

TUGAS AKHIR

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN TEKAN PADA PROSES EKSTRUSI DI MESIN *PRINTER 3D*

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

Disusun Oleh:

SATRIA YUDHA SETIAWAN

1307230140



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

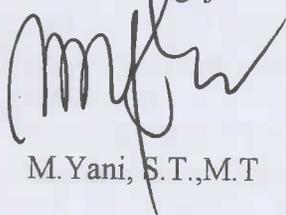
Nama : Satria Yudha Setiawan
NPM : 1307230140
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan
Pada Proses Ekstrusi Di Mesin Printer 3D
Bidang ilmu : Kontruksi Dan Teknik Manufaktur

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, 2019

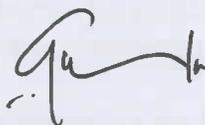
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



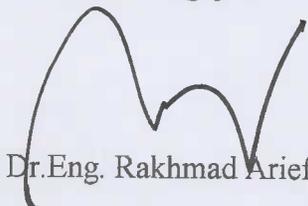
M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



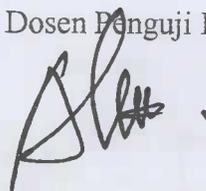
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Dr.Eng. Rakhmad Arief Siregar

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Satria Yudha Setiawan
Tempat /Tanggal Lahir: Medan / 02 Juni 1993
NPM : 1307230140
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Pada Proses Ekstrusi Di Mesin Printer 3D”,

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

Bila kemudian hari diduga kuat ada 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, 2019



Saya yang menyatakan,

Satria Yudha Setiawan

ABSTRAK

3D Printing merupakan sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi. Printer 3D adalah sebuah printer yang mampu mencetak benda berdimensi tiga, bukan berupa gambar atau tulisan diatas kertas. Kelebihan dari Printer 3D adalah sangat memungkinkan untuk membuat berbagai bentuk polarumit. Hal ini dikarenakan keleluasaan gerakan printing pada ruang lingkup tiga dimensi. Terkait dengan defenisinya tersebut maka Printer 3D dapat berfungsi penting dalam dunia manufaktur. Dari segi material printing yang digunakan ini adalah berbahan filament PLA (polyactic acid) dan ABS (acrylonitrile butadine styrene) yang mana PLA itu ialah polyester alifatik termoplastik biodegradable dan bioaktif yang berasal dari sumber yang terbarukan, seperti pati jagung, akar singkong, atau tebu, dan ABS ialah polimerisasi stirena dan akrilonitril dengan adanya polibutadiena, lalu bahan PLA dan ABS tersebut dibuat menjadi spesimen uji tarik dan uji tekan dengan menggunakan mesin printer 3d dengan temperatur PLA 190°C - 230°C dan temperatur ABS 230°C - 260°C dengan ukuran spesimen uji tarik panjang (L) 165mm dan tebal (T) 3,2mm dan spesimen uji tekan tinggi (h) 50,8mm dan diameter (d) 12,7mm. Pengaruh temperatur yang berbeda itu mempengaruhi perbedaan kekuatan spesimen, dan kemudian spesimen dilakukan uji tarik dan tekan pada mesin statis UTM (Universal Testing Machine) untuk mendapatkan hasil data pengujian tarik dan tekan pada mesin tersebut yang kemudian data itu akan dianalisa untuk mendapatkan hasil grafik tegangan dan regangan pada pengujian tarik dan tekan terhadap spesimen tersebut.

Kata kunci : *Printer 3D*, Filament PLA dan ABS, Uji Tarik dan Tekan, Statis.

ABSTRACT

3D Printing is a new breakthrough in the world of technology. A 3D printer is a printer that is capable of printing three-dimensional objects, not in the form of images or writing on paper. The advantages of 3D printers are very possible to make various forms of polarumit. This is due to the flexibility of printing movements in the scope of three dimensions. Associated with these definitions, 3D printers can function important in the world of manufacturing. In terms of the printing material used this is made from filament PLA (polyactic acid) and ABS (acrylonitrile butadine styrene), which is a biodegradable thermoplastic aliphatic polyester and bioactive derived from renewable sources, such as corn starch, cassava root, or sugar cane, and ABS are styrene and acrylonitrile polymerization in the presence of polybutadiene, then the PLA and ABS materials are made into tensile test specimens and press tests using a 3d printer machine with PLA 190⁰C-230⁰C and temperature ABS 230⁰C-260⁰C with the size of long tensile test specimen (L) 165mm and thickness (T) 3.2mm and test specimens press high (h) 50.8mm and diameter (d) 12.7mm. The influence of different temperatures affects the difference in specimen strength, and then the specimens are carried out tensile test and press on the static machine UTM (Universal Testing Machine) to get the results of tensile and press test data on the machine and then the data will be analyzed to get the stress graph results and strain on the tensile and press test of the specimen.

Keywords: *3D Printer, Filament PLA and ABS, Pull and Press Test, Static.*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Pada Proses Ekstrusi di Mesin Printer 3D” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sudirman Lubis , S.T., M.T, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak M.Yani,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 Chandra A Siregar , 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: Eddy Setiawan,S.E dan Dewi Susilawati, 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 Printer 3D, Riki, Bayu, Eko, Wanda dan Fizar. 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, 2019

Satria Yudha Setiawan

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PRNGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Mesin <i>Printer 3D</i>	4
2.2 Mekanisme pada mesin <i>Printer 3D</i>	4
2.3 Filament PLA (<i>Polyactic Acid</i>)	5
2.4 Filament ABS (<i>Acrylonitrile Butadine Styrene</i>)	6
2.5 Uji Kekuatan Tarik Statis	7
2.6 Uji Kekuatan Tekan Statis	11
2.7 Fenomena Pada Uji Tekan	12
2.8 Tegangan (<i>Stress</i>)	13
2.9 Regangan (<i>Strain</i>)	13
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.1.1 Tempat Penelitian	15
3.1.2 Waktu Penelitian	15
3.2 Proses Pembuatan Spesimen Uji Tarik dan Tekan	16
3.3 Alat	16
3.4 Bahan	17
3.5 Ukuran Spesimen	18
3.6 Diagram Alir	20
3.7 Proses Pengujian Kekuatan Tarik dan Tekan	21
3.8 Alat Pengujian	21
3.9 Prosedur Pengujian Tarik Statis	22
3.10 Prosedur Pengujian Tekan Statis	23
3.11 Mengset up alat pengujian	23

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Penelitian Uji Tarik	25
4.2 Hasil Pembuatan spesimen Uji Tarik PLA	25
4.3 Spesimen PLA hasil Pengujian Tarik	25
4.4 Hasil pengujian tarik statis pada filament PLA	26
4.5 Hasil Tegangan Regangan dari 4 spesimen filament PLA	28
4.6 Hasil Pembuatan Spesimen ABS	29
4.7 Spesimen ABS hasil pengujian tarik	29
4.8 Hasil pengujian tarik statis pada filament ABS	30
4.9 Hasil Tegangan Regangan dari 4 spesimen filament ABS	32
4.10 Hasil Perbandingan Uji Tarik PLA dan ABS	33
4.11 Hasil Penelitian Uji Tekan	34
4.12 Hasil Pembuatan spesimen Uji Tekan PLA	34
4.13 Spesimen PLA hasil Pengujian Tekan	34
4.14 Hasil pengujian tekan statis pada filament PLA	34
4.15 Hasil Tegangan Regangan dari 4 spesimen filament PLA	36
4.16 Hasil Pembuatan Spesimen ABS	37
4.17 Spesimen ABS hasil Pengujian Tekan	38
4.18 Hasil pengujian tekan statis pada filament ABS	38
4.19 Hasil Tegangan Regangan dari 4 spesimen filament ABS	40
4.20 Hasil Perbandingan Uji Tekan PLA dan ABS	41
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Timeline Kegiatan	15
Tabel 4.1	Hasil pengujian tarik statis filament PLA panjang 165 mm dan tebal 3,2 mm	28
Tabel 4.2	Hasil pengujian tarik statis filament ABS panjang 165 mm dan tebal 3,2 mm	32
Tabel 4.3	Hasil pengujian tekan statis filament PLA tinggi 50,8 mm dan Diameter 12,7 mm	37
Tabel 4.4	Hasil pengujian tekan statis filament PLA tinggi 50,8 dan diameter 12,7 mm	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 .	Printer 3D	4
Gambar 2.2 .	Filament PLA (Polyactic Acid)	6
Gambar 2.3.	Filamet ABS (Acrylonitrile Butadine Styrene)	7
Gambar 2.4	Mesin uji tarik dilengkapi spesimen ukuran standar	8
Gambar 2.5	Standar ukuran ASTM D638 type 1	9
Gambar 2.6	Contoh kurva uji tarik	9
Gambar 2.7	Pengujian Tekan disarankan ASTM	11
Gambar 2.8	Pelat Tekan Konis Sudut Gesekan	11
Gambar 2.9	(a)spesimen sebelum diuji (b)spesimen setelah ditekan	12
Gambar 2.10	(a)spesimen sebelum diuji (b)spesimen setelah ditekan	13
Gambar 3.1	Laptop	16
Gambar 3.2	Mesin Printer 3D Prusa i3 A8	17
Gambar 3.3	Filament PLA (Polylactic Acid)	18
Gambar 3.4	Filament ABS (Acrylonitrile Butadiene Stryrene)	18
Gambar 3.5	Spesimen uji tarik standar ASTM D638 type 1	19
Gambar 3.6	Spesimen uji tekan standar ASTM D695	19
Gambar 3.7	Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.8	Printer 3D	21
Gambar 3.9	Komputer PC	22
Gambar 3.10	Mesin uji tarik dan tekan statis	22
Gambar 3.11	Set Up alat pengujian	23
Gambar 4.1	Spesimen uji tarik filament PLA	25
Gambar 4.2	Spesimen PLA hasil pengujian tarik	25
Gambar 4.3	Grafik spesimen filament PLA temperatur 190 ⁰ C	26
Gambar 4.4	Grafik spesimen filament PLA temperatur 200 ⁰ C	27
Gambar 4.5	Grafik spesimen filament PLA temperature 220 ⁰ C	27
Gambar 4.6	Grafik spesimen filament PLA temperatur 230 ⁰ C	28
Gambar 4.7	Grafik tegangan dan regangan dari 4 spesimen PLA	29
Gambar 4.8	Spesimen uji tarik filament ABS	29
Gambar 4.9	Spesimen ABS hasil pengujian tarik	30
Gambar 4.10	Grafik spesimen filament ABS temperatur 230 ⁰ C	30
Gambar 4.11	Grafik spesimen filament ABS temperatur 240 ⁰ C	31
Gambar 4.12	Grafik spesimen filament ABS temperatur 250 ⁰ C	31
Gambar 4.13	Grafik spesimen filament ABS temperatur 260 ⁰ C	32
Gambar 4.14	Grafik tegangan dan regangan dari 4 spesimen ABS	33
Gambar 4.15	Hasil Grafik perbandingan spesimen PLA dan ABS	33
Gambar 4.16	Spesimen uji tekan filament PLA	34
Gambar 4.17	Spesimen PLA hasil pengujian tekan	34
Gambar 4.18	Grafik spesimen filament PLA temperatur 190 ⁰ C	35
Gambar 4.19	Grafik spesimen filament PLA temperatur 200 ⁰ C	35
Gambar 4.20	Grafik spesimen filament PLA temperatur 220 ⁰ C	36
Gambar 4.21	Grafik spesimen filament PLA temperatur 230 ⁰ C	36
Gambar 4.22	Grafik tegangan dan reganga dari 4 spesimen PLA	37

Gambar 4.23	Spesimen uji tekan filament ABS	38
Gambar 4.24	Spesimen ABS hasil pengujian tekan	38
Gambar 4.25	Grafik spesimen filament ABS temperatur 230 ⁰ C	39
Gambar 4.26	Grafik spesimen filament ABS temperatur 240 ⁰ C	39
Gambar 4.27	Grafik spesimen filament ABS temperatur 250 ⁰ C	40
Gambar 4.28	Grafik spesimen filament ABS temperatur 260 ⁰ C	40
Gambar 4.29	Grafik tegangan dan regangan dari 4 spesimen ABS	41
Gambar 4.30	Hasil grafik perbandingan spesimen PLA dan ABS	42

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan	(MPa)
A	Luas Penampang	(MPa)
F	Gaya (beban)	(kgf)
ϵ eng	Engineering Strain	
ΔL	Pertambahan panjang	mm
L_0	Panjang Awal	mm
L	Panjang Akhir	mm
ϵ	Regangan	$\frac{\Delta L}{L}$
E	Modulus Elastisitas	(MPa)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

3D Printing merupakan sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi. Printer 3D adalah sebuah printer yang mampu mencetak benda berdimensi tiga, bukan berupa gambar atau tulisan di atas kertas. Kelebihan dari Printer 3D adalah sangat memungkinkan untuk membuat berbagai bentuk pola rumit. Hal ini dikarenakan keleluasaan gerakan printing pada ruang lingkup tiga dimensi. Terkait dengan defenisinya tersebut maka Printer 3D dapat berfungsi penting dalam dunia manufaktur.

Dari segi material printing, material yang hingga saat ini umumnya digunakan untuk printer 3d adalah plastik, metal dan keramik. Namun terdapat juga beberapa jenis filament yang masih belum umum digunakan, salah satunya yaitu jenis lilin. Filament lilin dibandingkan dengan filament lainnya seperti plastik, memiliki titik leleh yang paling rendah dan mempunyai kelebihan yaitu dapat diuapkan. Apabila alat ini dapat membuat pola lilin yang rumit, maka salah satu contoh pada pengaplikasiannya adalah dapat digunakan sebagai pembuatan pola untuk proses *lost wax-casting*. Saat ini alat Printer 3d pada umumnya dijual dengan harga yang mahal. Hal ini dikarenakan konstruksi alat yang rumit dan besar.

Kemudian diuji Tarik dengan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu [Askeland, 1985]. Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat.

Setelah itu melakukan uji tekan lebih yang 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.

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

Dengan latar belakang ini maka mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul : Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekan Pada Proses Ekstrusi *Di Mesin Pinter 3D*.

1.2 Rumusan Masalah

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

Bagaimana mendapatkan hasil analisa pengaruh temperatur terhadap kekuatan tarik dan tekan pada proses ekstrusi di mesin Printer 3D.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup diperlukan untuk menghindari pembahasan atau pengkajia yang tidak terarah agar pemecahan masalah dapat mudah dilaksanakan. Maka penulis akan membahas maslaha yang berkaitan dengan :

- a. Spesimen yang digunakan menggunakan standar ukuran ASTM D638 untuk pengujian tarik dan ASTM D695 untuk pengujian tekan.
- b. Pengujian menggunakan alat uji tarik dan tekan statis (*Universal Testing Machine*).
- c. Bahan yang digunakan adalah filament PLA dan ABS.
- d. Temperatur bahan sesuai dari titik leleh PLA 190°C-230°C dan ABS 230°C-260°C.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kekuatan spesimen dari bahan filament PLA dan ABS
2. Untuk mengetahui pengaruh temperatur material di printer 3d .
3. Untuk mendapatkan hasil pengujian terhadap kekuatan tarik dan tekan.

1.5 Manfaat

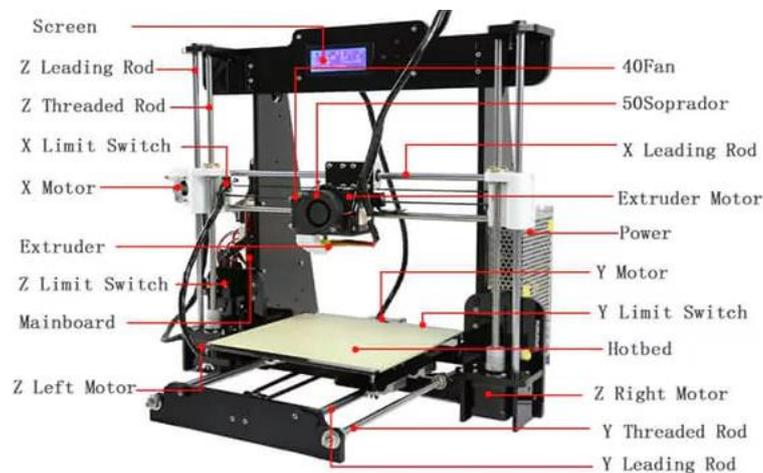
Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanis filament pada mesin printer 3D, dan bagi peneliti dipergunakan sebagai laporan tugas akhir, dimana menjadi salah satu syarat sarjana Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Manfaat penelitian bertujuan agar dapat digunakan sebagai referensi dan bahan pertimbangan dalam penelitian pengembangan analisa kekuatan tarik dan tekan pada mesin printer 3D yang di uji dengan pengaruh temperatur menggunakan alat uji tarik selanjutnya. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan baru terhadap material yang memiliki sifat mekanis yang baik dan di aplikasikan dalam dunia industri.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mesin *Printer 3D*

Printer 3D adalah sebuah printer yang menampilkan data dalam bentuk cetakan. Dengan teknologi dari printer 3D sebuah perusahaan dapat membuat sebuah prototype tanpa harus menghabiskan bahan baku ataupun material. Karena sehabis seorang designer menggambar objek 3D mereka akan bisa langsung mencetak hasil desain mereka dengan printer tersebut dan langsung mengetahui kira-kira apa saja kekurangan dari design yang telah dibuatnya.

Melihat prospek ke depan printer 3D dan perkembangannya, aplikasi printer ini sudah mampu merambah ke segala lini. Saat ini terus dikembangkan bahan filament yang mencapai titik didih tinggi, dengan kekuatan yang ekstra kuat. Kalau itu sudah tercapai, aplikasinya bisa lebih banyak lagi.



Gambar 2.1 Printer 3D

2.2 Mekanisme pada mesin *Printer 3D*

1. Model Objek 3D

Model objek 3D dapat dibuat dengan menggunakan software khusus untuk model desain 3D yang printernya mendukung contohnya solidwork, catia, autocad dan delcam.

2. Proses Printing

Apabila desainnya sudah dibuat anda bisa langsung print di mesin *printer 3D*. Kemudian proses pencetakan ini tergantung dari besar dan ukuran model. Proses printing menggunakan prinsip Additive Layer dengan rangkaian proses

mesin membaca rancangan 3D dan mulai menyusun lapisan secara berturut turut untuk membangun model virtual digabungkan secara otomatis untuk membentuk susunan lengkap yang utuh.

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 kombinasi warna.

2.3 Filament PLA (*Polyactic Acid*)

Poli (asam laktat) atau polylactic acid atau polylactide (PLA) adalah poliester alifatik termoplastik biodegradable dan bioaktif yang berasal dari sumber daya terbarukan. PLA berbeda dengan kebanyakan polimer termoplastik yang berasal dari distilasi dan polimerisasi cadangan minyak bumi yang tidak terbarukan, PLA dikenal sebagai bioplastik dan berasal dari biomassa, sumber daya terbarukan dan ramah lingkungan, seperti pati jagung atau tebu.

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

Karakteristik secara umum dari PLA adalah tidak beracun, menyempit pada saat dipanaskan sehingga cocok digunakan sebagai bahan pembungkus plastik dan sifat yang mudah melarutkannya dapat digunakan untuk aplikasi pencetakan 3D. Namun disisi lain suhu transisi yang relatif rendah menjadikan material ini tidak cocok digunakan untuk aplikasi yang bersentuhan dengan cairan panas yang berlebih. Dengan demikian aplikasi yang cocok dengan PLA adalah digunakan untuk membuat protipe perangkat medis. Yang paling menarik adalah PLA dapat mengalami degradasi atau pelapukan pada waktu tertentu, menurut beberapa literature waktu pelapukannya berkisar antara 6 hingga 24 bulan. Dengan kondisi seperti ini, sampah botol yang dibuat dengan PLA akan mengalami pelapukan sehingga menjadi lebih ramah lingkungan.

Suhu cetak umum PLA adalah antara 190°C hingga 220°C. Bahan ini sedikit fleksibel, namun menghasilkan cangkang luar yang halus dari benda tercetak.



Gambar 2.2 Filament Pla (Polyactic Acid)

2.4 Filament ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)

Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) adalah terpolimer yang dibuat oleh polimerisasi stirena dan akrilonitril dengan adanya polibutadiena . Proporsi dapat bervariasi dari 15 hingga 35% akrilonitril, 5 hingga 30% butadiena dan 40 hingga 60% stirena. Hasilnya adalah rantai panjang polibutadiena berselang-seling dengan rantai poli (stirena-ko-akrilonitril) yang lebih pendek. Kelompok nitril dari rantai tetangga, menjadi kutub, menarik satu sama lain dan mengikat rantai bersama-sama, membuat ABS lebih kuat dari polistirena murni. Styrene memberikan permukaan yang mengkilap dan tahan. Polibutadiena, zat karet , memberikan ketangguhan bahkan pada suhu rendah.

Sifat mekanis yang paling penting dari ABS adalah ketahanan dan ketangguhan impak. Berbagai modifikasi dapat dilakukan untuk meningkatkan ketahanan benturan, ketangguhan, dan ketahanan panas. Resistensi dampak dapat diperkuat dengan meningkatkan proporsi polibutadiena dalam kaitannya dengan styrene dan juga akrilonitril, meskipun ini menyebabkan perubahan pada properti lainnya. Resistensi dampak tidak jatuh dengan cepat pada suhu yang lebih rendah. Stabilitas di bawah beban sangat baik dengan beban terbatas. Dengan demikian, dengan mengubah proporsi komponennya, ABS dapat disiapkan di kelas yang berbeda. Dua kategori utama bisa ABS untuk ekstrusi dan ABS untuk cetak injeksi, kemudian resistensi dampak tinggi dan sedang.

Polimer ABS tahan terhadap asam berair, alkali, asam hidroklorat dan fosfat pekat, alkohol dan minyak hewani dan nabati, tetapi polimer ini bengkak

oleh asam asetat glasial , karbon tetraklorida dan hidrokarbon aromatik dan diserang oleh asam sulfat pekat dan nitrat . Mereka larut dalam ester , keton , etilen diklorida dan aseton .

Meskipun plastik ABS digunakan sebagian besar untuk tujuan mekanis, plastik ABS juga memiliki sifat listrik yang cukup konstan pada berbagai frekuensi. Sifat-sifat ini sedikit dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban atmosfer dalam rentang operasi temperatur yang dapat diterima.

ABS mudah terbakar ketika terkena suhu tinggi, seperti api kayu. Ini akan meleleh dan kemudian mendidih, di mana titik uap meledak menjadi api panas yang intens. Karena ABS murni tidak mengandung halogen, pembakarannya biasanya tidak menghasilkan polutan organik yang persisten, dan produk yang paling beracun dari pembakaran atau pirolisis adalah karbon monoksida dan hidrogen sianida. Suhu cetak umum ABS adalah antara 230°C-260°C.

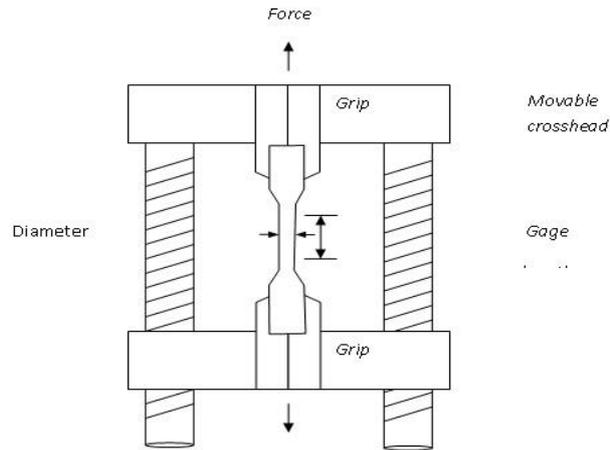


Gambar 2.3 Filamet ABS (Acrylonitrile Butadine Styrene)

2.5 Uji Kekuatan Tarik Statis

Uji Tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu [Askeland, 1985]. Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material.

Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat.

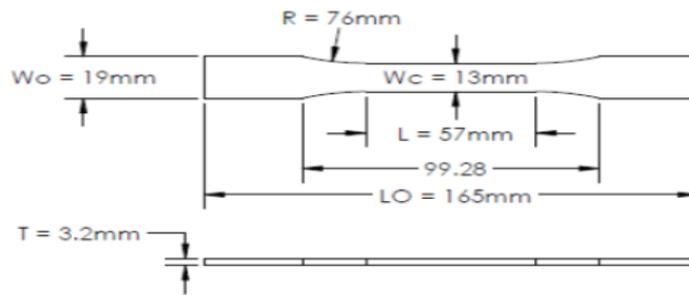


Gambar 2.4 Mesin uji tarik dilengkapi spesimen ukuran standar.

Pengujian tarik adalah dasar dari pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Dimana spesimen uji yang telah distandarisasi, dilakukan pembebanan uniaxial sehingga spesimen uji mengalami peregangan dan bertambah panjang hingga akhirnya patah. Pengujian tarik relatif sederhana, murah dan sangat terstandarisasi dibanding pengujian lain. Hal-hal yang perlu diperhatikan agar pengujian menghasilkan nilai yang valid adalah; bentuk dan dimensi spesimen uji, pemilihan grips dan lain-lain.

Spesimen uji harus memenuhi standar dan spesifikasi dari ASTM (*American Standard Testing and Material*). Bentuk dari spesimen penting karena kita harus menghindari terjadinya patah atau retak pada daerah grip atau yang lainnya. Jadi standarisasi dari bentuk spesimen uji dimaksudkan agar retak dan patahan terjadi di daerah gage length.

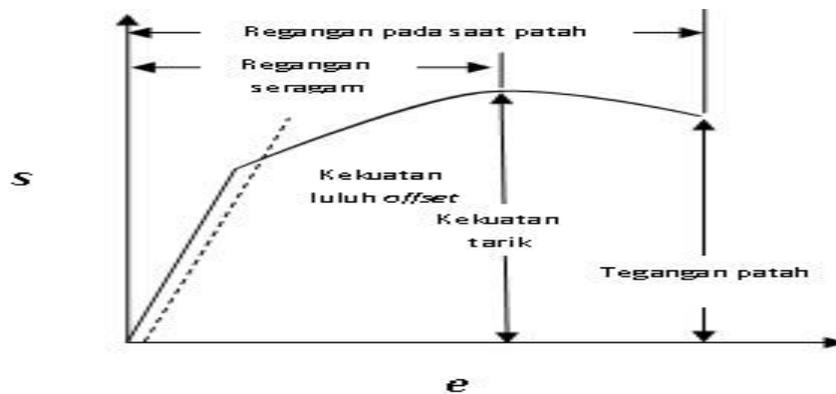
Face dan *grip* adalah faktor penting. Dengan pemilihan *setting* yang tidak tepat, spesimen uji akan terjadi slip atau bahkan pecah dalam daerah *grip* (*jaw break*). Ini akan menghasilkan hasil yang tidak valid. *Face* harus selalu tertutupi di seluruh permukaan yang kontak dengan *grip*. Agar spesimen uji tidak bergesekan langsung dengan *face*.



Gambar 2.5 Standar ukuran ASTM D638 type 1

Beban yang diberikan pada bahan yang di uji ditransmisikan pada pegangan bahan yang di uji. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standar baku pengujian.

Kurva tegangan-regangan teknik dibuat dari hasil pengujian yang didapatkan.



Gambar 2.6 Contoh kurva uji tarik

Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik. Tegangan teknik tersebut diperoleh dengan cara membagi beban yang diberikan dibagi dengan luas awal penampang benda uji. Dituliskan seperti dalam persamaan 2.1 berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (2.1)$$

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan-regangan teknik adalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan yang dihasilkan setelah pengujian dilakukan dengan panjang awal. Dituliskan seperti dalam persamaan 2.2 berikut.

$$e = \frac{L-L_0}{L_0} \quad (2.2)$$

Bentuk dan besaran pada kurva tegangan-regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastik, laju regangan, temperatur dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan logam adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh atau titik luluh, persen perpanjangan dan pengurangan luas. Dan parameter pertama adalah parameter kekuatan, sedangkan dua yang terakhir menyatakan keuletan bahan.

Bentuk kurva tegangan-regangan pada daerah elastis tegangan berbanding lurus terhadap regangan. Deformasi tidak berubah pada pembebanan, daerah remangan yang tidak menimbulkan deformasi apabila beban dihilangkan disebut daerah elastis. Apabila beban melampaui nilai yang berkaitan dengan kekuatan luluh, benda mengalami deformasi plastis bruto. Deformasi pada daerah ini bersifat permanen, meskipun bebannya dihilangkan. Tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan deformasi plastis akan bertambah besar dengan bertambahnya regangan plastik.

Pada tegangan dan regangan yang dihasilkan, dapat diketahui nilai modulus elastisitas. Persamaannya dituliskan dalam persamaan.

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (2.3)$$

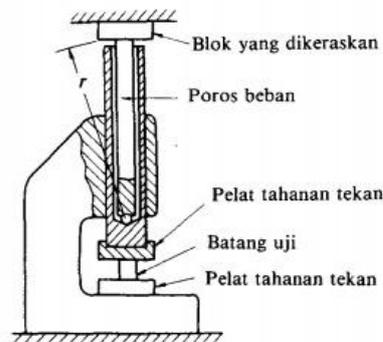
Pada mulanya pengerasan regang lebih besar dari yang dibutuhkan untuk mengimbangi penurunan luas penampang lintang benda uji dan tegangan teknik (sebanding dengan beban F) yang bertambah terus, dengan bertambahnya regangan. Akhirnya dicapai suatu titik di mana pengurangan luas penampang lintang lebih besar dibandingkan pertambahan deformasi beban yang diakibatkan oleh pengerasan regang.

Keadaan ini untuk pertama kalinya dicapai pada suatu titik dalam benda uji yang sedikit lebih lemah dibandingkan dengan keadaan tanpa beban. Seluruh deformasi plastis berikutnya terpusat pada daerah tersebut dan benda uji mulai mengalami penyempitan secara local. Karena penurunan luas penampang lintang lebih cepat daripada pertambahan deformasi akibat pengerasan regang, beban sebenarnya yang diperlukan untuk mengubah bentuk benda uji akan berkurang dan demikian juga tegangan teknik pada persamaan (1) akan berkurang hingga terjadi patah.

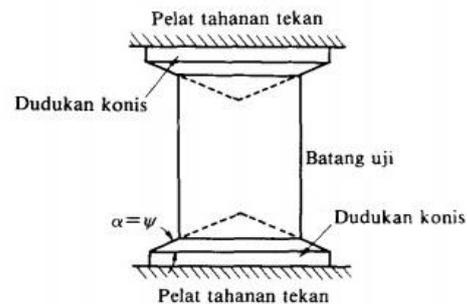
2.6. Uji Kekuatan Tekan Statis

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 2.7 pengujian tekan
Disarankan ASTM



Gambar 2.8 pelat tekan
konis sudut gesekan

Pengujian tekan adalah salah satu pengujian mekanik dan tergolong pada jenis pengujian yang merusak dimana gaya luar yang diberikan atau penekanan segaris dengan sumbu spesimen.

Pengujian tekan ini bertujuan untuk mencari sifat mekanik dan beban tekan maksimum yang dapat diterima benda atau spesimen uji.

2.7 Fenomena Pada Uji Tekan

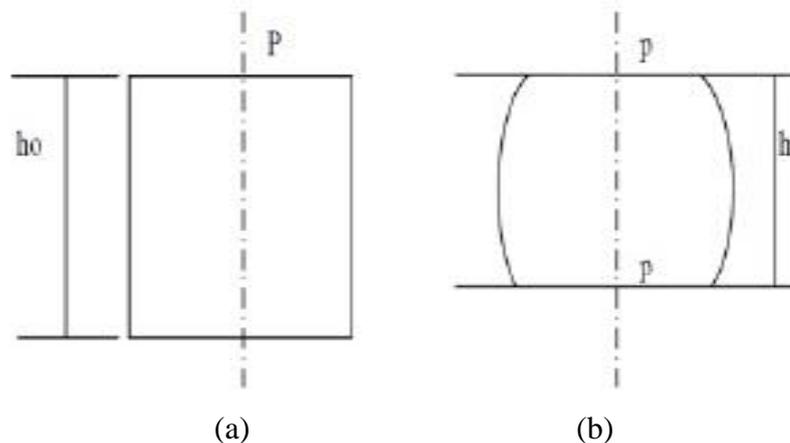
1. Barrelling

Barrelling adalah salah satu fenomena yang terjadi pada uji tekan dimana terjadi perubahan bentuk dimensi karena gesekan antara penekanan dan benda kerja. Gesekan antara spesimen dan yang menghambat permukaan atas dan bawah

spesimen bereaksi secara bebas, ini bisa menyebabkan timbulnya fenomena Barrelling.

Fenomena yang terjadi pada pengujian tekan pada prinsipnya tergantung dari diameter dan tinggi spesimen yang dilakukan pengujian. Misalkan diameter spesimen adalah “d”, dan tinggi spesimen adalah “h”, maka untuk perbandingan h:d lebih kecil dari 3:2, maka fenomena yang terjadi adalah Barrelling.

Adapun contoh gambar dari fenomena *barreling* ini dapat kita lihat sebagai berikut :

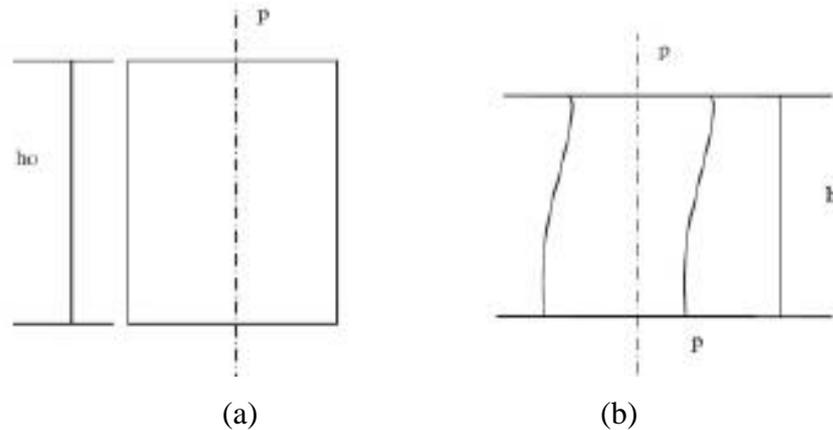


Gambar 2.9 (a)spesimen sebelum diuji dan (b)spesimen setelah diuji

2. Buckling

Adalah terjadinya pembengkokan pada material setelah diberikan beban tekan. Fenomena yang terjadi pada pengujian tekan pada prinsipnya tergantung dari diameter dan tinggi spesimen yang dilakukan pengujian. Misalkan diameter spesimen adalah “d”, dan tinggi spesimen adalah “h”, maka untuk perbandingan h:d lebih besar dari 3:2, maka fenomena yang terjadi adalah Buckling.

Adapun contoh gambar dari fenomena *buckling* ini dapat kita lihat sebagai berikut :



Gambar 2.10 (a) spesimen sebelum diuji (b) spesimen setelah diuji

2.8 Tegangan (*Stress*)

Tegangan adalah tahanan material terhadap gaya atau beban, tegangan diukur dalam bentuk gaya per luas. Tegangan normal adalah tegangan yang tegak lurus terhadap permukaan dimana tegangan tersebut diterapkan. Tegangan normal berupa tarikan atau tekanan. Satuan aluminium (Al) untuk tegangan normal adalah

Newton per meter kuadrat (N/m^2) atau pascal (Pa). Tegangan dihasilkan dari gaya seperti: tarikan, tekanan atau geseran yang menarik, mendorong, melintir, memotong atau mengubah bentuk potongan bahan dengan berbagai cara. Cara lain untuk mendefinisikan tegangan adalah dengan menyatakan bahwa tegangan adalah jumlah gaya dibagi luas permukaan dimana gaya tersebut bereaksi (Wu Z.Y. (2016)).

Tegangan normal dianggap positif jika menimbulkan suatu tarikan (*tensile*) dan dianggap negatif jika menimbulkan penekanan (*compression*) dengan persamaan berikut:

$$\delta = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

2.9 Regangan (*Strain*)

Regangan didefinisikan sebagai perubahan ukuran bentuk material dari panjang awal sebagai hasil dari gaya yang menarik atau menekan pada material. Apabila suatu spesimen struktur material diikat pada jepitan mesin penguji dan beban serta penambahan panjang spesifikasi diamati serempak, maka dapat digambarkan pengamatan grafik dimana ordinat menyatakan beban dan

absis menyatakan pertambahan panjang. Batasan sifat elastis perbandingan regangan dan tegangan akan linier akan berakhir sampai pada titik mulur. hubungan tegangan dan regangan tidak lagi linier pada saat material mencapai pada batasan fase sifat plastis. Menurut Marciniak dkk (2002), regangan dibedakan menjadi dua yaitu: *engineering strain* dan *true strain*. *engineering strain* adalah regangan yang dihitung menurut dimensi benda aslinya (panjang awal). Sehingga untuk mengetahui besarnya regangan yang terjadi adalah dengan membagi perpanjangan dengan panjang semula.

$$\mathcal{E}_{eng} = \frac{l - l_0}{l_0} 100\% = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \quad (2.5)$$

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium 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 22 Februari 2018 dapat dilihat pada tabel 3.1 dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan dibawah ini.

Tabel 3.1:Timeline Kegiatan

No	Kegiatan	Bulan / (Tahun 2017-2018)												
		Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb
1.	Pengajuan Judul													
2.	Studi Literatur													
3.	Penyediaan bahan-dan Spesimen													
4.	Pembuatan Spesimen													
5.	Pelaksanaan Pengujian													
6.	Penyelesain Skripsi													

3.2 Proses Pembuatan Spesimen Uji Tarik dan Tekan

Adapun Proses pembuatan spesimen uji tarik dan tekan ialah dengan bahan filament PLA dan ABS mesin printer 3D.

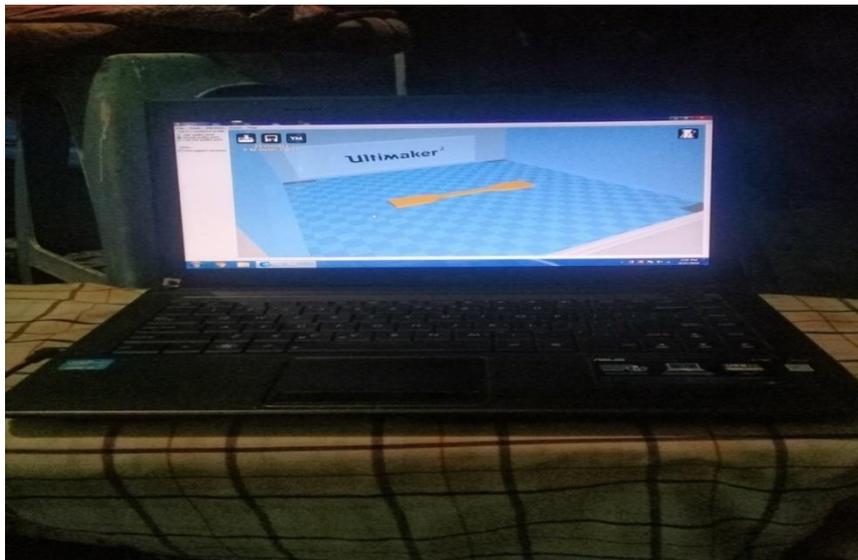
3.3 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam pembuatan spesimen, adalah sebagai berikut:

a. Laptop

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

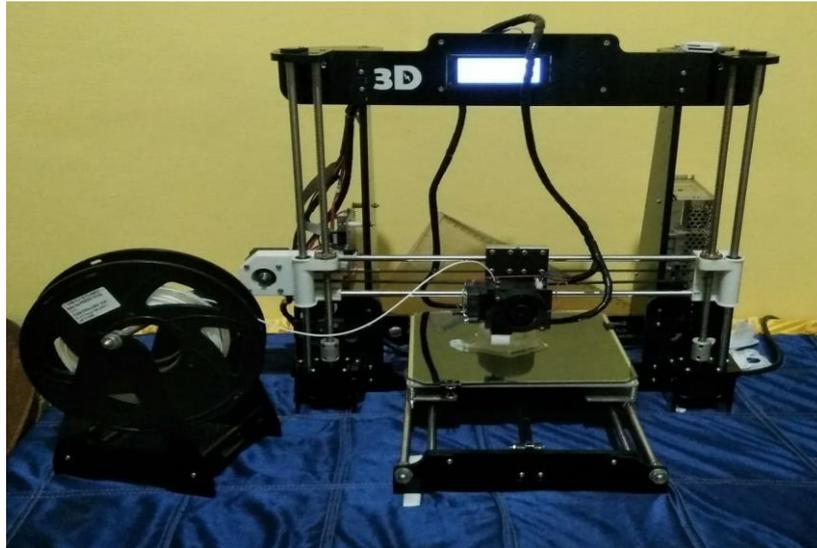
1. Processor : Intel(R) Core(TM) i3-4005 CPU 1.70 GHz
2. RAM : 2.00 GB
3. .Operation system : windows 7 pro 32 bit operation system



Gambar 3.1 Laptop

b. Mesin Printer 3D

Mesin printer 3D merupakan sebuah printing yang menampilkan data dalam bentuk sebuah cetakkan, namun berbeda dengan printing pada umumnya, yang hanya mencetak data dalam bentuk sebuah kertas ataupun lembaran lain. Dengan hadirnya teknologi dari mesin printer 3D ini sebuah perusahaan dapat membuat sebuah prototype tanpa harus menghabiskan bahan baku lain maupun material.



Gambar 3.2 Mesin Printer 3D Prusa i3 A8

3.4 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan spesimen, adalah sebagai berikut:

a. Filament PLA (Polylactic Acid)

PLA (Polylactic Acid) adalah bahan plastik cetak 3D yang merupakan bahan biodegradable thermoplastic aliphatic polyester yang terbuat dari tepung jagung tapioka, atau tebu, Filament PLA ini biasa digunakan untuk kemasan makanan yang siap pakai,. Filament PLA mudah menyerap kelembaban,dan filament ini memiliki ukuran diameter 1,75 mm dan batasan untuk ekstruder memiliki ukuran 3,00 mm.

Filament PLA dapat dipanaskan hingga meleleh dan dapat di print pada suhu 190°C sampai 230°C tanpa memanaskan atau merusak bagian alas/bed printer terlebih dahulu. PLA tidak terlalu sensitif terhadap perubahan suhu.Dengan menggunakan Printer 3D ini ,dapat dipanaskan sekaligus membentuk benda yang kita inginkan.



Gambar 3.3 Filament PLA (Polylactic Acid)

b. Filament ABS (Acrylonitrile Butadiene Stryrene)

ABS (Acrylonitrile Butadiene Stryrene) adalah bahan plastik cetak 3D, thermoplastic minyak, dapat ditemukan pada system pipa (DWV), trim otomotif, dan lego. ABS memiliki kekuatan, fleksibilitas dan daya tahan yang lebih tinggi dari pada yang dibuat dari PLA. Dan proses cetak ini agak sedikit rumit . Filament ABS pun dapat di panaskan hingga meleleh dan bisa di print pada suhu 230°C sehingga 260°C .



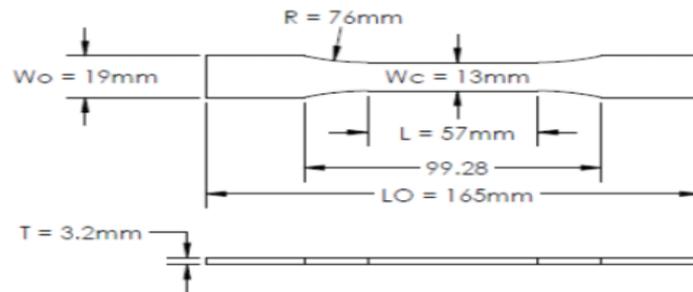
Gambar 3.4 Filament ABS (Acrylonitrile Butadiene Stryrene)

3.5 Ukuran Spesimen

Adapun ukuran yang digunakan pada pembuatan spesimen, adalah sebagai berikut:

a. Ukuran Spesimen Uji tarik

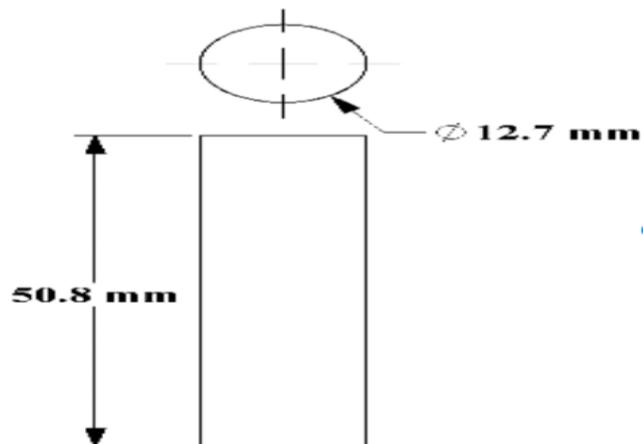
Spesimen uji tarik dibuat dengan standar ukuran ASTM D638 type dengan temperatur cetak filament PLA 190°C-230°C dan temperatur cetak filament ABS 230°C-260°C.



Gambar 3.5 Spesimen Uji Tarik Standar ASTM D638 Type 1

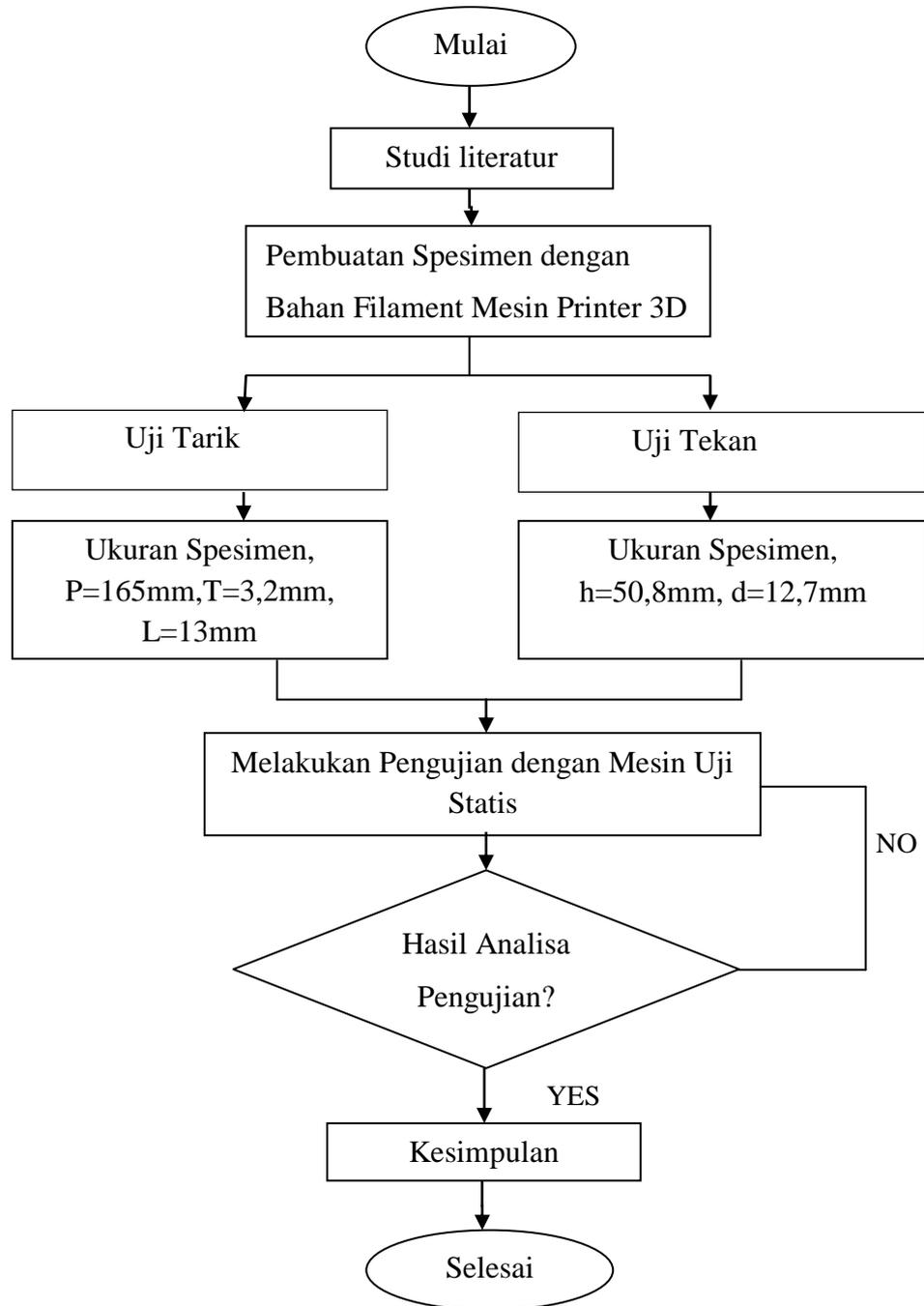
b. Ukuran Spesimen Uji Tekan

Spesimen uji tekan dibuat dengan standar ukuran ASTM D695 dengan temperatur cetak filament PLA 190°C-230°C dan temperature cetak filament ABS 230°C-260°C.



Gambar 3.6 Spesimen Uji Tekan Standar ASTM D695

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian

Dilihat dari gambar 3.3 diagram alir penelitian adalah untuk melakukan pengujian tarik dan tekan menggunakan alat uji statis, dan spesimen yang di uji berupa spesimen uji tarik standar ASTM D638 dan tekan standar ASTM D695 berbahan filament PLA dan ABS yang telah dicetak menggunakan mesin printer 3D, kemudian melaksanakan penelitian spesimen kekuatan tarik dan tekan yang diuji secara statis dan setelah itu mencatat hasil dari pengujian.

3.7 Proses Pengujian Kekuatan Tarik dan Tekan

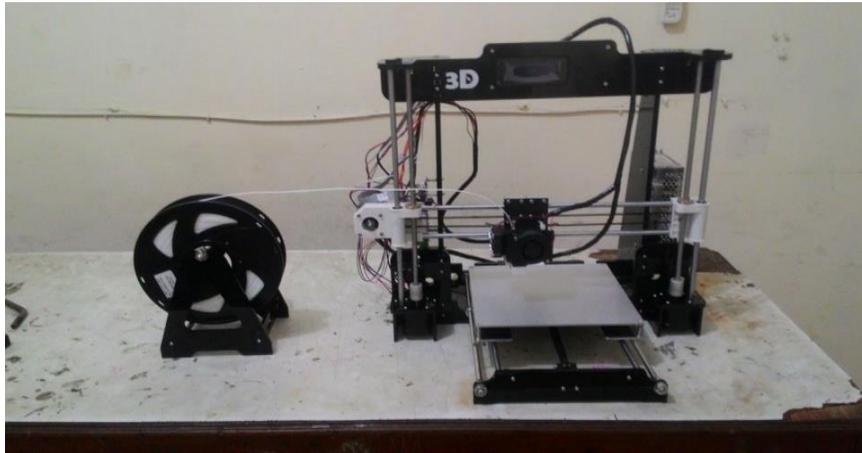
Proses pengujian kekuatan tarik dan tekan dilakukan dengan menggunakan mesin uji statis.

3.8 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam pengujian ini, diantaranya sebagai berikut:

a. Printer 3D

Printer 3D ini berfungsi untuk mencetak spesimen uji tarik dan uji tekan dari filament PLA dan ABS dengan suhu yang sudah ditentukan.



Gambar 3.8 Printer 3D

b. Komputer PC

Komputer PC digunakan sebagai perangkat penghubung untuk menjalankan software Uji Tarik dan Uji Tekan. Komputer PC juga digunakan untuk mendapatkan hasil dari pengujian tarik dan tekan tersebut.



Gambar 3.9 Komputer PC

- c. Mesin Uji Tarik dan Tekan Statis UTM (*Universal Testing Machine*)
Mesin uji tarik dan tekan statis digunakan untuk menguji spesimen yang dicetak dengan menggunakan filament PLA dan ABS.



Gambar 3.10 Mesin uji tarik dan tekan statis

3.9 Prosedur Pengujian Tarik Statis

- a. Mengukur benda uji dengan ukuran standar.
- b. Mengukur panjang awal (L_0) atau *gage length* dan luas penampang irisan benda uji.
- c. Mengukur benda uji pada pegangan (*grip*) atas dan pegangan bawah pada mesin uji tarik.
- d. Nyalakan mesin uji tarik dan lakukan pembebanan tarik sampai benda uji putus.
- e. Mencatat beban luluh dan beban putus yang terdapat pada skala.

f. Melepaskan benda uji pada pegangan atas dan bawah, kemudian satukan keduanya seperti semula.

g. Mengukur panjang regangan yang terjadi.

3.10 Prosedur Pengujian Tekan Statis

1. Mengukur benda uji dengan ukuran standar.

2. Mengukur panjang awal (L_0) atau *gage length* dan diameter spesimen.

3. Memasang spesimen pada cekam mesin uji.

4. Mengatur skala pembebanan.

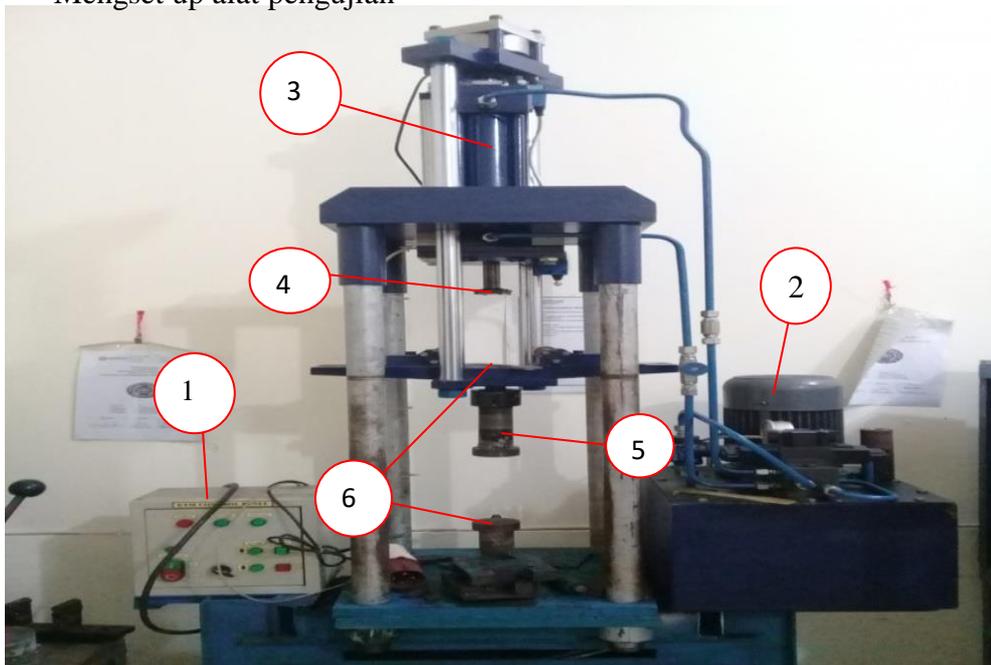
5. Selama penekanan, perhatikan perubahan yang terjadi pada spesimen maupun grafik.

6. Setelah patah, spesimen dilepaskan dari pencekam.

7. Spesimen yang telah patah digabungkan kembali kemudian diukur.

8. Menghitung dan menampilkan hasil.

3.11 Mengset up alat pengujian



Gambar 3.11 Set Up alat pengujian

Keterangan :

1. Control Panel
2. Motor
3. Hidraulic

4. Cekam Uji tekan
5. Cekam Uji tarik
6. Dudukan spesimen

BAB 4

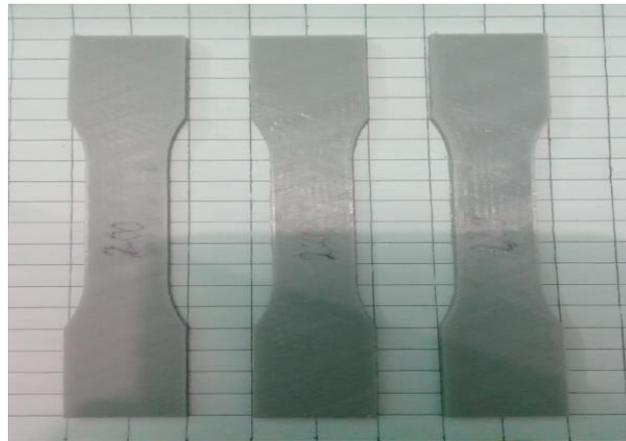
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian Uji Tarik

Dari hasil penelitian ini, spesimen dibuat dengan ukuran yang panjang 165mm dan tebal 3,2 mm, guna mendapatkan hasil yang diinginkan.

4.2 Hasil Pembuatan spesimen Uji Tarik PLA

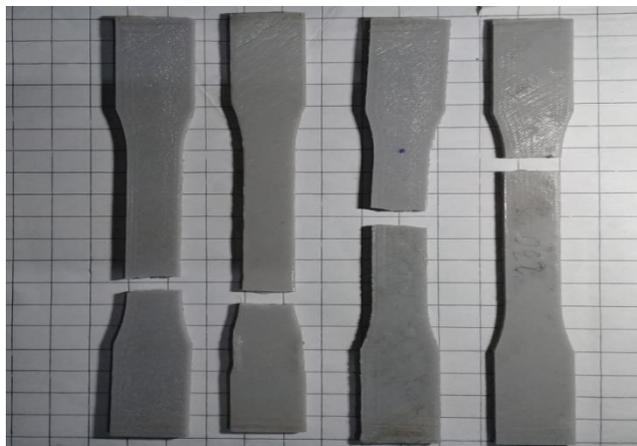
Spesimen dibuat dengan menggunakan bahan filament PLA yang kemudian dicetak dengan mesin printer 3d, dengan suhu cetak 190°C - 230°C dan ukuran spesimen dengan panjang 165 mm dan tebal dalam 3,2 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 spesimen uji tarik filament PLA

4.3 Spesimen PLA hasil Pengujian Tarik

Pengujian spesimen dengan bahan filament PLA dengan ukuran panjang 165mm dan tebal 3,2mm dilakukan dengan alat uji mesin statis UTM.

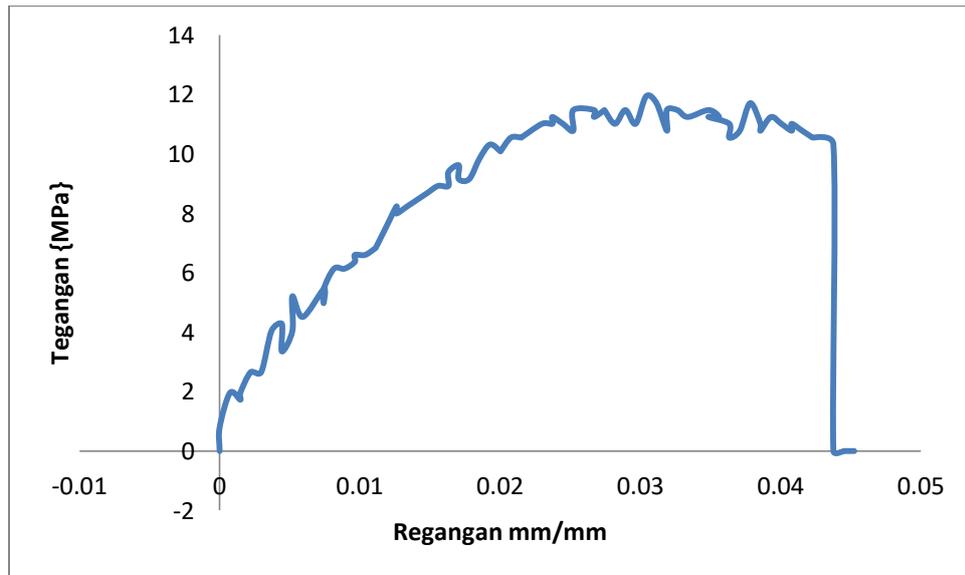


Gambar 4.2 Spesimen PLA hasil pengujian tarik

4.4 Hasil pengujian tarik statis pada filament PLA

a. Spesimen filament PLA temperatur 190⁰C

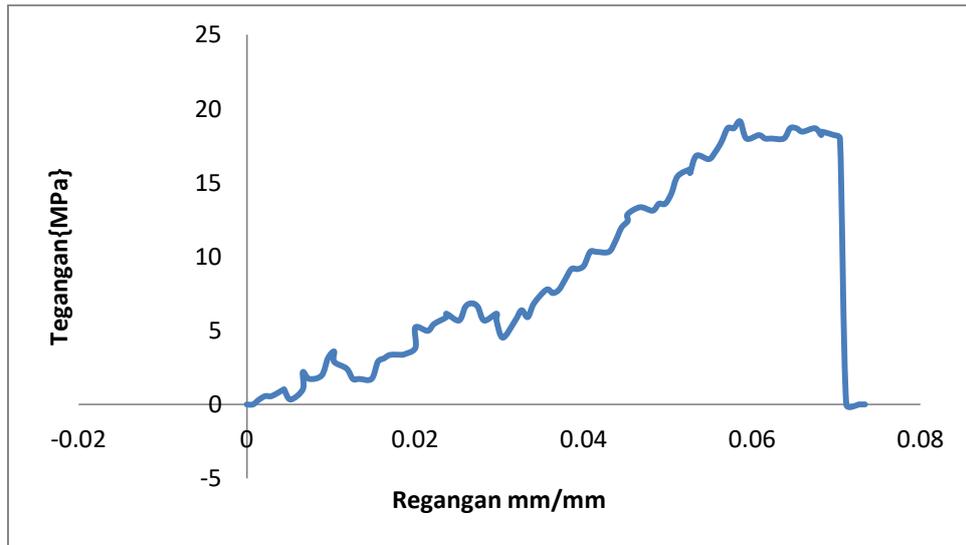
Setelah dilakukan pengujian tarik pada spesimen PLA pertama dengan ukuran panjang 165mm, tebal 3,2mm dan temperatur 190⁰C. Dengan hasil gaya maksimum 62,93 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Grafik spesimen filament PLA temperatur 190⁰C

b. Spesimen filament PLA temperatur 200⁰C

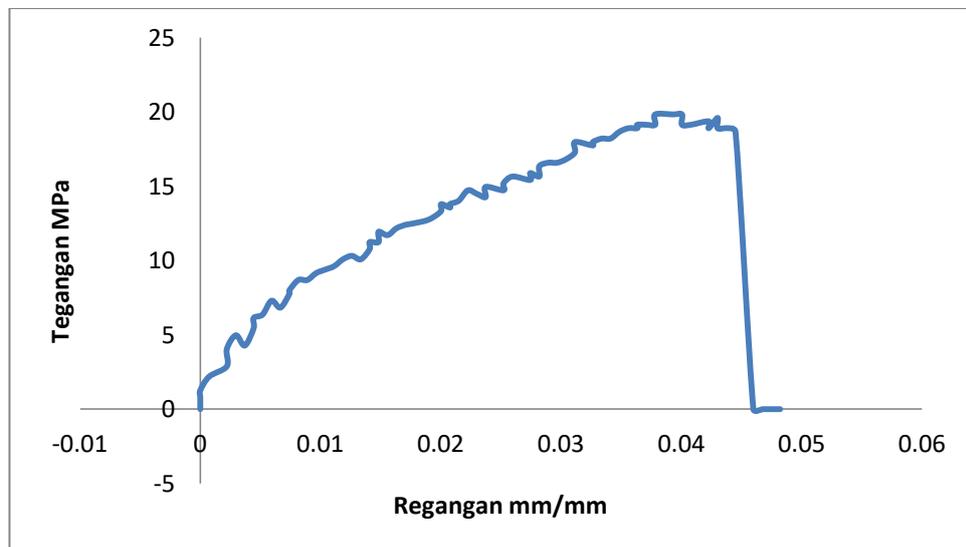
Setelah dilakukan pengujian tarik pada spesimen PLA kedua dengan ukuran panjang 165mm, tebal 3,2mm dan temperatur 200⁰C. Dengan hasil gaya maksimum 105,38 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.4 dibawah ini..



Gambar 4.4 Grafik spesimen filament PLA temperatur 200⁰C

c. Spesimen filament PLA temperatur 220⁰C

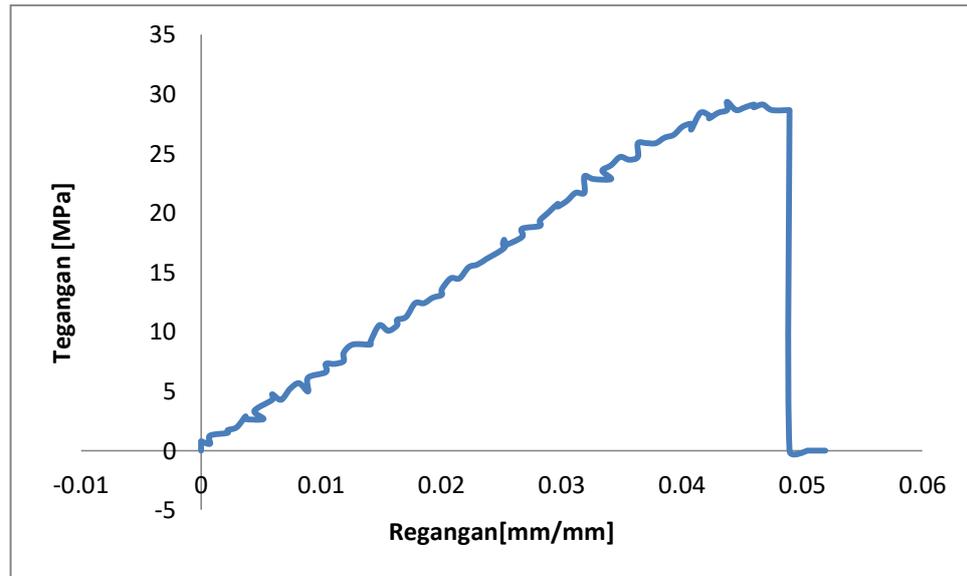
Setelah dilakukan pengujian tarik pada spesimen PLA ketiga dengan ukuran panjang 165mm, tebal 3,2mm dan temperatur 220⁰C. Dengan hasil gaya maksimum 112,01 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5 Grafik spesimen filament PLA temperature 220⁰C

d. Spesimen filament PLA temperatur 230⁰C

Setelah dilakukan pengujian tarik pada spesimen PLA keempat dengan ukuran panjang 165mm, tebal 3,2mm dan temperatur 230⁰C. Dengan hasil gaya maksimum 125,28 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Grafik spesimen filament PLA temperatur 230⁰C

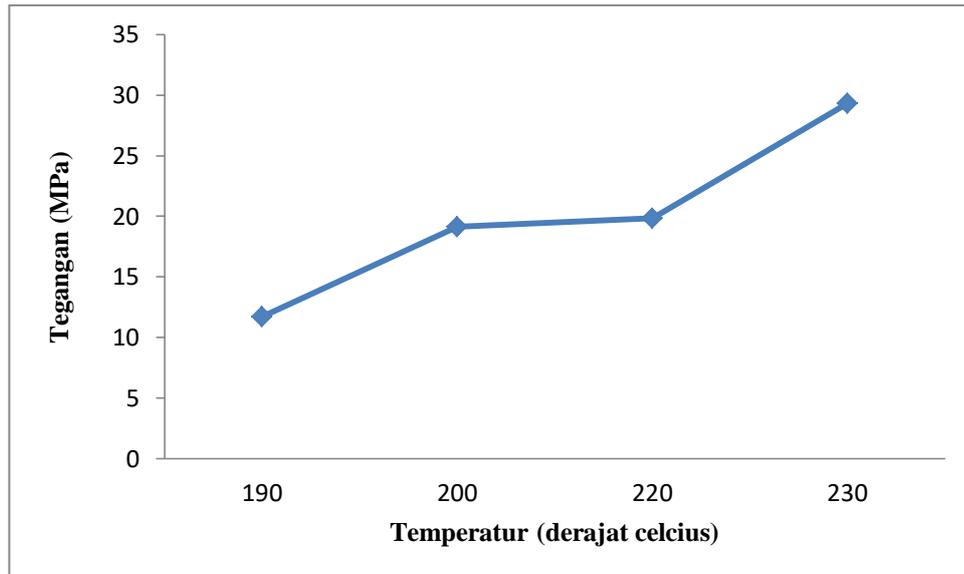
4.5 Hasil Tegangan Regangan dari 4 spesimen filament PLA

Berikut adalah hasil tegangan dan regangan dari 4 spesimen filament PLA setelah dilakukan pengujian tarik statis dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil pengujian tarik statis filament PLA panjang 165 mm dan tebal 3,2 mm

Temperatur	Tegangan (MPa)	Regangan (mm/mm)
190 ⁰ C	11.70925	0.03115
200 ⁰ C	19.138	0.0586
220 ⁰ C	19.8345	0.037825
230 ⁰ C	29.35275	0.0437625

Dari hasil data pengujian tarik diatas pada tabel 4.1 maka diperoleh grafik dari 4 spesimen filament PLA dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.7 Grafik tegangan dan regangan dari 4 spesimen filament PLA

4.6 Hasil Pembuatan Spesimen ABS

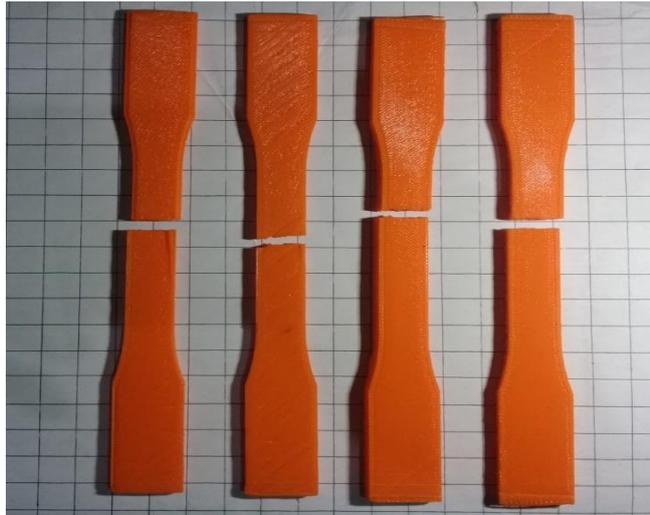
Spesimen dibuat dengan menggunakan bahan filament ABS yang kemudian dicetak dengan mesin printer 3d, dengan suhu 230°C - 260°C dan ukuran spesimen dengan panjang 165 mm dan tebal dalam 3,2 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8 Spesimen uji tarik filament ABS

4.7 Spesimen ABS hasil pengujian tarik

Pengujian spesimen dengan bahan filament ABS dengan ukuran panjang 165mm dan tebal 3,2mm dilakukan dengan alat uji mesin statis UTM.

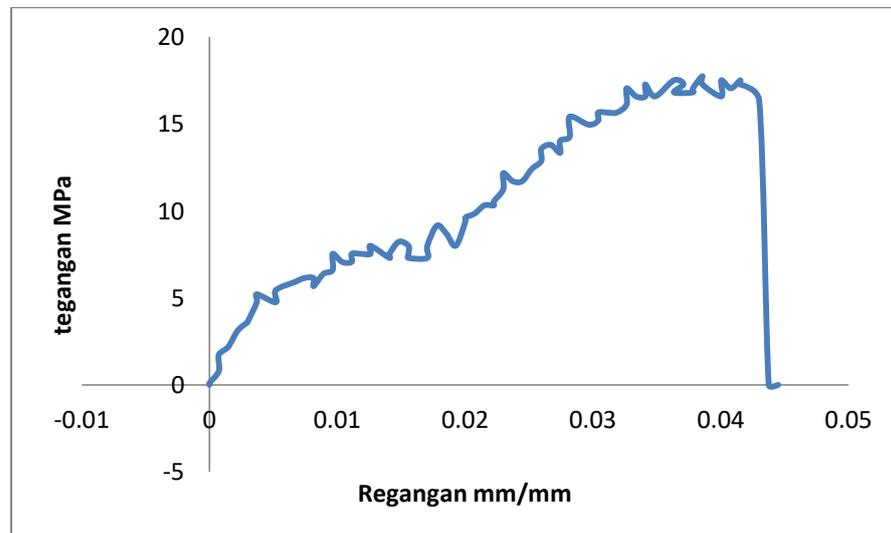


Gambar 4.9 Spesimen ABS hasil pengujian tarik

4.8 Hasil pengujian tarik statis pada filament ABS

a. Spesimen filament ABS temperatur 230°C

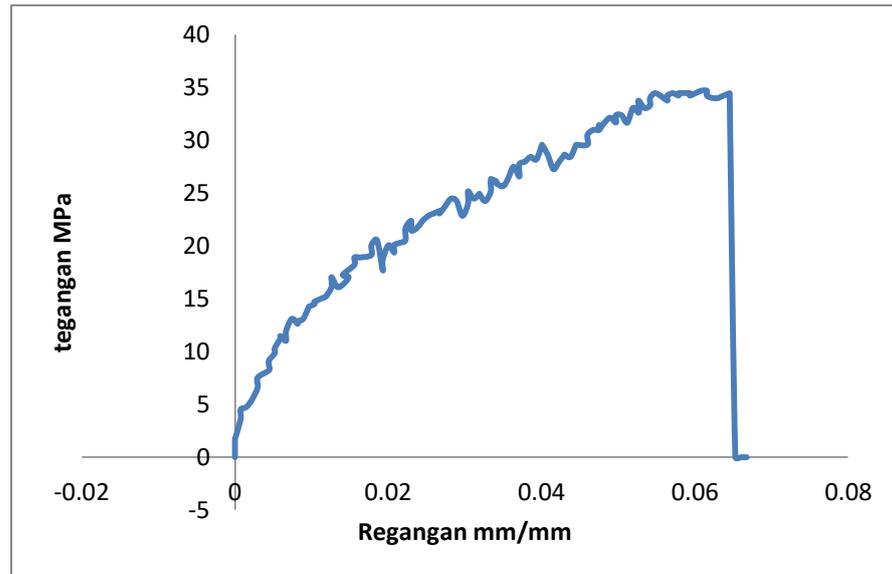
Setelah dilakukan pengujian tarik pada spesimen ABS pertama dengan ukuran panjang 165mm, tebal 3,2mm dan temperatur 230°C . Dengan hasil gaya maksimum 100,07 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10 Grafik spesimen filament ABS temperatur 230°C

b. Spesimen filament ABS temperatur 240°C

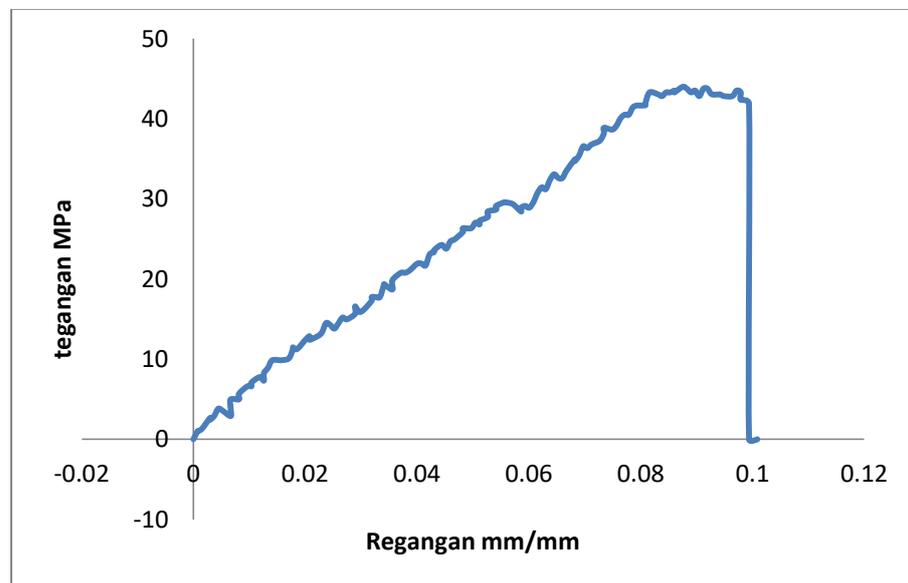
Setelah dilakukan pengujian tarik pada spesimen ABS kedua dengan ukuran panjang 165mm, tebal 3,2mm dan temperatur 240°C . Dengan hasil gaya maksimum 196,91 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.11 Grafik spesimen filament ABS temperatur 240⁰C

c. Spesimen filament ABS temperatur 250⁰C

Setelah dilakukan pengujian tarik pada spesimen ABS ketiga dengan ukuran panjang 165mm, tebal 3,2mm dan temperatur 250⁰C. Dengan hasil gaya maksimum 248,65 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.12 dibawah ini.

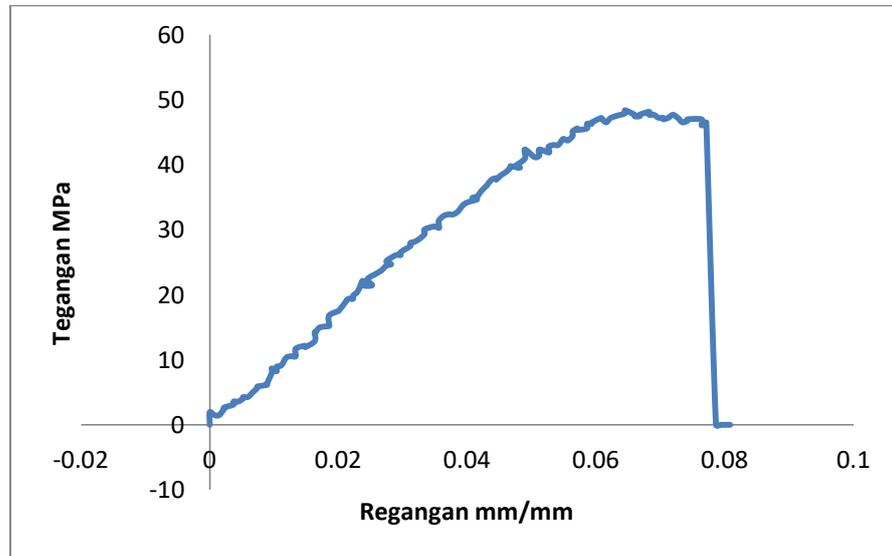


Gambar 4.12 Grafik spesimen filament ABS temperatur 250⁰C

d. Spesimen filament ABS temperatur 260⁰

Setelah dilakukan pengujian tarik pada spesimen ABS keempat dengan ukuran panjang 165mm, tebal 3,2mm dan temperatur 260⁰C. Dengan hasil

gaya maksimum 265,90 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.13 dibawah ini.



Gambar 4.13 Grafik spesimen filament ABS temperatur 260⁰C

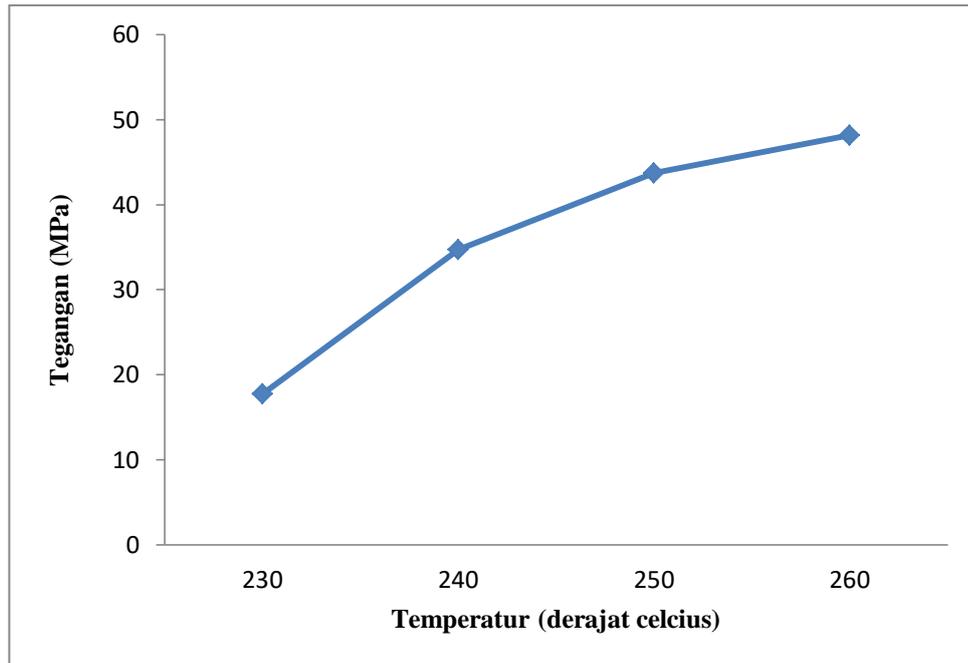
4.9 Hasil Tegangan Regangan dari 4 spesimen filament ABS

Berikut adalah hasil tegangan dan regangan dari 4 spesimen filament ABS setelah dilakukan pengujian tarik statis dapat dilihat pada tabel dibawah ini..

Tabel 4.2 Hasil pengujian tarik statis filament ABS panjang 165 mm dan tebal 3,2 mm

Temperatur	Tegangan (MPa)	Regangan (mm/mm)
230 ⁰ C	17.745	0.0385625
240 ⁰ C	134.692	0.0615625
250 ⁰ C	43.7465	0.088275
260 ⁰ C	48.1565	0.0682375

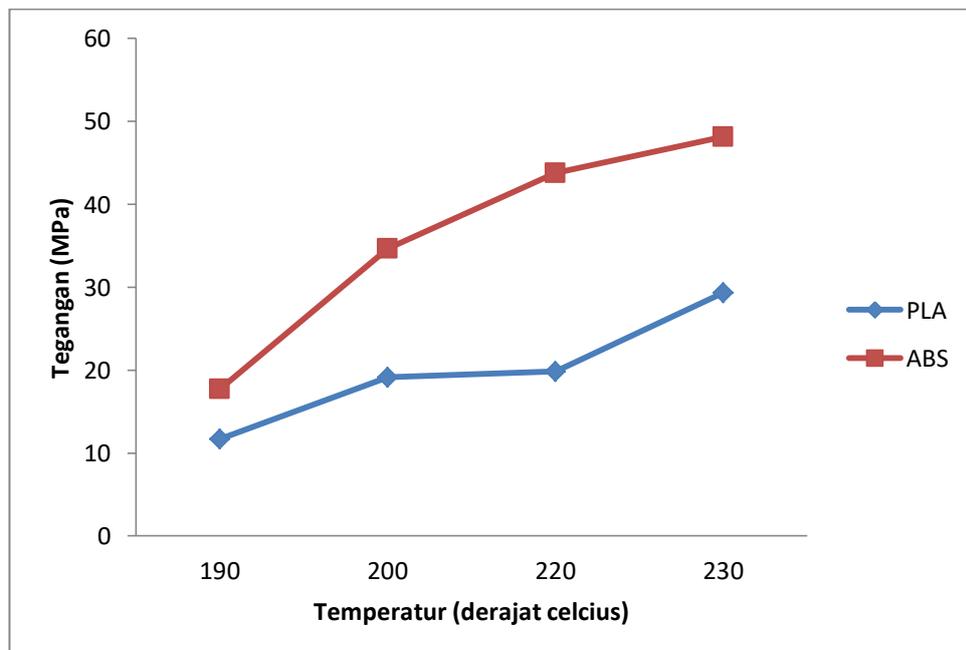
Dari hasil data pengujian tarik diatas pada tabel 4.2 maka diperoleh grafik dari 4 spesimen filament ABS dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.14 Grafik tegangan dan regangan dari 4 spesimen filament ABS

4.10 Hasil Perbandingan Uji Tarik PLA dan ABS

Setelah didapat hasil dari uji tarik spesimen PLA dari temperatur 190°C , 200°C , 220°C , dan 230°C kemudian perbandingan dengan hasil dari uji tarik spesimen ABS dengan temperatur 230°C , 240°C , 250°C dan 260°C . Maka didapat hasil perbandingan berbagai temperatur tersebut, dan hasilnya dapat dilihat pada gambar grafik 4.15 dibawah ini.



Gambar 4.15 Hasil Grafik Perbandingan spesimen PLA dan ABS

4.11 Hasil Penelitian Uji Tekan

Dari hasil penelitian ini, spesimen dibuat dengan ukuran standar tinggi 50,8mm dan diameter 12,7 mm, guna mendapatkan hasil yang diinginkan.

4.12 Hasil Pembuatan spesimen Uji Tekan PLA

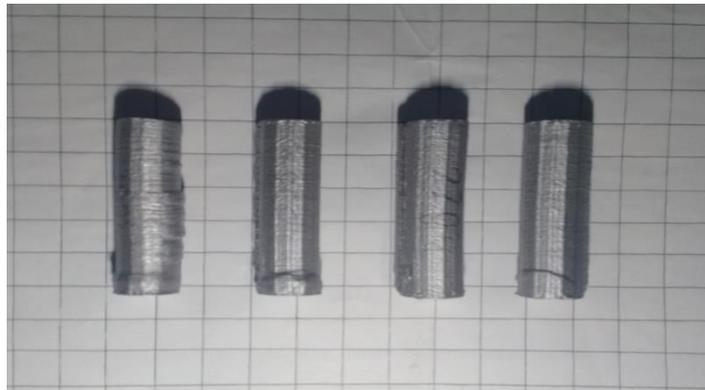
Spesimen dibuat dengan menggunakan bahan filament PLA yang kemudian dicetak dengan mesin printer 3d, dengan suhu cetak 190°C - 230°C dan ukuran spesimen dengan tinggi 50,8 mm dan tebal dalam 12,7 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.16 dibawah ini.



Gambar 4.16 Spesimen Uji Tekan PLA

4.13 Spesimen PLA hasil Pengujian Tekan

Pengujian spesimen dengan bahan filament PLA dengan ukuran tinggi 50,8 mm dan diameter 12,7 mm dilakukan dengan alat uji mesin statis UTM.

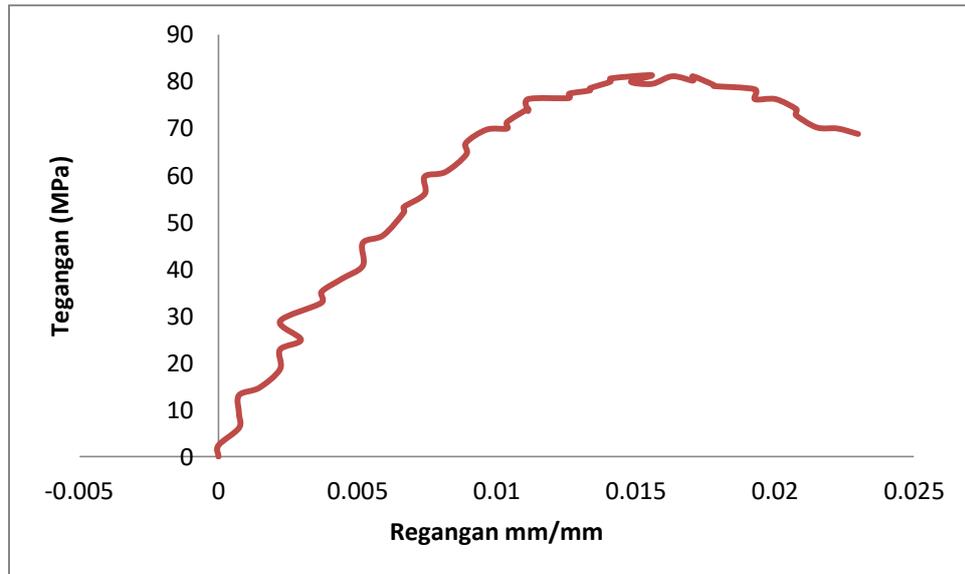


Gambar 4.17 Spesimen PLA hasil pengujian tekan

4.14 Hasil pengujian tekan statis pada filament PLA

a. Spesimen filament PLA temperatur 190°C

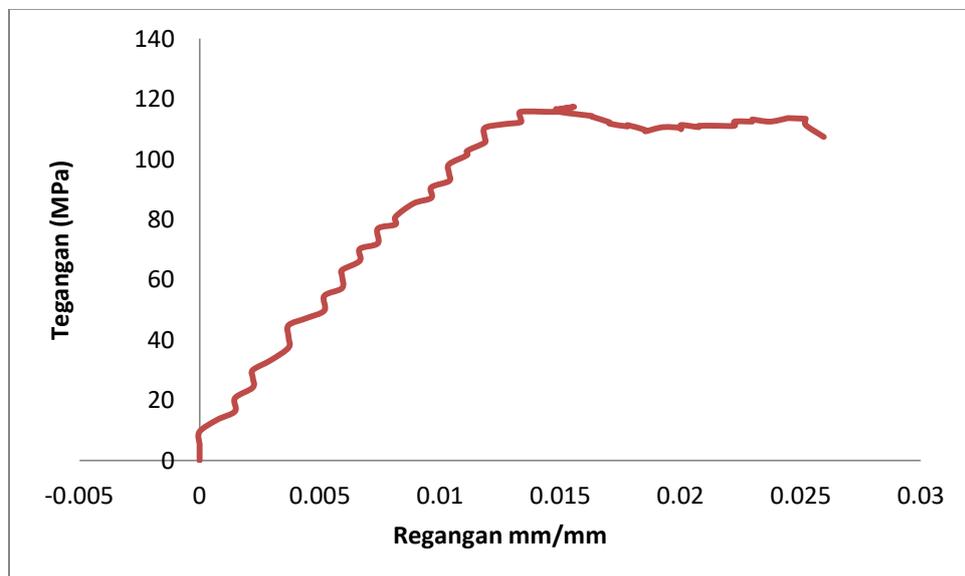
Setelah dilakukan pengujian tekan pada spesimen PLA pertama dengan ukuran tinggi 50,8 mm, diameter 12,7 mm dan temperatur 190°C . Dengan hasil gaya maksimum 393,88 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18 Grafik spesimen filament PLA temperatur 190⁰C

b. Spesimen filament PLA temperatur 200⁰C

Setelah dilakukan pengujian tekan pada spesimen PLA kedua dengan ukuran tinggi 50,8 mm, diameter 12,7 mm dan temperatur 200⁰C. Dengan hasil gaya maksimum 674,96 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.19 dibawah ini.

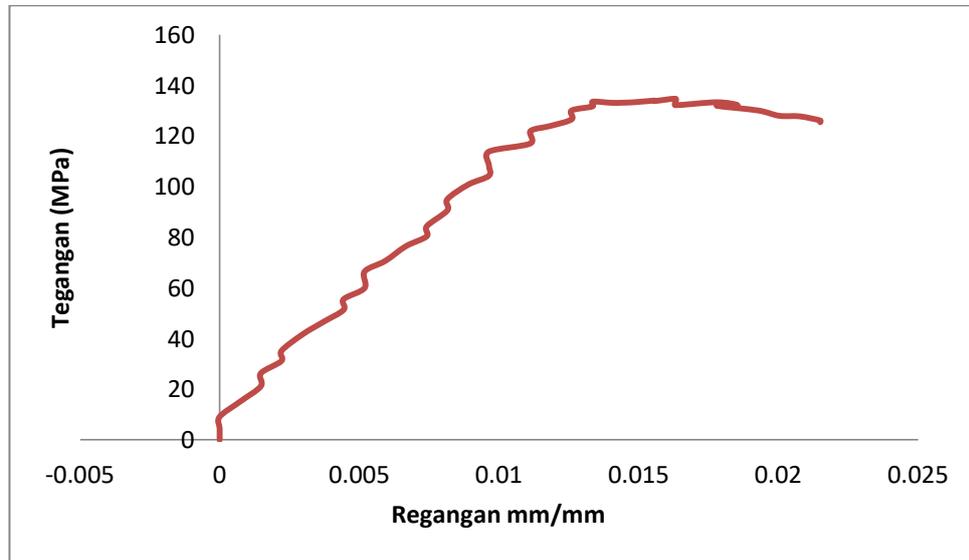


Gambar 4.19 Grafik spesimen filament PLA temperatur 200⁰C

c. Spesimen filament PLA temperatur 220⁰C

Setelah dilakukan pengujian tekan pada spesimen PLA ketiga dengan ukuran tinggi 50,8 mm, diameter 12,7 mm dan temperatur 220⁰C. Dengan

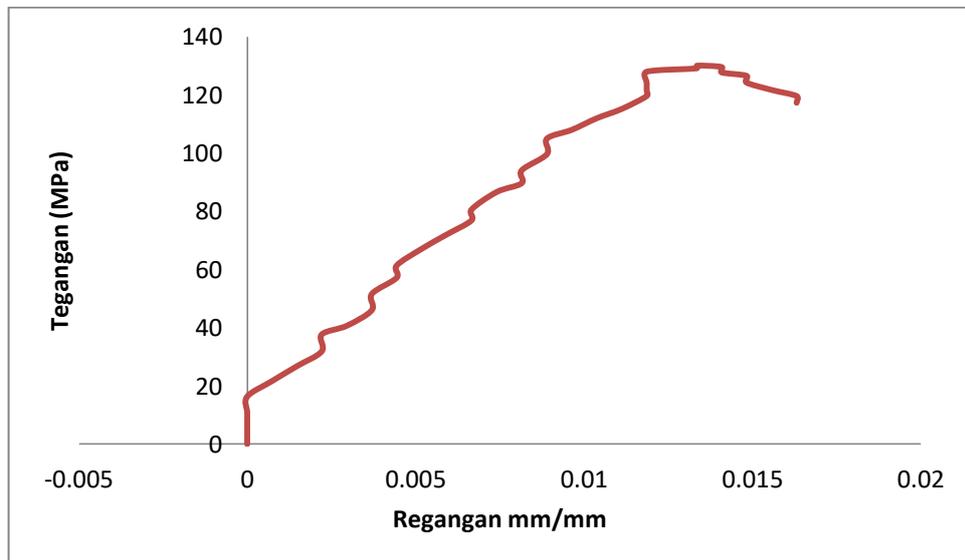
hasil gaya maksimum 710,31 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.20 dibawah ini.



Gambar 4.20 Grafik spesimen filament PLA temperature 220⁰C

d. Spesimen filament PLA temperatur 230⁰C

Setelah dilakukan pengujian tekan pada spesimen PLA keempat dengan ukuran tinggi 50,8 mm, diameter 12,7 mm dan temperatur 230⁰C. Dengan hasil gaya maksimum 730,21 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.21 dibawah ini.



Gambar 4.21 Grafik spesimen filament PLA temperatur 230⁰C

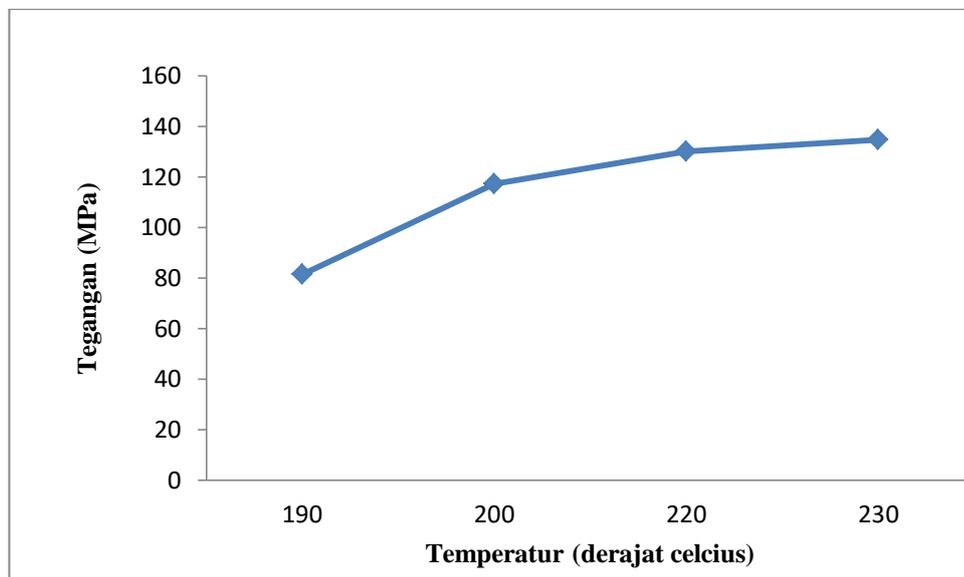
4.15 Hasil Tegangan Regangan dari 4 spesimen filament PLA

Berikut adalah hasil tegangan dan regangan dari 4 spesimen filament PLA setelah dilakukan pengujian tekan statis dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil pengujian tekan statis filament PLA tinggi 50,8 dan diameter 12,7 mm

Temperatur	Tegangan (MPa) (mm/mm)	Regangan
190 ⁰ C	81.35575	0.015575
200 ⁰ C	117.3393	0.015575
220 ⁰ C	130.109	0.01335
230 ⁰ C	134.7518	0.016313

Dari hasil data pengujian tekan diatas pada tabel 4.3 maka diperoleh grafik dari 4 spesimen filament PLA dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.22 Grafik tegangan dan regangan dari 4 spesimen filament PLA

4.16 Hasil Pembuatan Spesimen ABS

Spesimen dibuat dengan menggunakan bahan filament ABS yang kemudian dicetak dengan mesin printer 3d, dengan suhu 230⁰C-260⁰C dan ukuran spesimen dengan tinggi 50,8 dan diameter 12,7mm. Dapat dilihat pada gambar 4.23 dibawah ini.



Gambar 4.23 Spesimen uji tekan filament ABS

4.17 Spesimen ABS hasil pengujian tekan statis

Pengujian spesimen dengan bahan filament ABS dengan ukuran tinggi 50,8 mm dan diameter 12,7 mm dilakukan dengan alat uji mesin statis UTM.

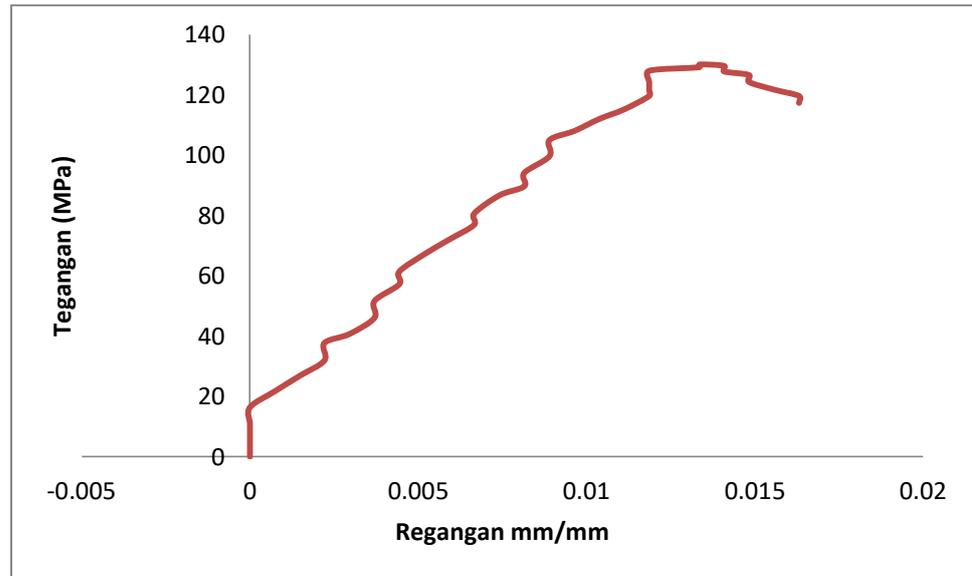


Gambar 4.24 Spesimen ABS hasil uji tekan

4.18 Hasil pengujian tekan statis pada filament ABS

a. Spesimen filament ABS temperatur 230⁰C

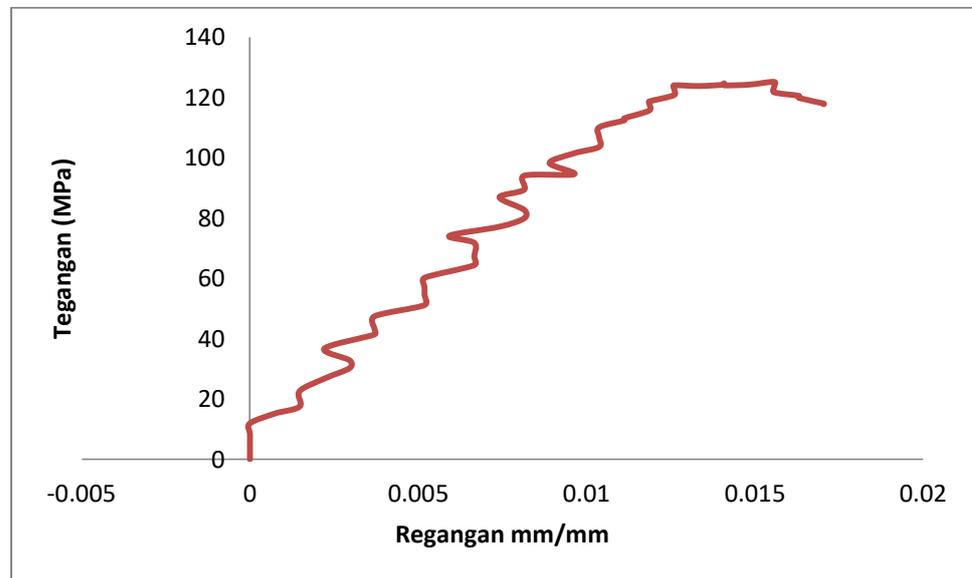
Setelah dilakukan pengujian tekan pada spesimen ABS pertama dengan ukuran tinggi 50,8 mm, diameter 12,7 mm dan temperatur 230⁰C. Dengan hasil gaya maksimum 598,88 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.25 dibawah ini.



Gambar 4.25 Grafik spesimen filament ABS temperatur 230⁰C

b. Spesimen filament ABS temperatur 240⁰C

Setelah dilakukan pengujian tarik pada spesimen ABS kedua dengan ukuran tinggi 50,8 mm, diameter 12,7 mm dan temperatur 240⁰C. Dengan hasil gaya maksimum 689,08 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.26 dibawah ini.

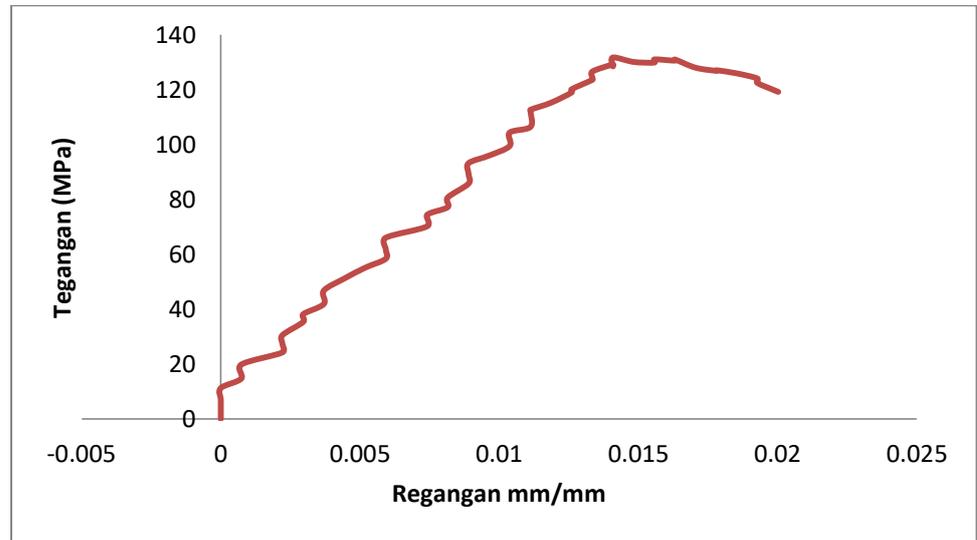


Gambar 4.26 Grafik spesimen filament ABS temperatur 240⁰C

c. Spesimen filament ABS temperatur 250⁰C

Setelah dilakukan pengujian tekan pada spesimen ABS ketiga dengan ukuran tinggi 50,8 mm, diameter 12,7 mm dan temperatur 250⁰C. Dengan

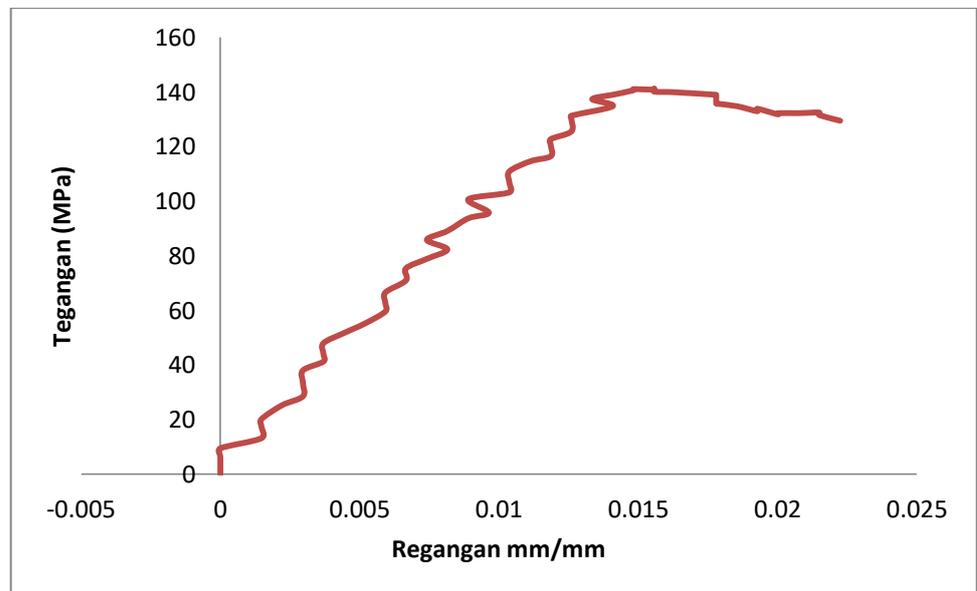
hasil gaya maksimum 719,60 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.27 dibawah ini.



Gambar 4.27 Grafik spesimen filament ABS temperatur 250⁰C

d. Spesimen filament ABS temperatur 260⁰

Setelah dilakukan pengujian tekan pada spesimen ABS keempat dengan ukuran tinggi 50,8 mm, diameter 12,7 mm dan temperatur 260⁰C. Dengan hasil gaya maksimum 756,74 kgf yang dapat dilihat pada gambar grafik 4.28 dibawah ini.



Gambar 4.28 Grafik spesimen filament ABS temperatur 260⁰C

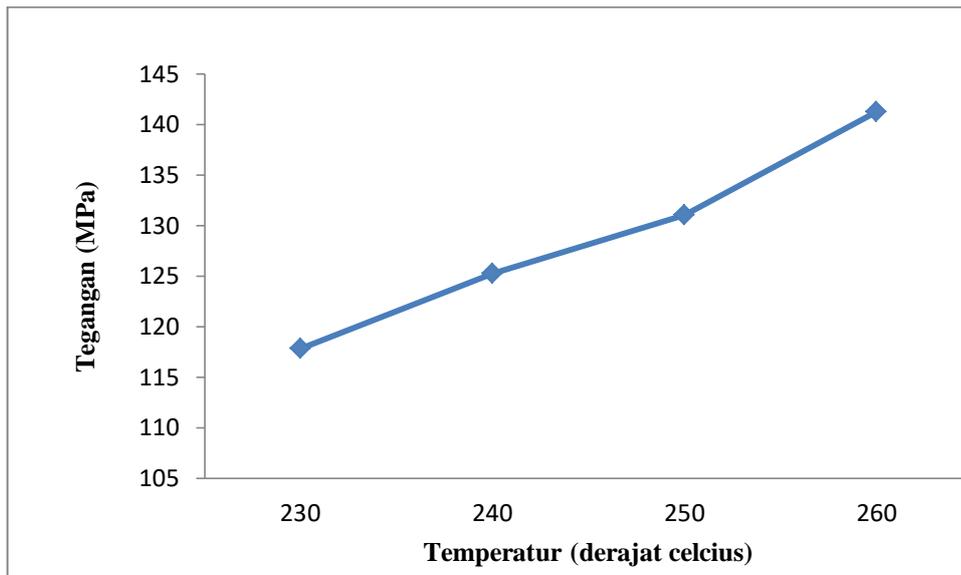
4.19 Hasil Tegangan Regangan dari 4 spesimen filament ABS

Berikut adalah hasil tegangan dan regangan dari 4 spesimen filament ABS setelah dilakukan pengujian tekan statis dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil pengujian tekan statis filament PLA tinggi 50,8 dan diameter 12,7 mm

Temperatur	Tegangan (MPa) (mm/mm)	Regangan
230 ⁰ C	1178048	0.014088
240 ⁰ C	125.2335	0.015575
250 ⁰ C	131.0365	0.016313
260 ⁰ C	141.2513	0.015575

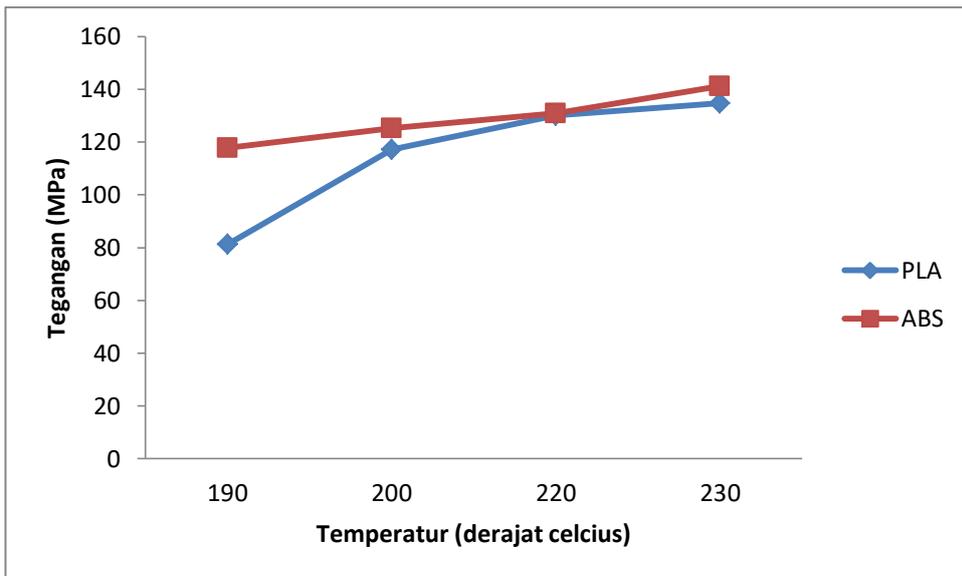
Dari hasil data pengujian tekan diatas pada tabel 4.4 maka diperoleh grafik dari 4 spesimen filament ABS dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.29 Grafik tegangan dan tegangan dari 4 spesimen filament ABS

4.20 Hasil Perbandingan Uji Tekan PLA dan ABS

Setelah didapat hasil dari uji tekan spesimen PLA dari temperatur 190⁰C,200⁰C,220⁰C, dan 230⁰C kemudian perbandingan dengan hasil dari uji tekan spesimen ABS dengan temperatur 230⁰C,240⁰C,250⁰C dan 260⁰C . Maka didapat hasil perbandingan berbagai temperatur tersebut, dan hasilnya dapat dilihat pada gambar grafik 4.30 dibawah ini.



Gambar 4.30 Hasil Grafik Perbandingan spesimen PLA dan ABS

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian uji tarik dan tekan dengan beberapa spesimen yang bervariasi ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Bahwa pengaruh temperatur terhadap pembuatan spesimen printer 3D berpengaruh terhadap tingkat kekerasan spesimen yang telah dicetak.
2. Pada pembuatan spesimen, yang dicetak dengan bahan filament pla dan abs mesin printer 3D bekerja dengan maksimal seperti yang ditunjukkan pada hasil pembuatan spesimen.
3. Bahwa uji tarik dan tekan statis yang telah dilakukan pada spesimen uji tarik dan tekan bekerja dengan maksimal seperti yang ditunjukkan pada hasil pengujian

5.2 Saran

1. Penulis menyarankan untuk sebelum melakukan proses 3D printing pastikan meja kerja dari mesin printer 3D yang digunakan sebagai tempat proses printing sudah datar dengan cara menggunakan waterpass.
2. Perlu dikaji ulang dalam pengoperasian mesin uji tarik dan tekan statis saat melakukan pengujian di laboratorium program studi teknik mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- B.Podlepetsky, M.Nikiforova, A Kovalenko, (2017). Chip Temperature Influence on Characteristics of MISFET Hydrogen Sensors, Department of micro and nanoelectronics, National Reasearch Nuclear University MEPhI, Moscow,115409,Rusisia. Vol. 156.
- Ehsan Vadiie, Yi Fang, Chaomin Zhang, Alec M.Fischer, Joshua J.Williams, Emma J. Renteria (2017),Temperature dependence of GaSb and AlGaSb solar cells, School of Electrical, Energy, and Computer Engineering, Arizona State University, Tempe, AZ 85287 USA. Vol. 28-34.
- <https://id.wikipedia.org/wiki/>. 3D Printing Temperatures & Printing Guidelines, diakses tanggal 20 September 2018.
- <https://www.thingiverse.com/> 3D-printing, diakses tanggal 3 Maret 2018.
- J. Castro, J Seabra (2017). Influence of mass temperature on gear scuffing, Department de Engineering Mecanics, Institut Superior the Engineering, Institut Politecnics do Porto, Portugal. Vol. 27-37.
- M. Elbadawi, M. Mosalagae, IM Reaney, J. Meredith (2017), A Novel Binder for Ceramics Extrusion, Department of Mechanical Engineering, University of Sheffield, Mappin Street, Sheffield S1 3JD, United Kingdom. Vol. 15-18.
- L. Peralta (2017), Temperature dependence of plastic scintillators, Department of Fisica the Faculdade the Ciencias the University the Lisbon, Portugal. Vol 20-23.
- Martina Lille, Asta Nurmela , Emilia Nordlund, Sini Metsa-Kortelainen, Nesli Sozer (2017), Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. VTT Technical Research centre of Finland Ltd., P.O Box 1000, FI-02044 VTT, Finland. Vol 1-8.
- Peter Groche, Florian Hoppe, Julian Sinz (2017). Stiffness of multipoint servo presses: Mechanics vs Control. Institute for Production Engineering and Forming Machines, Technische University Darmstadt, Darmstadt, Germany. Vol.116.
- Tobias K. Bechgaard, Ozgur Gulbiten, John C. Mauro, Morten M. Smedskjaer (2017) Parametric study of temperature-modulated differential scanning calorimetry for high-temoerature oxide glasses with varying fragility, Department of Chemistry and Bloscience, Aalborg University, Aalborg, Denmark. Vol.65-66.