruh Variasi Jumlah Sel Pada Konfigurasi Penampang 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 Pemanding - I : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Ahmad Marabdi Srg.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 tulisan*
 - *Lihat Catatan pada T.A. yg telah di periksa*
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

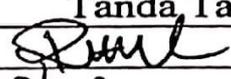
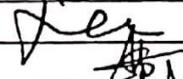
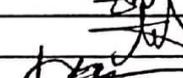
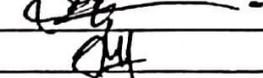
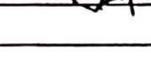
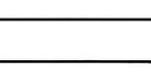

Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

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

Peserta Seminar

Nama : Muhammad Reza Andithiya
 NPM : 1307230074
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Jumlah Sel Pada Konfigurasi Penam-
 Pang Terhadap Gaya Remuk Rata-Rata (MFC) Pada Ma-
 Terial 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 : Sudirman Lubis.S.T.M.T | : |
| Pembanding – II : Akmad Marabdi Siregar.S.T.M.T | : |

| No | NPM | Nama Mahasiswa | Tanda Tangan |
|----|------------|------------------------|---|
| 1 | 1307230086 | KIKI ANDREAN |  |
| 2 | 1307230001 | Muhammad Ramadhan |  |
| 3 | 1407230242 | Supandi Fadillah |  |
| 4 | 1307230275 | Bambang Sutikno |  |
| 5 | 1307230014 | Juwelva Karzvi |  |
| 6 | 1207230007 | ALDI DRADAD HERIAMBANG |  |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |

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

Ketua Prodi. T Mesin



Affandi.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Muhammad Reza Andithiya
NPM : 1307230074
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 12 jumi 1994
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Perum PKS Sei Pinang
 Kel/Desa : Asam Jawa
 Kecamatan : Torgamba
 Kabupaten : LabuhanBatu Selatan
 Provinsi : Sumatra Utara
Nomor HP : 0823 6029 6028
Email : rezaandithiya@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Gusmulyadi
 Ibu : Sopian Nst

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007 : SD Negeri No. 116251 Torgamba
2007-2010 : SMP Negeri 1 Torgamba
2010-2013 : SMK Negeri 2 Rantau Utara
2013-2019 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

