

**PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING
TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMENT
POLYETHYLENE TEREPHTHALET GLYCOL**

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

ROVI AVRIANSAH NIRM : 1041825

POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

TAHUN 2022

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

**PENGARUH PARAMETER PROSES 3D *PRINTING* TERHADAP
KEKUATAN TARIK FILAMENT *POLYETHYLENE TEREPHTHALET*
*GLYCOL***

Oleh :

Rovi Avriansah NIRM : 1041825

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka
Belitung

Pembimbing 1




Pristiansyah, S.S.T., M.Eng

Pembimbing 2



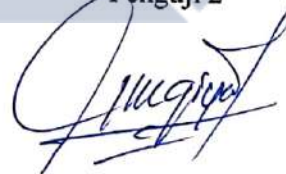
Erwanto, S.S.T., M.T

Penguji 1



Husman, S.S.T., M.T

Penguji 2



Sugiyarto, S.S.T., M.T

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Rovi Avriansah NIRM : 1041825

Dengan Judul : Pengaruh Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Kekuatan Tarik *Filament Polyethylene Terephthalet Glycol*.

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja saya sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan in, saya bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 18 Januari 2022

Penulis



Rovi Avriansah

ABSTRAK

Teknologi 3D *printing* adalah teknologi terbaru dalam bidang *Additive layer Manufacturing* (AM). Pada saat ini AM banyak dikembangkan salah satunya yaitu *Rapid Prototyping* (RP) tipe FDM, tipe FDM menggunakan polimer yang dilelehkan menggunakan pemanas lalu diekstruksi lewat *nozzle* yang dikeluarkan berupa tinta dan dicetak pada meja printer untuk menciptakan hasil 3D dengan lapisan per lapisan (*layer by layer*). Pada penelitian ini filamen yang digunakan adalah filamen PETG (*Polyethylene terephthalate Glycol*). Pada penelitian ini menggunakan metode taguchi L27 (3^8) OA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter proses yang paling berpengaruh dan optimal yang digunakan pada pengujian tarik sesuai dengan parameter proses yang digunakan yaitu *Nozel Temperature*, *Bed Temperature*, *Flow Rate*, *Print Speed*, *Layer Thicknes*, *Wall Thicknes*, *Infill Density*, dan *Infill Speed*. Hasil penelitian menunjukkan parameter proses yang sangat berpengaruh dan optimal terhadap uji tarik berturut-turut menggunakan filamen PETG yaitu *Wall Thickness* level tiga (1,2 mm), *Nozel Temperature* level satu (230°C), *Print Speed* level satu (40 mm/s), *Layer Thickness* level dua (0,24 mm), *Bed Temperature* level satu (60°C), *Flow Rate* level satu (80%), *Infill Speed* level satu (30 mm/s), *Infill Density* level dua (25%). Dengan rata-rata kekuatan tarik tertinggi yaitu 30,1 Mpa.

Kata Kunci: 3D *Printing*, FDM, Uji Tarik, filamen PETG

ABSTRAK

3D printing technology is the latest technology in the field of Additive layer manufacturing (AM). Currently AM is being developed, one of which is Rapid Prototyping (RP) FDM type, FDM type uses polymer which is melted using a heater and then extruded through a nozzle that is released in the form of ink and printed on the printer table to create 3D results layer by layer (layer by layer). In this research, the filament used is PETG (Polyethylene terephthalate Glycol) filament. In this study, the taguchi L27 (3⁸) OA method was used. This study aims to determine the most influential and optimal process parameters used in tensile testing according to the process parameters used, namely Nozel Temperature, Bed Temperature, Flow Rate, Print Speed, Layer Thicknes, Wall Thicknes, Infill Density, and Infill Speed. The results showed that the process parameters that were very influential and optimal for the tensile test using PETG filaments were Wall Thickness level three (1.2 mm), Nozel Temperature level one (230°C), Print Speed level one (40 mm/s), Layer Thickness level two (0.24 mm), Bed Temperature level one (60°C), Flow Rate level one (80%), Infill Speed level one (30 mm/s), Infill Density level two (25%). With the highest average tensile strength of 30.1 Mpa.

Keywords: 3D Printing, FDM, Tensile Test, PETG filament

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMENT POLYTHYLENE TEREPHTHALET GLYCOL”** dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma IV di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Terapan Prodi Teknik Mesin dan Manufaktur.

Penulis juga ingin menyampaikan rasa terimakasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, baik berupa dorongan moral maupun materi. Karena tanpa bantuan dan dukungan tersebut, sulit rasa-nya bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Disamping itu, izinkan penulis untuk menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Ucapan terimakasih dan penghargaan yang sangat spesial penulis hanturkan dengan rendah hati dan rasa hormat kepada kedua orang tua penulis tercinta, beserta keluarga yang selalu memberikan dukungan kepada penulis baik doa restu, petunjuk maupun materi.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng.,Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
3. Bapak Pristiansyah S.S.T.,M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Erwanto S.S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

5. Bapak dan ibu dosen Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah memberikan ilmu kepada penulis. Semoga bapak dan ibu dosen selalu dalam lindungan Allah SWT sehingga ilmu yang telah diajarkan dapat bermanfaat dikemudian hari.
6. Teman-teman seperjuangan saya yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam perbaikan skripsi ini dan penulis berbesar hati untuk meminta maaf kepada semua pihak yang merasa kurang berkenan dengan skripsi ini. Kiranya tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Akhir kata penulis ucapkan terimakasih

Sungailiat, 18 Januari 2022



Rovi Avriansah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1. Mesin 3D <i>Printing</i>	4
2.2. Langkah Proses dan Prinsip Kerja Mesin 3D <i>Printing</i>	5
2.3. Filament PETG.....	5
2.3.1. Keunggulan PETG (dibandingkan dengan PET).....	6
2.4. Metode Taguchi.....	7
2.4.1. Keunggulan dan Kekurangan Metode Taguchi.....	8
2.4.2. Tahap-tahap dalam Desain Produk/Proses Menurut Taguchi	8
2.4.3. Karakteristik Kualitas Menurut Taguchi.....	9
2.5. Uji Kekuatan Tarik.....	10
BAB III METODEOLOGI PENELITIAN	12
3.1. Digram Alir	12
3.2. Objek Penelitian	13
3.3. Tempat Penelitian dan Pengujian	13

3.4.	Studi Literatur.....	13
3.5.	Alat dan Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian.....	13
3.5.1.	Bahan Penelitian.....	13
3.5.2.	Alat Penelitian.....	13
3.6.	Menentukan Variasi Parameter.....	15
3.6.1.	Variabel Respon.....	16
3.6.2.	Desain Taguchi L27.....	16
3.7.	Pembuatan desain CAD.....	17
3.7.	<i>Slicing</i> STL Spesimen.....	18
3.8.	Proses <i>Printing</i>	18
3.9.	Proses Uji Tarik.....	20
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1.	Proses Pengambilan Data.....	21
4.2.	Hasil Uji Tarik.....	25
4.3.	Pengolahan Data Hasil Eksperimen.....	26
4.3.1.	Mean Plot dan <i>S/N Ratio</i> "Large Is Better" pengujian kuat tarik..	27
4.4.	Analisi Varian (ANAVA).....	29
4.5.	Persen Kontribusi.....	30
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	32
5.1.	Kesimpulan.....	32
5.2.	Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variasi Parameter	15
Tabel 3. 2 Desain Eksperimen Taguchi OA L27	16
Tabel 4. 1 Desain Faktorial Penelitian L27 OA	21
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kuat Tarik.....	25
Tabel 4. 3 Hasil Mean Plot Pengujian Tarik	27
Tabel 4. 4 Hasil S/N Ratio	28
Tabel 4. 5 Analisis of variance	29
Tabel 4. 6 Keputusan Uji F	29
Tabel 4. 7 Persen kontribusi S/N Ratio	30
Tabel 4. 8 Hasil Uji Konfirmasi	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 3D <i>Printing</i>	4
Gambar 2. 2 <i>Filament</i> PETG.....	6
Gambar 2. 3 Uji Tarik	10
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	12
Gambar 3. 2 Mesin 3D <i>Printing</i> REXYZ.	14
Gambar 3. 3 <i>Software</i> Auto Desk Fusion 360.....	14
Gambar 3. 4 <i>Software</i> Ultimaker Cura 4.9.1	15
Gambar 3. 5 Mesin Uji Tarik	15
Gambar 3. 6 Desain Spesimen Uji Berdasarkan ASTM D638-14 Type IV	17
Gambar 3. 7 Desain Spesimen Uji Tarik.....	18
Gambar 3. 8 Pemasangan kartu memori pada 3D <i>Printing</i>	18
Gambar 3. 9 Kalibrasi Mesin	19
Gambar 3. 10 <i>Setting</i> Parameter.....	19
Gambar 3. 11 <i>Setting</i> Spesimen Pada Mesin Uji Tarik.....	20
Gambar 4. 1 Proses <i>Slicing</i>	23
Gambar 4. 2 Proses Pencetakan Spesimen.....	23
Gambar 4. 3 Hasil Pencetakan Spesimen Uji Tarik	24
Gambar 4. 4 Proses Pengujian Tarik.....	24
Gambar 4. 5 Spesimen Hasil Setelah Uji Tarik	25
Gambar 4. 6 Grafik Mean Plot Pengujian Tarik	27
Gambar 4. 7 Grafik S/N <i>Ratio</i>	28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup.....	35
Lampiran 2 Spesimen Hasil Cetak 3D <i>Printing</i>	36
Lampiran 3 Hasil Perhitungan Uji Tarik.....	41



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin canggih memberikan dampak yang sangat signifikan dalam perkembangan dunia industri terutama dalam bidang manufaktur. Akibat dari kemajuan industri ialah persaingan yang sangat ketat antar industri manufaktur. Persaingan ini menimbulkan masing-masing industri manufaktur untuk menghasilkan produk dengan kualitas terbaik dan ketepatan yang tinggi, sehingga akan menyebabkan peningkatan mutu produk yang akan di buat. Teknologi yang saat ini sedang berkembang ialah *3D Printing*.

Teknologi *3D printing* adalah teknologi terbaru dibidang *Additive Layer Manufacturing*. Mesin *3D printing* ini berfungsi mencetak objek pada tiga dimensi. Teknik *additive manufacture* (AM) memiliki beberapa teknik yang umum diaplikasikan seperti: *stereo-lithography* (SLS), *ink jet modeling* (IJM), *direct metal deposition* (DMD) dan *fused deposition modeling* (FDM). Salah satu AM yang saat ini banyak dikembangkan adalah *Rapid Prototyping* (RP) berbasis FDM, tipe FDM menggunakan polimer dilelehkan dengan pemanasan kemudian diekstruksi melalui *nozzle* sebagai tinta dan dideposisikan pada meja printer untuk menghasilkan objek 3D secara lapisan demi lapisan (*layer by layer*) (Grabowik, et al., 2017).

Fused Deposition Modeling (FDM) adalah salah satu metode yang paling populer di AM, dimana produk yang dibuat melalui proses ini memiliki potensi bersaing dengan metode produksi konvensional (*inject moulding*). Aplikasi FDM sangat luas dalam industri medis, pembuatan cetakan, otomotif dan kedirgantaraan. (Deni Andriyansyah, et al., 2018)

Filamen pencetakan 3D adalah bahan baku termoplastik untuk printer 3D pemodelan deposisi gabungan. Filamen merupakan salah satu bahan utama dalam proses pembuatan produk *3D printing* yang berfungsi sebagai bahan pengisi

bentuk. Pada 3D *printing* terdapat beberapa jenis filamen yang sering digunakan seperti *polylactic acid* (PLA), *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *nylon*, *polyethylene terephthalate glycol* (PETG) dan *polycarbonat* (PC) dan lain-lain. (Grabowik, et al., 2017).

Penelitian Pengaruh parameter pemrosesan FDM pada geometri akhir pencetakan, massa material, waktu cetak dan kekuatan tarik dilakukan.. (Aris Widy Nugroho, et al., 2020) Studi ini menyelidiki pengaruh dua parameter proses 2 langkah: nosel suhu dan lebar ekstrusi pada gaya tarik hasil tekanan 3DP menggunakan metode desain eksperimental Taguchi. Secara umum, semua cetakan masih sesuai dengan ukuran yang ditetapkan dengan perbedaan berat cetakan kecil (0,03-0,1 gr). Cetakan dengan lebar ekstrusi 0,4 membutuhkan waktu lebih lama (64 menit) dari pada yang lain (48 menit).

Analisis Rasio S / N dan Anova menunjukkan hasil yang sama bahwa lebar ekstrusi memiliki pengaruh dominan pada nosel suhu yang ditunjukkan oleh nilai kontribusi parameter untuk lebar ekstrusi ($\rho\%$) sebesar 75,29%. menggunakan kombinasi parameter lebar ekstrusi 0,4 mm dan suhu nosel 180°C menghasilkan produk dengan cacat/void rendah dan kekuatan tarik maksimum (7.611 MPa).

Hasil pengujian tarik oleh (Deni Andriyansyah, et al., 2018) untuk menunjukkan Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Kuat Tarik Filamen PLA. bahwa nilai kuat tarik tertinggi dengan nilai 18,7 Mpa sedangkan nilai kuat tarik terendah dengan nilai 16,1 MPa. Setiap parameter menghitung tingkat pengaruh pada nilai kuat dari gaya tarik sampel sampai parameter optimal diperoleh, yaitu suhu ekstrusi 200 ° C, suhu *bed* 55 ° C, tinggi lapisan 0,1 mm dan *feed rate* 50 mm/s.

Penelitian yang dilakukan oleh (Wahyudi Hafizi Pratam, 2021) untuk pengaruh parameter proses terhadap kuat tarik filamen Esun PLA+. Parameter yang paling berpengaruh adalah *nozzel temperature* 215°C, kedua *Layer thickness* 0,1 mm, yang ketiga *Printing speed* 35 mm/s dan *Cooling Speed* 40% dengan nilai kekuatan tarik sebesar 48,1 Mpa dengan 3 kali pengulangan.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian yang telah dilihat. Maka akan melakukan penelitian menggunakan filament PETG guna untuk mengetahui pengaruh parameter proses terhadap kekuatan kuat tarik dari hasil cetak objek menggunakan mesin 3D *printing* FDM dengan menggunakan metode taguci.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh parameter proses 3D *Printing* terhadap kuat tarik menggunakan filamen *polyethylene terephthalate glycol* (PETG) ?
2. Bagaimana cara untuk mengoptimalkan parameter proses 3D *printing* dalam mencetak menggunakan filamen *polyethylene terephthalate glycol* (PETG) ?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini dilakukan pengujian tarik pada material *polyethylene terephthalate glycol* (PETG).
2. Pembuatan spesimen menggunakan mesin 3D tipe *extrusion* dengan teknologi FDM (*Fused Deposition Modelling*) merk REXYZ A1 dan *software* pendukung yaitu ultimaker Cura 4.9.1.
3. Dimensi spesimen merujuk pada standar ASTM D638 Tipe IV.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan nilai parameter yang optimal dari proses uji tarik berdasarkan parameter proses.
2. Untuk mendapatkan parameter yang paling terpengaruh terhadap kuat tarik 3D *printing* menggunakan filamen *polyethylene terephthalate glycol*.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Mesin 3D Printing

3D *printing* merupakan salah satu bagian yang berasal dari *additive manufacture*. Mesin 3D printer merupakan alat yang digunakan untuk mencetak objek tiga dimensi dari file digital. Membuat 3 objek cetak menggunakan proses aditif. Pada saat proses pencetakan secara aditif, sebuah objek didesain dengan cara meletakkan lapisan tipis secara berurutan sampai objek tercipta sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Masing-masing lapisan ini dapat dilihat sebagai palang horizontal halus dipotong dari objek yang akhirnya menciptakan objek tiga dimensi.



Gambar 2. 1 3D Printing
(Rvector, 2021)

Salah satu teknologi 3D *printing* yang terkenal serta murah adalah FFF (*Fused Filament Fabrication*) teknologi tersebut biasa dikenal sebagai *Fused Deposition Modelling* (FDM). Untuk mengurangi biaya produksi dan proses pembuatan produk prototipe menjadi lebih mudah pada percetakan 3D dianjurkan menggunakan teknologi *fused deposition modeling* (FDM). Prinsip kerja FDM adalah melalui konstruksi termoplastik dengan *nozzel* panas pada suhu leleh, setelah itu produk diproduksi lapis demi lapis. (Pristiansyah, et al., 2019)

2.2 Langkah Proses dan Prinsip Kerja Mesin 3D Printing

Adapun langkah-langkah proses dan prinsip kerja dari mesin 3D printing tersebut sebagai berikut:

1. Membuat model 3D

Model objek 3D dapat dibuat dengan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk pembuatan desain. Printer 3D dengan dukungan misalnya solidwork, catia, dan lain sebagainya.

2. Proses printing

Setelah proses desain selesai, desain dapat langsung dicetak dengan mesin 3D printer dan telah dilakukan proses *slicing G-Code* sebagai data program cetak.

3. Proses finishing

Pada tahap ini, anda dapat menyempurnakan bagian kompleks yang mungkin disebabkan oleh dimensi yang berbeda dari yang diinginkan. Teknik tambahan untuk meningkatkan proses ini dapat menggunakan beberapa teknik material.

2.3. Filament PETG

PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) adalah salah satu polimer yang paling umum digunakan saat ini adalah versi PET dengan modifikasi glikol ditambahkan ke komposisi bahan selama polimerisasi. Hasilnya adalah filamen yang lebih ringan, kurang rapuh dan lebih mudah digunakan, (Ardiyanto, 2021). Polimer ini sering digunakan untuk pembuatan produk 3D printing menggunakan suhu pencetakan 230°C - 265°C dan suhu bed diatas 60°C. *Filament* jenis ini juga merupakan polimer paling sering digunakan saat ini. PETG ini merupakan gabungan dari PET yang ditambahkan *Glycol* ke komposisi material selama polimerisasi. Hasil dari filamen ini adalah filamennya jauh lebih jelas, tidak cepat rapuh, dan lebih mudah digunakan daripada bentuk dasarnya, PET. PET memiliki banyak varian, antara lain : PET, PETE, PETP, PET-P, PETG, GPET, PETT. Namun dari berbagai macam varian tersebut yang paling cocok digunakan untuk aplikasi pencetakan 3D printing adalah PETG. Namun bahan PETG ini tidak *user friendly* alias susah dipakai. Jangan menggunakan bahan ini kalau produk

sebelumnya masih ada. Selanjutnya kalau berada dibawah sinar *ultraviolet*, produk yang dihasilkan akan cepat rusak walaupun tahan terhadap suhu yang tinggi.



Gambar 2. 2 Filament PETG
(indopride, 2022)

PETG biasanya digunakan untuk membuat kemasan botol air, kemasan makanan, dan digunakan untuk filamen cetak 3D, plastik PETG merupakan gabungan dari kelebihan yang dimiliki oleh PLA dan ABS. PETG bersifat *higroskopik*, berarti akan mudah secara aktif menyerap uap air dan udara. Untuk alasan ini, plastik PETG harus disimpan ditempat yang kering, dan dikeringkan jika terkena udara lembab terlalu lama.

2.3.1. Keunggulan PETG (dibandingkan dengan PET)

Apabila kita mencari suatu bahan objek 3D pada material atau filamen, hal yang paling banyak kita temui dipasaran dipastikan filamen PETG dibandingkan filamen PET , hal ini terjadi dikarenakan PETG memiliki kelebihannya. Dibawah ini merupakan kelebihan yang dimiliki oleh PETG :

1. PETG lebih tahan lama
2. Pada saat panas berlebihan, filamen PET akan mudah untuk rapuh namun tidak dengan filamen PETG. Gisol yang digabungkan mampu mencegah bahan mengkristal dan menjadi mudah pecah.
3. PETG sangat tahan benturan
4. PETG dapat disterilkan.

2.4. Metode Taguchi

Metode Taguchi pertama kali diusulkan pada tahun 1949 oleh Dr. Genichi Taguchi ketika ia ditugaskan untuk meningkatkan sistem komunikasi di Jepang. Dr. Genichi Taguchi memiliki latar belakang *engineering* yang juga berakar pada statistik dan matematika tingkat lanjut, yang memungkinkannya menggabungkan teknik statistik dan pengetahuan teknis. Dia mengembangkan metode Taguchi untuk peningkatan kualitas menggunakan metode eksperimental "baru", yang berarti bahwa pendekatan yang berbeda diperlukan yang menawarkan tingkat kepercayaan yang sama dengan SPC (*Statistical Process Control*). (Suwandi, 2016)

Taguchi memiliki pandangan kualitas yang berbeda, menghubungkan tidak hanya biaya dan kerugian suatu produk selama proses produksi, tetapi juga hubungan dengan konsumen dan masyarakat. "Kualitas adalah kerugian setelah produk tersebut digunakan oleh masyarakat, selain kerugian yang disebabkan oleh kualitas produk itu sendiri.

Taguchi menghasilkan disiplin dan struktur desain eksperimental. Hasilnya adalah standarisasi metode desain yang dapat dengan mudah diterapkan oleh para peneliti. Konsep Taguchi adalah sebagai berikut :

1. Kualitas harus didesain ke dalam suatu produk dan tidak dikendalikan dalamnya.
2. Kualitas dapat dicapai dengan baik dengan meminimalkan penyimpangan tujuan. Produk harus dirancang sedemikian rupa sehingga pengaruh lingkungan yang tidak terkendali dapat diantisipasi.
3. Biaya kualitas harus diperhitungkan sebagai fungsi dari penyimpangan dari standar dan kerugian yang ada juga harus diperhitungkan dalam sistem.

Konsep Taguchi didasarkan pada penelitian W.E. Deming bahwa 85% dari kualitas buruk adalah hasil dari proses produksi dan hanya 15% karyawan. Dengan metode Taguchi, hasil percobaan harus dianalisis untuk memenuhi satu atau lebih dari kondisi berikut:

1. Menentukan kondisi terbaik atau optimal untuk suatu produk atau proses.
2. Memperkirakan kontribusi masing-masing faktor.
3. Memperkirakan kemungkinan reaksi atau konsekuensi dari kondisi optimal.

2.4.1. Keunggulan dan Kekurangan Metode Taguchi

1. Hal ini dapat mengurangi jumlah penelitian dibandingkan dengan menggunakan studi faktorial yang komprehensif untuk menghemat waktu dan uang.
2. Secara bersamaan dapat mencapai penghematan rata-rata dan variasi dalam karakteristik kualitas, sehingga ruang lingkup pemecahan masalah lebih luas
3. Hal ini dapat mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas dengan menghitung rasio rata-rata dan S/N, sehingga faktor-faktor yang mempengaruhi dapat mendapat perhatian khusus.

Di atas adalah keuntungan dari metode Taguchi. Metode Taguchi juga memiliki kekurangan, kerugian dari metode Taguchi adalah bahwa akan ada tabrakan interaksi yang berbeda dalam faktor utama jika percobaan ini melakukan banyak faktor dan interaksi yang dapat menyebabkan penurunan akurasi hasil percobaan jika interaksi diabaikan benar-benar mempengaruhi sifat yang diamati.

Metode taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut Matriks Orthogonal. Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. (Soejanto, 2009)

2.4.2. Tahap-tahap dalam Desain Produk/Proses Menurut Taguchi

Dalam metode Taguchi terdapat 3 tahap mengoptimasi desain produk atau produksi, yaitu:

1. *System Design*

Desain sistem adalah tahap pertama desain dan merupakan tahap konseptual untuk menciptakan produk baru atau proses inovasi. Konsep dapat berasal dari eksperimen sebelumnya, pengetahuan atau teknik

alami, perubahan atau kombinasi baru di sana. Fase ini melibatkan akuisisi ide-ide baru dan terjemahannya ke dalam produk baru atau inovasi proses.

2. Parameter *Design*

Tahap ini adalah penciptaan prototipe matematis atau matematika berdasarkan fase sebelumnya melalui eksperimen statistik. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi pengaturan parameter yang memberikan kinerja rata-rata untuk target dan menentukan dampak dari faktor mengganggu pada variasi target.

3. *Tolerance Design*

Penentuan toleransi parameter terkait kerugian bagi perusahaan akibat penyimpangan produk Inovasi baru atau proses.

2.4.3. Karakteristik Kualitas Menurut Taguchi

Setiap produk dirancang untuk menciptakan fungsi tertentu. Beberapa karakteristik pengukuran yang memiliki karakteristik kualitas digunakan untuk mengekspresikan sejauh mana suatu produk melakukan fungsinya. Dalam banyak kasus, karakteristik kualitas biasanya ukuran tunggal seperti berat, panjang, dan waktu.

Beberapa pengukuran subjektif produk seperti "baik", "buruk" dan "rendah" juga umum digunakan. Karakteristik kualitas taguchi yang terukur dapat dibagi menjadi 3 kategori (Peace, 1993):

Karakteristik kualitas yang mengarah pada nilai target yang tepat pada nilai tertentu. Mereka yang termasuk dalam kategori ini adalah berat, panjang, lebar, kepadatan, ketebalan, diameter, luas, kecepatan, volume, jarak dan waktu.

1. *Nominal is the best*

Karakteristik kualitas yang mengarah pada nilai target yang tepat pada nilai tertentu. Mereka yang termasuk dalam kategori ini adalah berat, panjang, lebar, kepadatan, ketebalan, diameter, luas, kecepatan, volume, jarak dan waktu.

2. *Smaller the better*

Mencapai fitur di mana yang lebih kecil (mendekati nol, nol dalam hal ini adalah nilai ideal), semakin baik. Contoh yang termasuk dalam kategori ini

adalah pemborosan, panas, persen kontaminasi, hambatan, penyimpangan, kebisingan yang disebabkan oleh produk.

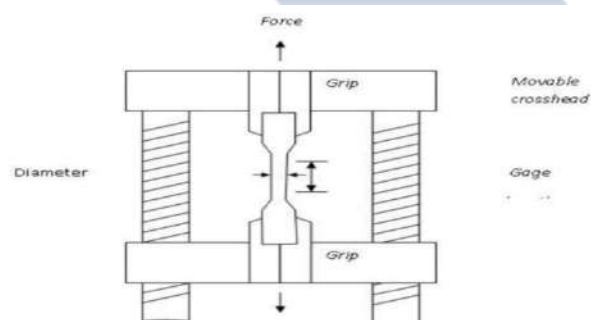
3. *Larger the better*

Semakin besar pencapaian karakteristik kualitatif, semakin baik (*infinity* sebagai nilai ideal). Contoh dari sifat-sifat ini adalah: kekuatan, kekuatan tarik, efisiensi, waktu antara kerusakan, ketahanan korosi.

2.5. Uji Kekuatan Tarik

Pengujian tarik statis adalah metode yang digunakan untuk menguji kekuatan material dengan menerapkan beban gaya yang sama-sama berkembang (Askeland, 1985). Uji tarik adalah dasar untuk pengujian mekanik pada bahan. Ketika sampel distandarisasi, beban uniaksial dilakukan sedemikian rupa sehingga sampel mengembang dan meningkat panjangnya sampai akhirnya pecah.

Uji tarik relatif sederhana, murah dan sangat standar dibandingkan dengan pengujian lainnya. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan untuk menghasilkan nilai yang valid seperti bentuk dan ukuran sampel, pemilihan *grip* dan lain-lain. Sampel uji harus sesuai dengan standar dan spesifikasi ASTM (*American Standard Testing and Materials*). Bentuk spesimen sangat penting karena kita harus mencegah munculnya patah atau retakan di area mencekram atau lainnya. Oleh karena itu, distandarisasi bentuk sampel ditujukan untuk retakan dan cacat yang terjadi dalam *gage length*. Wajah dan pegangan adalah faktor penting. Jika pemilihan pengaturan tidak benar, sampel uji tergelincir atau pecah di area fraktur rahang.



Gambar 2. 3 Uji Tarik

(Wahyudi Hafizi Pratama, 2021)

Jika pemilihan pengaturan tidak benar, spesimen uji akan tergelincir atau pecah di area pegangan. Ini akan mendapatkan hasil yang tidak valid. Permukaan harus selalu tertutup di seluruh permukaan yang bersentuhan dengan pegangan. Sehingga sampel tidak bergesekan langsung ke wajah. (Setiawan, 2019)

Rumus untuk menghitung kekuatan tarik dan regangan adalah:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_o} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$A_o = B \times H \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

σ : Tegangan Tarik (Mpa)

F_{maks} : Beban Tarik Maksimum (N)

A_o : Luas Penampang yang diujikan (mm^2)

B : Lebar (mm)

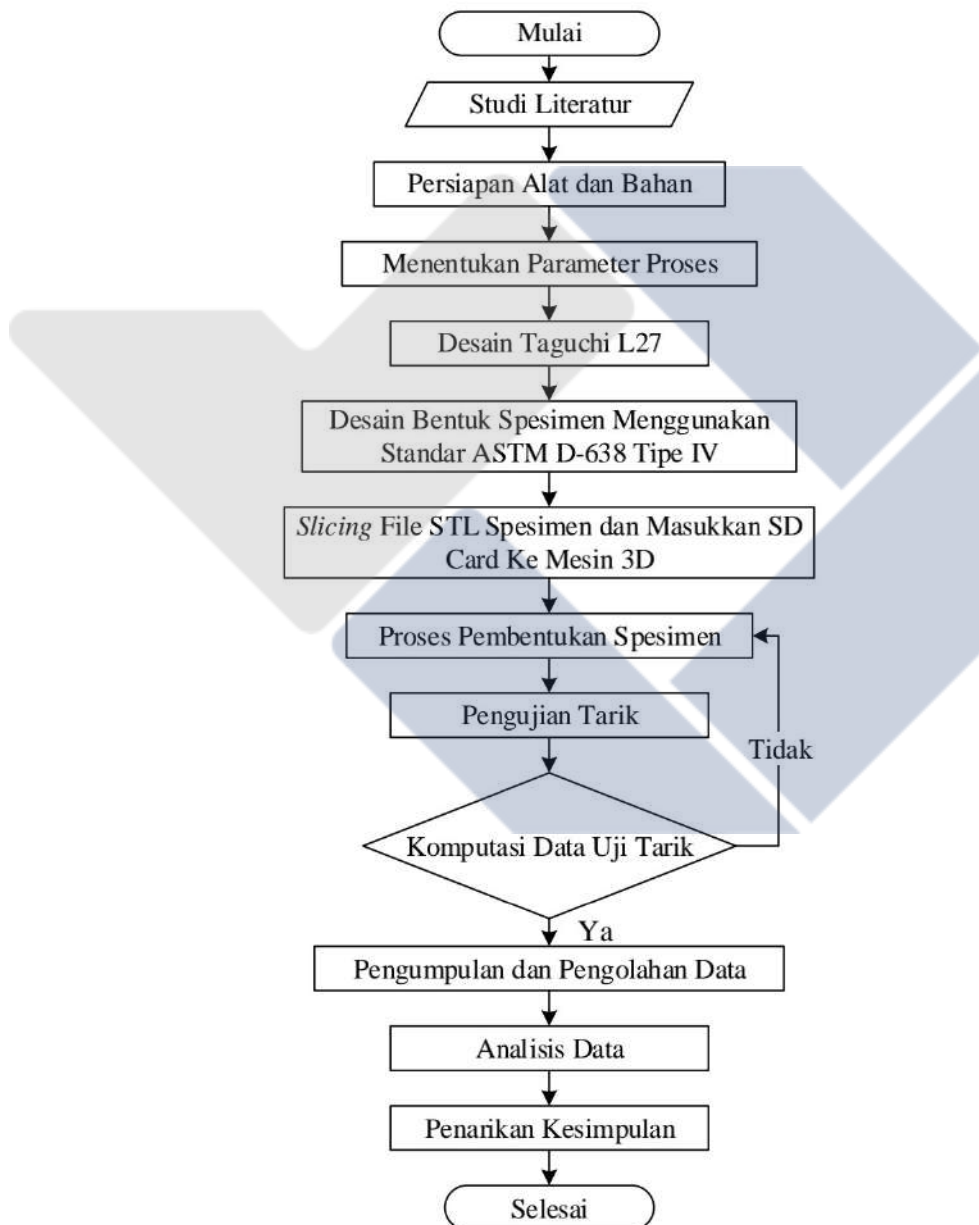
H : Tinggi (mm)

BAB III

METODEOLOGI PENELITIAN

3.1. Digram Alir

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir agar mudah dipahami pada gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.2. Objek Penelitian

Objek penelitian dilakukan pada mesin 3D *printing* REXYZ A1 area XYZ dengan dimensi 180 mm x 180 mm x 180 mm dengan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm. material yang digunakan pada proses pencetakan objek adalah filament PETG dengan diameter 1,75 mm.

Desain objek dibuat menggunakan *software* fusion 360 dengan bentuk dan dimensi berdasarkan standar spesimen ASTM D638 *type* IV.

3.3. Tempat Penelitian dan Pengujian

Adapun tempat pelaksanaan pencetakan 3D *printing* pada filamen PETG menggunakan mesin REXYZ A1 dilaksanakan di Laboratorium Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Pengujian tarik spesimen dilakukan di laboratorium Lapalo Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pengujian ini akan menggunakan mesin uji tarik merk *Zwick Roell*.

3.4. Studi Literatur

Studi literatur merupakan rangkaian dari kegiatan mengumpulkan berbagai teori yang mendukung pada penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini. Berbagai sumber penelitian seperti: membaca literatur (jurnal, buku dan lainnya) yang berkaitan dengan pengaruh parameter proses 3D *printing* filament PETG dan metode *Taguchi*.

3.5. Alat dan Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian

3.5.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah filament jenis PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) dengan diameter 1,75 mm. Filamen yang digunakan berwarna bening. Filamen yang digunakan memiliki *print temperature* antara 230-250°C. ditunjukkan pada Gambar 2.2.

3.5.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin 3D *printing*

Mesin 3D *printing* yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin *printer* REXZY A1 model Prusa dengan *printing* area XYZ 180 mm x 180 mm x 180 mm. ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Mesin 3D *Printing* REXZY.

2. Laptop
3. *Micro SD* merk Sandisk Ultra Gen 10
4. *Software* Auto Desk fusion 360

Software fusion 360 digunakan untuk membuat desain spesimen sesuai dengan standar ASTM D638 *type IV* pada penelitian ini. Dengan *software* yang berlisensi pelajar. Ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 *Software* Auto Desk Fusion 360

5. *Software Slicer* Ultimaker Cura 4.9.1.

Software Slicer Ultimaker Cura 4.9.1. digunakan untuk melakukan slicing (G-Code) pada model 3D yang telah dibuat pada *software* Fusion 360. ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 *Software* Ultimaker Cura 4.9.1

6. Mesin uji tarik

Mesin uji tarik adalah alat yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarik dari spesimen yang diuji. Ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Mesin Uji Tarik

3.6. Menentukan Variasi Parameter

Setelah dilakukan pencarian dari berbagai hasil data penelitian terdahulu, kemudian akan dilanjutkan dengan menentukan parameter proses yang akan digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3. 1 Variasi Parameter

PARAMETER	LEVEL		
	1	2	3
<i>Layer Thickness</i> (mm)	0.2	0.24	0.28
<i>Printing Speed</i> (mm/s)	30	40	50
<i>Infill Speed</i> (mm/s)	40	45	50
<i>Nozzle Temperature</i> (°C)	230	235	240

PARAMETER	LEVEL		
	1	2	3
<i>Bed Temperature</i> (°C)	60	65	70
<i>Flow Rate</i> (%)	80	85	90
<i>Wall thickness</i> (mm/s)	0.8	1.0	1.2
<i>Infill density</i> (%)	20	25	30

3.6.1. Variabel Respon

Pada penelitian ini akan digunakan *tensile strength* (kekuatan tarik) sebagai variable respon. Pada hasil *tensile strength* dianalisis menggunakan metode taguchi ANOVA untuk melihat pengaruh pada setiap parameter proses yang digunakan pada produk 3D *Printing* bahan PETG.

3.6.2. Desain Taguchi L27

Pada tahap ini akan dilakukan desain parameter cetak, bertujuan untuk mengetahui parameter mana yang paling baik, parameter akan dicetak sesuai pada Tabel. 3.2.

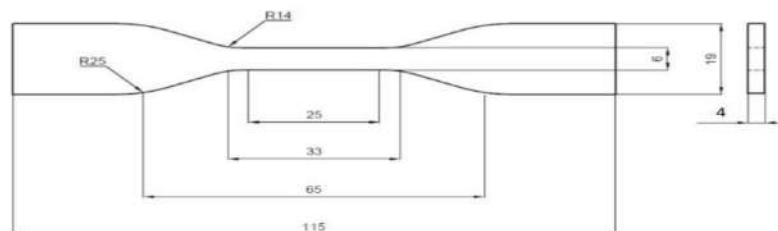
Tabel 3. 2 Desain Eksperimen Taguchi OA L27

No	<i>Nozel Temperature</i> (°C)	<i>Bed Temperature</i> (°C)	<i>Flow rate</i> (%)	<i>Print Speed</i> (mm/s)	<i>Layer Thickness</i> (mm)	<i>Wall Thickness</i> (mm)	<i>Infill Density</i> (%)	<i>Infill Speed</i> (mm/s)
1	230	60	80	40	0,2	0,8	20	30
2	230	60	80	40	0,24	1	25	40
3	230	60	80	40	0,28	1,2	30	50
4	230	65	85	45	0,2	0,8	20	40
5	230	65	85	45	0,24	1	25	50
6	230	65	85	45	0,28	1,2	30	30
7	230	70	90	50	0,2	0,8	20	50
8	230	70	90	50	0,24	1	25	30
9	230	70	90	50	0,28	1,2	30	40
10	235	60	85	50	0,2	1	30	30
11	235	60	85	50	0,24	1,2	20	40

No	Nozel Temperature (°C)	Bed Temperature (°C)	Flow rate (%)	Print Speed (mm/s)	Layer Thickness (mm)	Wall Thickness (mm)	Infill Density (%)	Infill Speed (mm/s)
12	235	60	85	50	0,28	0,8	25	50
13	235	65	90	40	0,2	1	30	40
14	235	65	90	40	0,24	1,2	20	50
15	235	65	90	40	0,28	0,8	25	30
16	235	70	80	45	0,2	1	30	50
17	235	70	80	45	0,24	1,2	20	30
18	235	70	80	45	0,28	0,8	25	40
19	240	60	90	45	0,2	1,2	25	30
20	240	60	90	45	0,24	0,8	30	40
21	240	60	90	45	0,28	1	20	50
22	240	65	80	50	0,2	1,2	25	40
23	240	65	80	50	0,24	0,8	30	50
24	240	65	80	50	0,28	1	20	30
25	240	70	85	40	0,2	1,2	25	50
26	240	70	85	40	0,24	0,8	30	30
27	240	70	85	40	0,28	1	20	40

3.7. Pembuatan desain CAD

Pembuatan desain spesimen berdasarkan standar (ASTM D638-14) *Type IV* dengan menggunakan *software* Fusion 360 dengan menggunakan format penyimpanan STL. Ditunjukkan pada gambar 3.6 dan gambar 3.7.



Gambar 3. 6 Desain Spesimen Uji Berdasarkan ASTM D638-14 Type IV



Gambar 3. 7 Desain Spesimen Uji Tarik

3.7. *Slicing* STL Spesimen

Pada penelitian ini file akan diolah pada *software* Ultimaker Cura 4.9.1 file dengan format STL. Proses *slicer* ini digunakan untuk membuat rangkaian *G-Code*, *G-Code* berisi perintah yang disesuaikan dengan jenis dari mesin 3D *Printing* yang digunakan. Selain itu proses *slicing* ini akan menghasilkan informasi mengenai waktu pencetakan, filamen yang digunakan, dan jumlah *layer*.

3.8. Proses *Printing*

Langkah-langkah proses pencetakan spesimen pada mesin 3D *Printing* sebagai berikut:

1. Tekan tombol ON untuk menyalakan mesin 3D *printing*.
2. Pasang filamen ke dalam jalur *nozzel* pada mesin 3D *printing*.
3. Kemudian masukkan kartu memori berisikan file *G-code* yang di *slicing* dengan *software* Ultimaker Cura ke tempat mesin 3D *printing*. Ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8. Pemasangan kartu memori pada 3D *Printing*

4. Lakukan proses kalibrasi atau *setting nol bed* mesin 3D *printing*. Dapat ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Kalibrasi Mesin

5. Pilih menu, klik *Prepare* kemudian klik *Temperature* lalu setting *temperature nozzle* dan *temperature bed* dengan nilai parameter proses yang telah ditentukan. Ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 *Setting Parameter*

6. Setelah itu klik *Print From Media* untuk melakukan proses pencetakan spesimen uji. Proses pencetakan dilakukan sesuai dengan nomor eksperimen, setiap eksperimen dicetak sebanyak 3 (tiga) kali replikasi.
7. Setelah proses pencetakan selesai lepaskan spesimen dari bed mesin 3D *printing* dan selanjutnya dilakukan proses pengujian kuat tarik spesimen.

3.9. Proses Uji Tarik

Langkah-langkah proses pengujian tarik terhadap spesimen sebagai berikut:

1. Hidupkan mesin uji tarik, kompressor dan komputer.
2. Buka *software* pada komputer untuk proses penyetingan awal mesin sesuai dengan ukuran spesimen tersebut.
3. Letakkan spesimen pada pencekaman mesin uji tarik, kemudian tekan tuas pedal untuk pencekaman spesimen dapat ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Setting Spesimen Pada Mesin Uji Tarik

4. Selanjutnya klik Start Post untuk melakukan proses pengujian tarik.
5. Setelah spesimen patah, hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada layar monitor dan dicatat sesuai dengan hasil spesimen.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Pengambilan Data

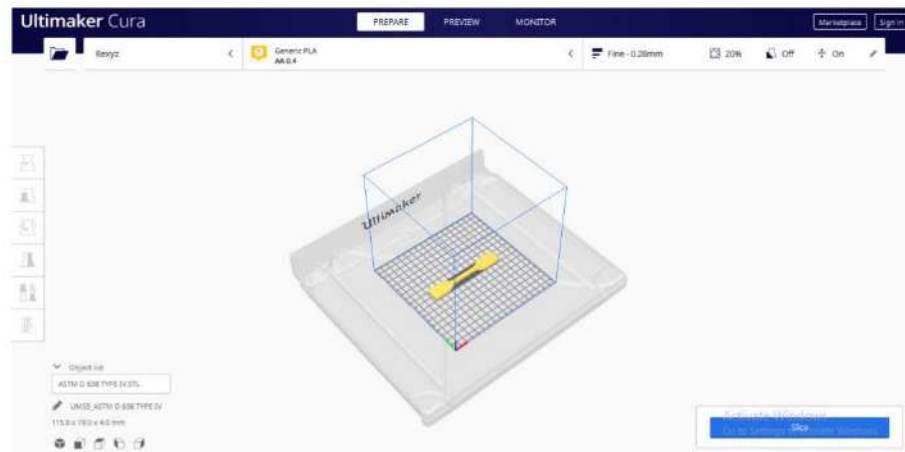
Pengambilan data penelitian ini dilakukan dengan cara mengkombinasikan parameter proses yang ada pada mesin 3D printer. Adapun parameter-parameter proses yang digunakan terhadap respon kuat tarik yaitu *nozzle temperature* (°C), *bed temperature* (°C), *Flowrate* (%), *Print Speed* (mm/s), *Layer Thickness* (mm), *Wall Thickness* (mm), *Infill Density* (%), dan *Infill Speed* (mm/s). Pada table 4.1 menunjukkan hasil desain faktorial *Taguchi* L27 OA. Hasil data pengujian tersebut kemudian diproses menggunakan *software* analisis agar mendapatkan parameter yang paling berpengaruh terhadap kuat tarik.

Tabel 4. 1 Desain Faktorial Penelitian L27 OA

No	Nozel Temperature (°C)	Bed Temperature (°C)	Flow rate (%)	Print Speed (mm/s)	Layer Thickness (mm)	Wall Thickness (mm)	Infill Density (%)	Infill Speed (mm/s)
1	230	60	80	40	0,2	0,8	20	30
2	230	60	80	40	0,24	1	25	40
3	230	60	80	40	0,28	1,2	30	50
4	230	65	85	45	0,2	0,8	20	40
5	230	65	85	45	0,24	1	25	50
6	230	65	85	45	0,28	1,2	30	30
7	230	70	90	50	0,2	0,8	20	50
8	230	70	90	50	0,24	1	25	30
9	230	70	90	50	0,28	1,2	30	40
10	235	60	85	50	0,2	1	30	30
11	235	60	85	50	0,24	1,2	20	40
12	235	60	85	50	0,28	0,8	25	50

No	Nozel Temperature (°C)	Bed Temperature (°C)	Flow rate (%)	Print Speed (mm/s)	Layer Thickness (mm)	Wall Thickness (mm)	Infill Density (%)	Infill Speed (mm/s)
13	235	65	90	40	0,2	1	30	40
14	235	65	90	40	0,24	1,2	20	50
15	235	65	90	40	0,28	0,8	25	30
16	235	70	80	45	0,2	1	30	50
17	235	70	80	45	0,24	1,2	20	30
18	235	70	80	45	0,28	0,8	25	40
19	240	60	90	45	0,2	1,2	25	30
20	240	60	90	45	0,24	0,8	30	40
21	240	60	90	45	0,28	1	20	50
22	240	65	80	50	0,2	1,2	25	40
23	240	65	80	50	0,24	0,8	30	50
24	240	65	80	50	0,28	1	20	30
25	240	70	85	40	0,2	1,2	25	50
26	240	70	85	40	0,24	0,8	30	30
27	240	70	85	40	0,28	1	20	40

Pada pengambilan data terdapat beberapa proses yang akan dilakukan secara berurutan. Proses ini diawali dengan studi pustaka. Selanjutnya spesimen uji akan didesain menggunakan *software* Fusion 360 berlisensi *Student* sesuai dengan standar ASTM D638 Type IV dan di simpan dalam bentuk format STL (*.stl). kemudian hasil desain spesimen akan diolah menggunakan *software* Ultimaker Cura 4.9.0 untuk selanjutnya dilakukan proses *slicing* berdasarkan parameter proses yang akan digunakan dan hasil *slicing* disimpan dalam bentuk G-code. Ditunjukkan pada Gambar 4.1.

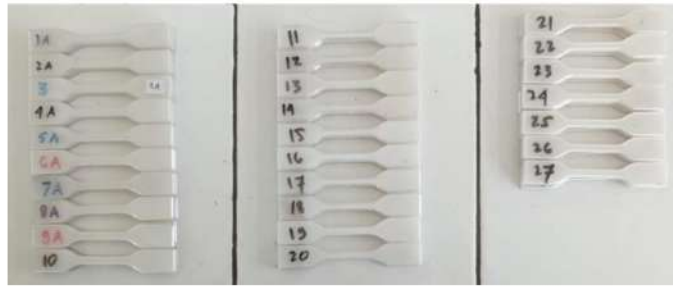


Gambar 4. 1 Proses *Slicing*

Setelah mendapatkan *G-code* yang akan digunakan, selanjutnya persiapan pencetakan spesimen uji menggunakan mesin 3D printing merk REXYZ A1. Selanjutnya dilakukan proses pengkalibrasian *bed*, memindahkan *G-code* kedalam mesin 3D printer menggunakan *Micro SD*, kemudian memasang filamen kedalam mesin, dan memanaskan *nozzel* dan *bed*. Setelah selesai maka dilanjutkan proses pencetakan spesimen uji sebanyak 27 eksperimen dengan 3 kali replikasi yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Hasil pencetakan spesimen dan telah diberi tanda sesuai dengan jumlah pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.3. Adapun hasil keseluruhan spesimen benda uji dapat dilihat pada lampiran 2.



Gambar 4. 2 Proses Pencetakan Spesimen



Gambar 4. 3 Hasil Pencetakan Spesimen Uji Tarik

Setelah semua spesimen uji dicetak maka selanjutnya akan dilakukan proses pengujian tarik. Pada proses pengujian tarik setting komputer dan mengatur titik nol pada benda uji dalam cekaman mesin uji., mengisi data material pada *Method Window* dan melakukan pengujian dengan menekal tombol *TEST* pada komputer untuk memulai proses pengujian tarik dan mendapatkan hasil kekuatan tarik yang telah dicetak. Kegiatan pengujian tarik ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan hasil spesimen uji yang telah dilakukan proses pengujian tarik ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 4 Proses Pengujian Tarik



Gambar 4. 5 Spesimen Hasil Setelah Uji Tarik

4.2. Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik yang telah dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machining* merek Zwick Roel akan mendapatkan nilai kekuatan tarik. Dimana nilai kekuatan tarik akan diolah untuk melihat dan mendapatkan data sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Untuk dasar perhitungan kekuatan tarik mengacu pada ASTM D-638 tipe IV sesuai persamaan 2.1 dan 2.2 dimana proses perhitungan bisa dilihat pada lampiran 3. Adapun data hasil pengujian untuk kekuatan tarik dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Hasil Pengujian Spesimen Kuat Tarik

No	Data Awal (Mpa)	Replikasi 1 (Mpa)	Replikasi 2 (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
1	29	28,1	28,9	28,67
2	29	28,9	30,8	29,57
3	28,2	31,2	30,9	30,1
4	26,4	26,3	26,6	26,43
5	28,5	27,7	27,5	27,9
6	28,6	30,6	30,3	29,83
7	24,7	26,2	25,5	25,47
8	27,5	27,1	26,9	27,17
9	27,8	28,3	28,9	28,33

No	Data Awal (Mpa)	Replikasi 1 (Mpa)	Replikasi 2 (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
10	25,8	25,3	27,4	26,17
11	27,9	28,7	27,6	28,07
12	26,9	26,7	28,1	27,23
13	27,3	26,7	26,9	26,97
14	29,7	29,4	30,3	29,8
15	27,9	26,7	25,7	26,77
16	26,2	26,2	27,5	26,63
17	30,4	30	28,1	29,5
18	26	25,3	27,9	26,4
19	27,2	28,8	28	28
20	26,6	26,5	25,7	26,27
21	26,1	25,6	26	25,9
22	24,5	27,2	27,7	26,47
23	24,6	27,4	26,8	26,27
24	26	24,8	25,4	25,4
25	27,5	27,7	27,9	27,7
26	25,1	27,5	25,7	26,1
27	24,3	26,1	24,7	25,03

Setelah mendapatkan nilai rata-rata pada tabel diatas akan dimasukkan ke dalam *software* analisi untuk diolah.

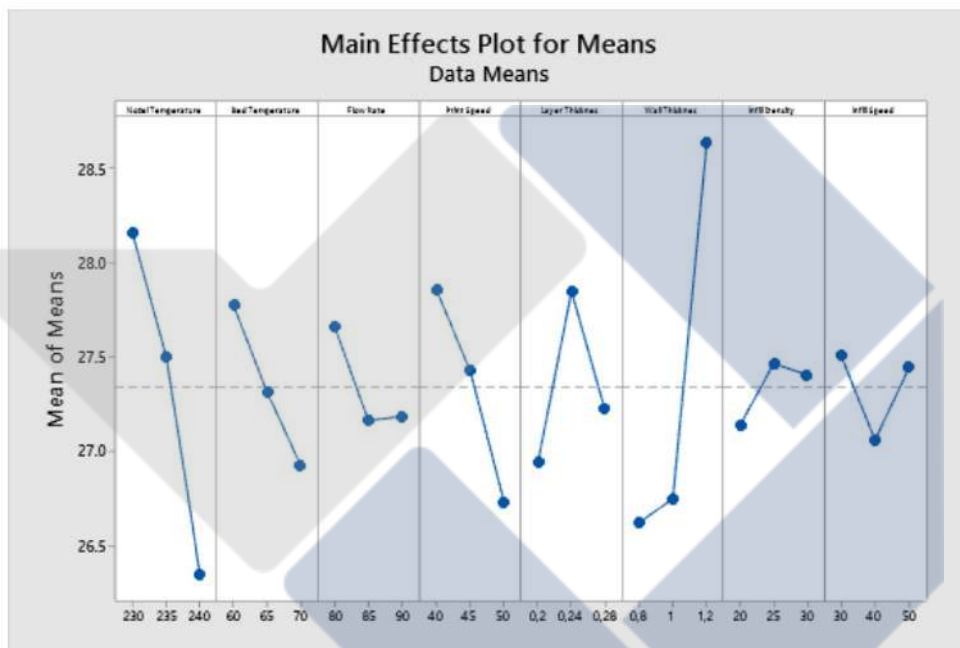
4.3. Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan untuk mendapatkan pengaturan parameter proses yang optimal dan berpengaruh terhadap hasil uji kuat tarik dengan menggunakan metode *taguchi*. Pengolahan data ini akan menggunakan *software* analisis, dimana pada Tabel 4.2 data hasil pengujian tersebut dimasukkan kedalam *software* analisis untuk mendapatkan nilai hasil respon

Mean Plot dan S/N Rasio dengan kualitas “Large is Better” karena semakin tinggi hasil nilai yang didapatkan semakin baik hasil pengujian kuat tarik.

4.3.1. Mean Plot dan S/N Ratio “Large Is Better” pengujian kuat tarik

Hasil data respon mean plot dari software analisa ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Tabel 4.3. Dan hasil dari S/N Ratio “large is better” ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan Tabel 4.4.

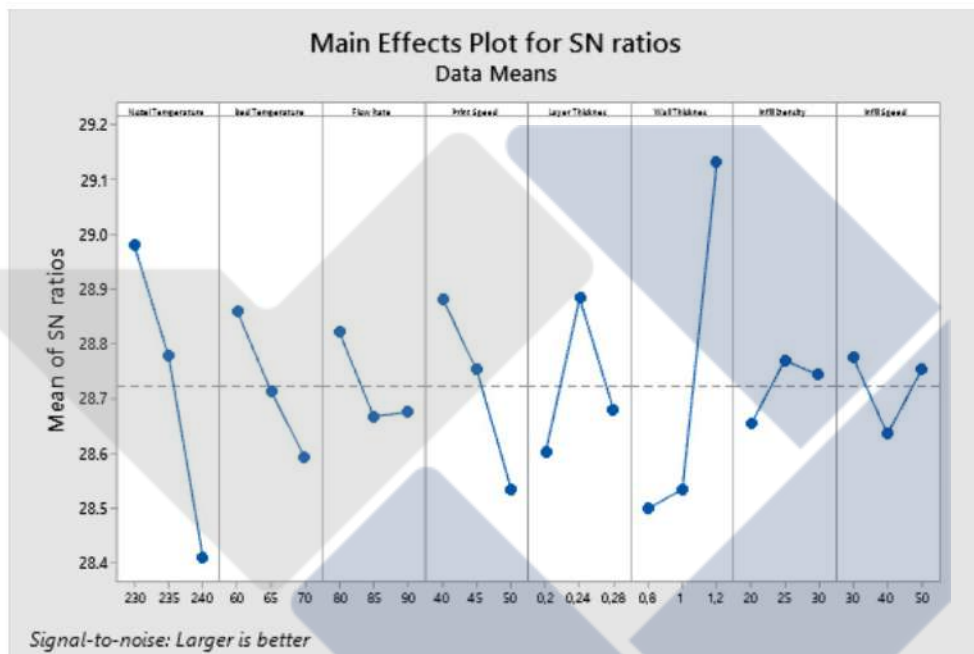


Gambar 4. 6 Grafik Mean Plot Pengujian Tarik

Tabel 4. 3 Hasil Mean Plot Pengujian Tarik

Level	Nozel	Bed	Flow Rate	Print	Layer	Wall	Infill	Infill
	Temperatu re	Temperatu re		Speed	Thicknes	Thicknes	Density	Speed
1	28.16	27.77	27.67	27.86	26.94	26.62	27.14	27.51
2	27.5	27.31	27.16	27.43	27.85	26.75	27.47	27.06
3	26.35	26.93	27.19	26.73	27.22	28.64	27.41	27.44
Delta	1.81	0.85	0.5	1.13	0.9	2.02	0.33	0.45
Rank	2	5	6	3	4	1	8	7

Berdasarkan Gambar 4.6 dan Tabel 4.3 parameter yang paling berpengaruh terhadap kuat tarik yaitu *Wall Thickness*. Dan secara berturut parameter yang memiliki pengaruh serta level yang sesuai dengan kualitas “*Large is Better*” yaitu *Wall Thickness* level tiga (1,2 mm), *Nozel Temperature* level satu (230°C), *Print Speed* level satu (40 mm/s), *Layer Thickness* level dua (0,24 mm), *Bed Temperature* level satu (60°C), *Flow Rate* level satu (80%), *Infill Speed* level satu (30 mm/s), *Infill Density* level dua (25%).



Gambar 4. 7 Grafik S/N Ratio

Tabel 4. 4 Hasil S/N Ratio

Level	Nozel Temperature	Bed Temperature	Fan speed	Print Speed	Layer Thickness	Wall Thickness	Infill Density	Infill Speed
1	28.16	27.77	27.67	27.86	26.94	26.62	27.14	27.51
2	27.50	27.31	27.16	27.43	27.85	26.75	27.47	27.06
3	26.35	26.93	27.19	26.73	27.22	28.64	27.41	27.44
Delta	1.81	0.85	0.50	1.13	0.90	2.02	0.33	0.45
Rank	2	5	6	3	4	1	8	7

Berdasarkan Gambar 4.7 dan Tabel 4.4 parameter yang paling berpengaruh terhadap kuat tarik yaitu *Wall Thickness*. Dan secara berturut parameter yang memiliki pengaruh serta level yang sesuai dengan kualitas “*Large is Better*” yaitu *Wall Thickness* level tiga (1,2 mm), *Nozel Temperature* level satu (230°C), *Print Speed* level satu (40 mm/s), *Layer Thickness* level dua (0,24 mm), *Bed Temperature* level satu (60°C), *Flow Rate* level satu (80%), *Infill Speed* level satu (30 mm/s), *Infill Density* level dua (25%).

4.4. Analisa Varian (ANOVA)

Sebagaimana parameter proses yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata kekuatan tarik maka untuk mengetahui parameter yang berpengaruh secara signifikansi terhadap nilai *S/N Ratio* dapat dilakukan *Analysis of variance* berdasarkan *software* dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 5 *Analisis of variance*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
<i>Nozel Temperature</i>	2	1.51035	0.75517	26.89	0.000
<i>Bed Temperature</i>	2	0.32536	0.16268	5.79	0.021
<i>Flow Rate</i>	2	0.13555	0.06778	2.41	0.140
<i>Print Speed</i>	2	0.55841	0.27920	9.94	0.004
<i>Layer Thicknes</i>	2	0.37839	0.18920	6.74	0.014
<i>Wall Thicknes</i>	2	2.27835	1.13918	40.57	0.000
<i>Infill Density</i>	2	0.06776	0.03388	1.21	0.339
<i>Infill Speed</i>	2	0.10353	0.05177	1.84	0.208
Error	10	0.28079	0.02808		
Total	26	5.63850			

Berdasarkan Tabel 4.5 hasil anova didapatkan keputusan uji hipotesis dengan menggunakan distribusi *F-Test* berdasarkan hitungan dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4. 6 Keputusan Uji F

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F-Tabel (0,05;2,54)	Keputusan Uji
<i>Nozel Temperature</i>	5.08		H0 ditolak

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F-Tabel (0,05;2,54)	Keputusan Uji
<i>Bed Temperature</i>	1.08		H1 diterima
<i>Flow Rate</i>	0.38		H1 diterima
<i>Print Speed</i>	1.87	2,54	H1 diterima
<i>Layer Thicknes</i>	1.24		H1 diterima
<i>Wall Thicknes</i>	7.45		H0 ditolak
<i>Infill Density</i>	0.19		H1 diterima
<i>Infill Speed</i>	0.34		H1 diterima

Dari Tabel 4.6 didapatkan keputusan uji F-Tabel dari 8 (delapan) parameter proses yaitu *Nozel Temperature*, *Bed Temperature*, *Flow Rate*, *Print Speed*, *Layer Thicknes*, *Wall Thicknes*, *Infill Density*, dan *Infill Speed*. Parameter yang paling berpengaruh secara berturut-turut yaitu *Wall Thicknes*, dan *Nozel Temperature*, dikarenakan nilai F-Test lebih besar dibandingkan dengan nilai F-Tabel maka H0 ditolak, sedangkan untuk parameter *Flow Rate*, *Infill Density*, *Infill Speed*, *Print Speed*, *Layer Thicknes*, dan *Bed Temperature*. Nilai F-Test lebih kecil dibandingkan nilai F-tabel maka H1 diterima, artinya tidak ada pengaruh untuk kelima parameter tersebut terhadap kekuatan tarik. Dari kedelapan parameter yaitu *Nozel Temperature*, *Bed Temperature*, *Flow Rate*, *Print Speed*, *Layer Thicknes*, *Wall Thicknes*, *Infill Density*, dan *Infill Speed*. Dapat dilihat level mana yang paling berpengaruh terhadap kekuatan tarik dapat dilihat pada Tabel 4.4.

4.5. Persen Kontribusi

Pada persen kontribusi ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh parameter proses, ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Persen kontribusi S/N Ratio

Source	DF	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
<i>Nozel Temperature</i>	2	26%	1.51035	0.75517	26.89	0.000
<i>Bed Temperature</i>	2	5%	0.32536	0.16268	5.79	0.021
<i>Flow Rate</i>	2	1%	0.13555	0.06778	2.41	0.140
<i>Print Speed</i>	2	9%	0.55841	0.27920	9.94	0.004
<i>Layer Thicknes</i>	2	6%	0.37839	0.18920	6.74	0.014
<i>Wall Thicknes</i>	2	39%	2.27835	1.13918	40.57	0.000

Source	DF	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
<i>Infill Density</i>	2	0%	0.06776	0.03388	1.21	0.339
<i>Infill Speed</i>	2	1%	0.10353	0.05177	1.84	0.208
Error	10		0.28079	0.02808		
Total	26		5.63850			

Parameter proses yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik berdasarkan persen kontribusi secara berturut-turut yaitu *Wall Thicknes* sebesar (39%), *Nozel Temperature* sebesar (26%), *Print speed* sebesar (9%), *Layer Thickness* sebesar (6%), *Bed Temperture* sebesar (5%), *Flow Rate* sebesar (1%), *Infill Speed* sebesar (1%), dan *Infill Density* sebesar (0%).

4.6. Uji Konfirmasi

Uji konfirmasi dilakukan untuk memvalidasi hasil yang diperoleh. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *setting* parameter yang diperoleh dari hasil parameter proses yang optimum pada Gambar 4.6 dengan parameter proses dan level yaitu *Wall Thickness* level tiga (1,2 mm), *Nozel Temperature* level satu (230°C), *Print Speed* level satu (40 mm/s), *Layer Thickness* level dua (0,24 mm), *Bed Temperature* level satu (60°C), *Flow Rate* level satu (80%), *Infill Speed* level satu (30 mm/s), *Infill Density* level dua (25%). Kombinasi optimum pada percobaan pembuktian ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hasil Uji Konfirmasi

No	Sampel 1 (Mpa)	Sampel 2 (Mpa)	Sampel 3 (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
1	27,9	28,2	28,17	28,09

Pada Tabel 4.8 merupakan hasil uji konfirmasi dengan menggunakan parameter proses yang optimal. Rata-rata kekuatan tarik setelah dilakukan setting parameter yang optimal yaitu sebesar 28,09 Mpa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan, pengaruh parameter proses terhadap kekuatan tarik. Maka dari penelitian yang berjudul “PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMEN *POLYETHYLENE TEREPHTHALET GLYCOL*” dapat diambil kesimpulan:

1. Parameter proses yang sangat berpengaruh yaitu *Wall Thickness*. Dan secara berturut-turut parameter proses yang sangat berpengaruh dan level parameter yang optimal yaitu *Wall Thickness* level tiga (1,2 mm), *Nozel Temperature* level satu (230°C), *Print Speed* level satu (40 mm/s), *Layer Thickness* level dua (0,24 mm), *Bed Temperature* level satu (60°C), *Flow Rate* level satu (80%), *Infill Speed* level satu (30 mm/s), *Infill Density* level dua (25%). Dengan rata-rata kekuatan tarik tertinggi yaitu 30,1 Mpa.
2. Parameter proses yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik berdasarkan persen kontribusi secara berturut-turut yaitu *Wall Thicknes* sebesar (39%), *Nozel Temperature* sebesar (26%), *Print speed* sebesar (9%), *Layer Thickness* sebesar (6%), *Bed Temperture* sebesar (5%), *Flow Rate* sebesar (1%), *Infill Speed* sebesar (1%), dan *Infill Density* sebesar (0%).

5.2. Saran

1. Metode yang digunakan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode penelitian yang lain sehingga lebih bisa dikembangkan.
2. Parameter proses dan level dapat divariasikan untuk penelitian selanjutnya

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyanto, D. (2021). Uji Pengaruh Kecepatan dan Perbedaan Suhu Antara Filament PLA dengan Filament PETG Pada 3D Printer Ender 5 Pro. 4.
- Aris Widyo Nugroho, D. T., & Budiyanoro, C. (2020). Analisis pengaruh parameter proses terhadap kuat tarik produk 3D *printing* dari bahan *Polyvinyl Alcohol* (PVA). *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 154-161.
- Askeland, B. R. (1985). *The Science And Engineering Of Materias*. PWS Engineering.
- Deni Andriansyah, H., & Purfaji. (2018). Optimasi proses 3D *Printing* Terhadap Kuat Tarik Filamen Polylactic Acid Menggunakan Metode Taguchi. *Seminar Nasional Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan - universitas muhammadiyah Purworejo*, 66-67.
- Grabowik, K., & Cwikla, P. K. (2017). *Tensile test of specimens made of selected group of the filament materials manufactured with FDM methode*. *MATEC Web of Conferences*, 112, 1-6.
- Muhammad Habib Bari, P., & Aswin, F. (2021). Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Kekuatan Tarik Filamen PLA *Food Grade*. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*.
- Pristiansyah, H., & Sugiyarto. (2019). Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 34-40.
- Setiawan, S. Y. (2019). Pengaruh Parameter Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekan Pada Proses Ekstruksi Di Mesin Printer 3D. *Universitas Sumatera Utara*.
- Soejanto. (2009). Desain Experimen Dengan Menggunkan Metode Taguchi. 273.
- Suwandi, A. (2016). Peningkatan Kualitas Untuk Meminimasi Cacat Produk Cat Polyurethane dengan Metode Taguchi. *Journal Inovisi* .
- Wahyudi Hafizi Pratam, H. (2021). Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kuat Tarik Spesimen Uji ASTM D638 Type IV Menggunakan Filamen Esun PLA+. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*.

Z. S. Suzen, H., & Yuliyanto. (2020). Pengaruh Tipe *Infill* dan *Temperature Nozzle* Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D *Printing* Filamen Pla+ Esun. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 7-8.



LAMPIRAN

Lampiran 1

Daftar Riwayat Hidup



Informasi Pribadi

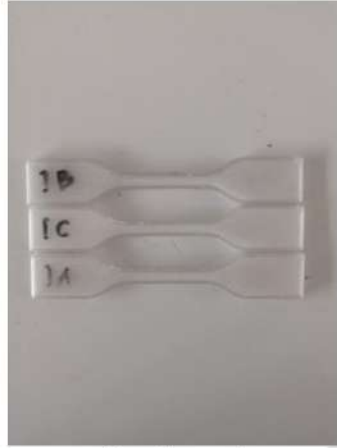
Nama : Rovi Avriansah
NPM : 1041825
Tempat/tanggal/lahir : Mabat, 27 September 2000
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Prodi/Jurusan/Kelas : D-IV Teknik Mesin dan Manufaktur / 4 TMM A
Alamat : Jl. Raya Simpang Bakam – Desa Mabat, Kecamatan Bakam, RT 06/RW01, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.
Email : roviavriansah09@gmail.com

Riwayat Pendidikan

1. SD Negeri 2 Bakam : Tahun 2006 - 2012
2. SMP Negeri 1 Bakam : Tahun 2012 - 2015
3. SMK Negeri 1 Bakam : Tahun 2015 - 2018
4. Polman Negeri Bangka Belitung : Tahun 2018 - 2022

Lampiran 2

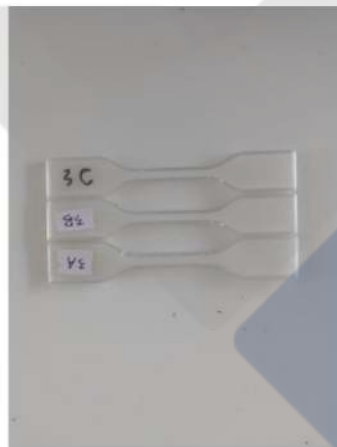
Spesimen Hasil Cetak 3D *Printing*



Spesimen 1



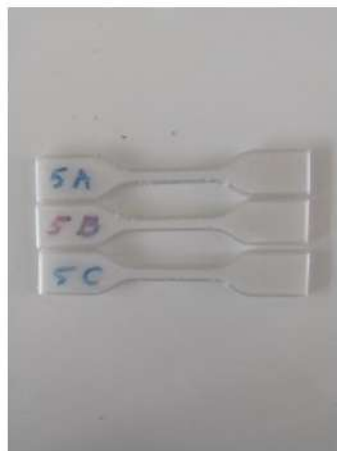
Spesimen 2



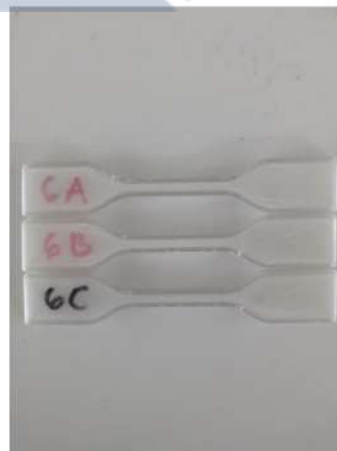
Spesimen 3



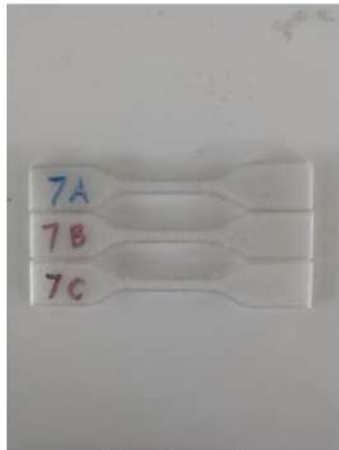
Spesimen 4



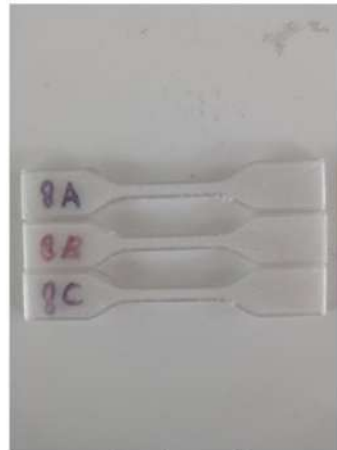
Spesimen 5



Spesimen 6



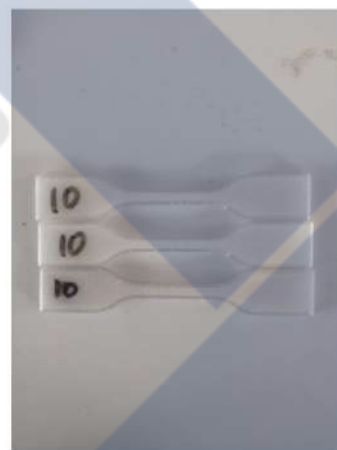
Spesimen 7



Spesimen 8



Spesimen 9



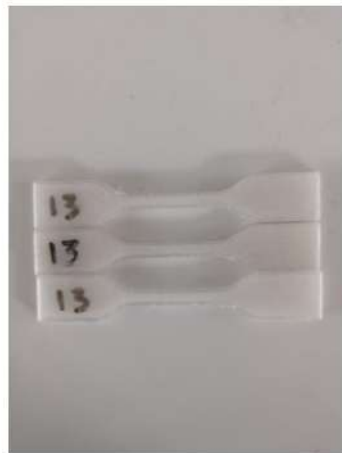
Spesimen 10



Spesimen 11



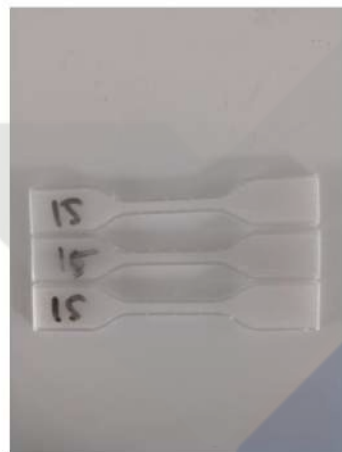
Spesimen 12



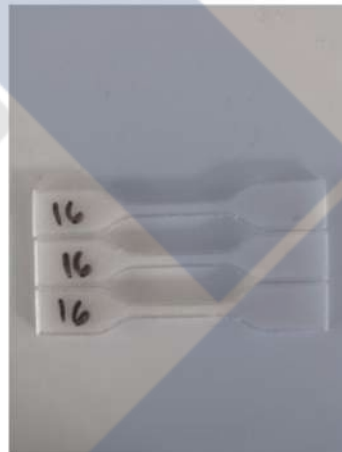
Spesimen 13



Spesimen 14



Spesimen 15



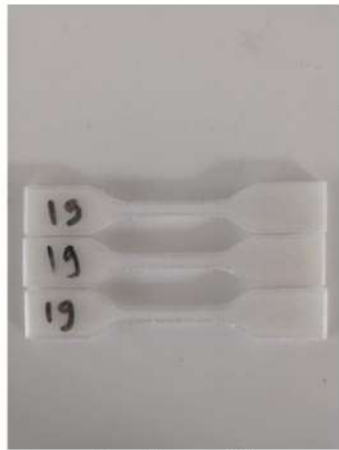
Spesimen 16



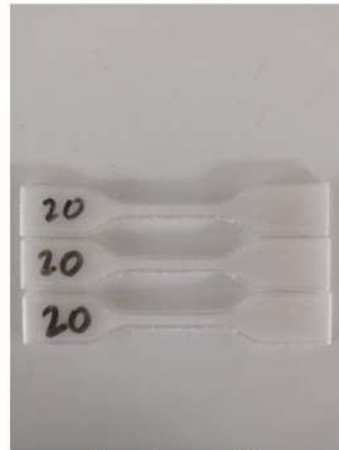
Spesimen 17



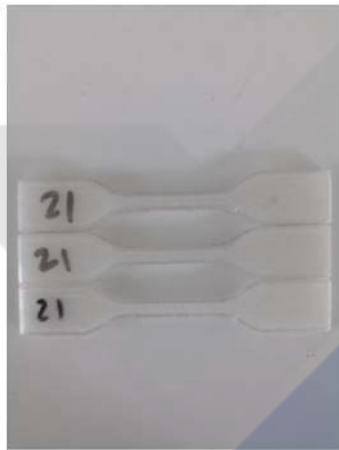
Spesimen 18



Spesimen 19



Spesimen 20



Spesimen 21



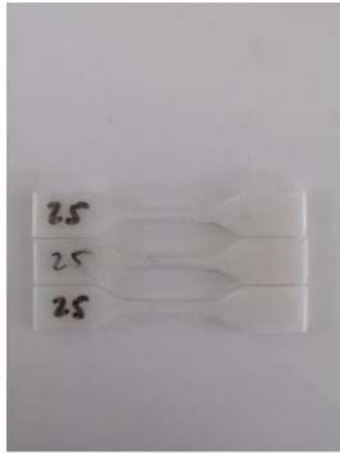
Spesimen 22



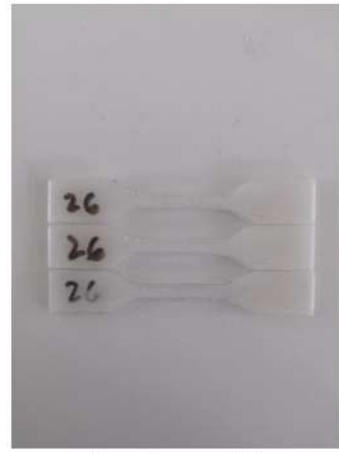
Spesimen 23



Spesimen 24



Spesimen 25



Spesimen 26



Spesimen 27

Lampiran 3

Hasil Perhitungan Uji Tarik

Diketahui:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$A_0 = B \times H$$

$$A_0 = 6 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$$

$$A_0 = 24 \text{ mm}$$

$$F = \sigma \times A_0$$

Perhitungan Uji Tarik:

1. $-F = 29 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 696 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{696 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 29 \text{ Mpa}$$

$-F = 28,1 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 674,4 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{674,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,1 \text{ Mpa}$$

$-F = 28,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 693,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{693,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,9 \text{ Mpa}$$

2. $-F = 29 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 696 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{696 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 29 \text{ Mpa}$$

$-F = 28,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 693,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{693,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,9 \text{ Mpa}$$

$-F = 30,8 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 739,2 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{739,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 30,8 \text{ Mpa}$$

3. $-F = 28,2 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 676,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{676,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,2 \text{ Mpa}$$

$$-F = 31,2 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 748,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{748,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 31,2 \text{ Mpa}$$

$$-F = 30,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 741,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{741,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 30,9 \text{ Mpa}$$

4. $-F = 26,4 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 633,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{633,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,4 \text{ Mpa}$$

$$-F = 26,3 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 631,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{631,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,3 \text{ Mpa}$$

$$-F = 26,6 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 638,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{638,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,6 \text{ Mpa}$$

5. $-F = 28,5 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 684 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{684 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,5 \text{ Mpa}$$

$$-F = 27,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 664,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{664,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,7 \text{ Mpa}$$

$$-F = 27,5 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 660 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{660 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,5 \text{ Mpa}$$

6. $-F = 28,6 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 686,4 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{686,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,6 \text{ Mpa}$$

$$-F = 30,6 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 734,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{734,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 30,6 \text{ Mpa}$$

$$-F = 30,3 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 727,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{727,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 30,3 \text{ Mpa}$$

7. $-F = 24,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 592,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{592,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 24,7 \text{ Mpa}$$

$-F = 26,2 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 628,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{628,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,2 \text{ Mpa}$$

$-F = 25,5 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 612 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{612 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 25,5 \text{ Mpa}$$

8. $-F = 27,5 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 660 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{660 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,5 \text{ Mpa}$$

$-F = 27,1 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 650,4 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{650,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,1 \text{ Mpa}$$

$-F = 26,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 645,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{645,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,9 \text{ Mpa}$$

9. $-F = 27,8 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 667,2 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{667,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,8 \text{ Mpa}$$

$-F = 28,3 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 679,2 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{679,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,3 \text{ Mpa}$$

$-F = 28,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 693,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{693,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,9 \text{ Mpa}$$

10. $-F = 25,8 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 619,2 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{619,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 25,8 \text{ Mpa}$$

$$-F = 25,3 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 607,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{607,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 25,3 \text{ Mpa}$$

$$-F = 27,4 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 657,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{657,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,4 \text{ Mpa}$$

11. $-F = 27,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 669,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{669,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,9 \text{ Mpa}$$

$$-F = 28,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 688,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{688,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,7 \text{ Mpa}$$

$$-F = 27,6 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 662,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{662,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,6 \text{ Mpa}$$

12. $-F = 26,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 645,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{645,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,9 \text{ Mpa}$$

$$-F = 26,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 640,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{640,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,7 \text{ Mpa}$$

$$-F = 28,1 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 674,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{674,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,1 \text{ Mpa}$$

13. $-F = 27,3 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 655,2 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{655,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,3 \text{ Mpa}$$

$$-F = 26,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 640,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{640,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,7 \text{ Mpa}$$

$$-F = 26,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 645,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{645,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,9 \text{ Mpa}$$

14. $-F = 29,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 712,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{712,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 29,7 \text{ Mpa}$$

$-F = 29,4 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 705,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{705,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 29,4 \text{ Mpa}$$

$-F = 30,3 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 727,2 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{727,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 30,3 \text{ Mpa}$$

15. $-F = 27,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 669,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{669,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,9 \text{ Mpa}$$

$-F = 26,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 640,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{640,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,7 \text{ Mpa}$$

$-F = 25,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 616,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{616,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 25,7 \text{ Mpa}$$

16. $-F = 26,2 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 628,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{628,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,2 \text{ Mpa}$$

$-F = 26,2 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 628,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{628,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,2 \text{ Mpa}$$

$-F = 27,5 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 660 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{660 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,5 \text{ Mpa}$$

17. $-F = 30,4 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 729,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{729,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 30,4 \text{ Mpa}$$

$$-F = 30 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 720 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{720 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 30 \text{ Mpa}$$

$$-F = 28,1 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 674,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{674,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,1 \text{ Mpa}$$

18. $-F = 26 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 624 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{624 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26 \text{ Mpa}$$

$$-F = 25,3 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 607,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{607,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 25,3 \text{ Mpa}$$

$$-F = 27,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 669,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{669,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,9 \text{ Mpa}$$

19. $-F = 27,2 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 652,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{652,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,2 \text{ Mpa}$$

$$-F = 28,8 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 691,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{691,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28,8 \text{ Mpa}$$

$$-F = 28 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 672 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{672 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 28 \text{ Mpa}$$

20. $-F = 26,6 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 638,4 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{638,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,6 \text{ Mpa}$$

$$-F = 26,5 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 636 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{636 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,5 \text{ Mpa}$$

$$-F = 25,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 616,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{616,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 25,7 \text{ Mpa}$$

21. $-F = 26,1 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 626,4 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{626,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,1 \text{ Mpa}$$

$-F = 25,6 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 614,4 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{614,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 25,6 \text{ Mpa}$$

$-F = 26 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 624 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{624 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26 \text{ Mpa}$$

22. $-F = 24,5 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 588 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{588 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 24,5 \text{ Mpa}$$

$-F = 27,2 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 652,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{652,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,2 \text{ Mpa}$$

$-F = 27,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 664,8 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{664,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,7 \text{ Mpa}$$

23. $-F = 24,6 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 590,4 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{590,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 24,6 \text{ Mpa}$$

$-F = 27,4 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 657,6 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{657,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,4 \text{ Mpa}$$

$-F = 26,8 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 643,2 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{643,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,8 \text{ Mpa}$$

24. $-F = 26 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 624 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma = \frac{624 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26 \text{ Mpa}$$

$$-F = 24,8 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 595,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{595,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 24,8 \text{ Mpa}$$

$$-F = 25,4 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 609,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{609,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 25,4 \text{ Mpa}$$

$$25. -F = 27,5 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 660 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{660 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,5 \text{ Mpa}$$

$$-F = 27,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 664,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{664,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,7 \text{ Mpa}$$

$$-F = 27,9 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 669,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{669,6 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,9 \text{ Mpa}$$

$$26. -F = 25,1 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 602,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{602,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 25,1 \text{ Mpa}$$

$$-F = 27,5 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 660 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{660 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 27,5 \text{ Mpa}$$

$$-F = 25,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 616,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{616,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 25,7 \text{ Mpa}$$

$$27. -F = 24,3 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 583,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{583,2 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 24,3 \text{ Mpa}$$

$$-F = 26,1 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 626,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{626,4 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 26,1 \text{ Mpa}$$

$$-F = 24,7 \text{ Mpa} \times 24 \text{ mm} = 592,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = \frac{592,8 \text{ N/mm}^2}{24 \text{ mm}} = 24,7 \text{ Mpa}$$



SURAT PERNYATAAN

Saya/Kami yang bertandatangan dibawah ini telah menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul:

**PENGARUH PARAMETER PROSES 3D *PRINTING* TERHADAP KEKUATAN TARIK
*FILAMENT POLYETHYLENE TEREPHTHALET GLYCOL***

Oleh :

1. Rovi Avriansah /NPM 1041825

Dengan ini menyatakan bahwa isi laporan akhir proyek akhir sama dengan *hardcopy*.
Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya.

Sungailiat, 16 Februari 2022

1. Rovi Avriansah

()

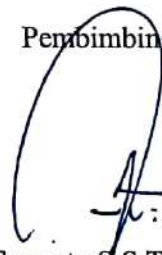
Mengetahui,

Pembimbing 1,







(Pristiansyah S.S.T.,M.Eng.)

Pembimbing 2,





(Erwanto S.S.T.,M.T)




FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022	
JUDUL		Pengaruh parameter prosed 3D printing terhadap kuat tarik filamen PETG	
Nama Mahasiswa		1. Rovi Avriansah /NIRM: 1041825 2. /NIRM: 3. /NIRM: 4. /NIRM: 5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
1	22 / 10 / 2021	- Masalah 7% - Proses cetak 90%	
	22 / 10 / 2021	- Perbaiki penulisan Laporan	
	22 / 10 / 2021	- proses cetak benda uji - proses pengambilan data uji	



KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / BELUM (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  (.....) Pristiansyah, S.S.T., M.Eng	Pembimbing 2  (.....) Erwanto, S.S.T., M.T	Pembimbing 3 (.....)


FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021 / 2022	
JUDUL		Pengaruh parameter proses 3D printing terhadap kuat tarik filament PETG	
Nama Mahasiswa		1. Rovi Avriansah /NIRM: 1041825 2. /NIRM: 3. /NIRM: 4. /NIRM: 5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
2	14 / Des 2021	Makalah Bab 1-3 70%	
		- Tahap Pengambilan Data 100%	
		- Lanjutkan Pembuatan BAB IV	
2	17 / Des 2021		



KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: ~~SIAP~~ / BELUM (coret salah satu) 80%

Mengetahui		
Pembimbing 1	Pembimbing 2	Pembimbing 3
 (.....) Pristiyansyah S.ST.M.Eng	 (.....) Erwanto, S.S.T., M.T	(.....)




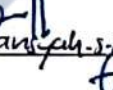
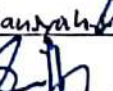
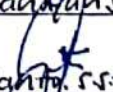
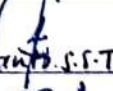

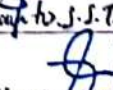
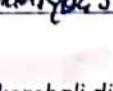
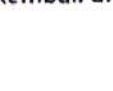
FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021./2022	
		JUDUL PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMEN PETG.	
Nama Mahasiswa		1. Povi Arriansah /NIRM: 1041825	
		2. /NIRM:	
		3. /NIRM:	
		4. /NIRM:	
		5. /NIRM:	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
3.	21 / Jan 2022	100 % Sudah Siap Sidang.	

KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / BELUM (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1  Pristidaryah, S.S.T.M. Eng (.....)	Pembimbing 2  Ercinto, S.S.T.M.T (.....)	Pembimbing 3 (.....)


FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

		FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK/.....	
JUDUL		PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KUAT TARIK FILAMENT POLYETHYLENE TEREPHTHALET GLYCOL	
Nama Mahasiswa		Rovi Avriansah NIRM: 1041825	
Nama Pembimbing		1. <u>Pristiansyah S.S.T., M. Eng</u> 2. <u>Erwanto S.S.T., M.T</u> 3. _____	
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	15 / April 2021	Membahas masalah judul TA	 Pristiansyah S.S.T.M.Eng
2	9 / Juni 2021	Membahas bab 1 - bab 3	 Pristiansyah S.S.T.M.Eng
3	29 / Juli 2021	Membahas cara menggunakan mesin dan cara mencetak	 Pristiansyah S.S.T.M.Eng
4	23 / Juli 2021	Membahas Progres bab 1 - bab 3	 Pristiansyah S.S.T.M.Eng
5	22 / Okt 2021	Monitoring 1 dan pembahasan proses penelitian	 Pristiansyah S.S.T.M.Eng
6	25 / Nov 2021	Membahas masalah pencetakan dan progres pencetakan, serta bab 1 & 3	 Erwanto S.S.T.M.T
7	22 / Okt 2021	Monitoring 1 dan pembahasan bab 1 dan bab 3	 Erwanto S.S.T.M.T
8	16 / Des 2021	Monitoring 2 dan Progres TA	 Pristiansyah S.S.T.M.Eng
9	16 / Des 2021	Monitoring 2 dan Progres TA	 Erwanto S.S.T.M.T
10	6 / Jan 2022	Membahas masalah jurnal SMITT	 Pristiansyah S.S.T.M.Eng

Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK

JUDUL : Pengaruh Parameter proses 3D printing
teknik ekstrusi terik filament
PETG.

Nama Mahasiswa : 1. Rovi Afrizyah NIRM: _____
2. _____ NIRM: _____
3. _____ NIRM: _____
4. _____ NIRM: _____
5. _____ NIRM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
<u>- tata tulis (paragraf, garis miring, gambar)</u>	
<u>- Bab III</u>	
<u>- Bab IV (study literature)</u>	
<u>- lampiran hasil</u>	

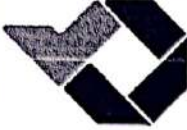
Sungailiat, 31-01-2022

Penguji
(Husni)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

<p>Mengetahui, Pembimbing</p> <p><u>(Husni)</u></p>	<p>Sungailiat, <u>02-2-2022</u></p> <p>Penguji</p> <p><u>(Husni)</u></p>
---	--

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK <u>2021 / 2022</u></p>
<p>JUDUL :</p>	<p><u>Pengaruh Parameter Proses 3D Printing</u> <u>terhadap Kekuatan Larik Filament Polyethylene</u> <u>terephthalat Glycol</u></p>
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. <u>Rovi Avriansah</u> NIRM: <u>1041825</u> 2. _____ NIRM: _____ 3. _____ NIRM: _____ 4. _____ NIRM: _____ 5. _____ NIRM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	
<p><u>- Revisi laporan PA</u></p>	
<p>Sungailiat, <u>31-01-2022</u></p> <p>Penguji  (.....<u>Sugiyarto</u>.....)</p>	
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p>Mengetahui, Pembimbing</p>  (.....)	<p>Sungailiat, <u>7 Februari 2022</u></p> <p>Penguji</p>  (..... <u>Sugiyarto</u>)

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir



FORM REVISI LAPORAN AKHIR
TAHUN AKADEMIK
2021 / 2022

JUDUL :

Nama Mahasiswa :

1.	<u>ROVI AURIANSAH</u>	NIRM: <u>1041825</u>
2.	_____	NIRM: _____
3.	_____	NIRM: _____
4.	_____	NIRM: _____
5.	_____	NIRM: _____

Bagian yang direvisi	Halaman
<u>perhatikan masalah.</u>	<u>—</u>
<u>8-02-2022 roni</u>	

Sungailiat, 31-01-2022.....

Penguji

(.....PRISTIANSYAH.....)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

<p>Mengetahui, Pembimbing</p>  (.....)	<p>Sungailiat,</p> <p>Penguji</p>  (.....)
--	---



User name:
Nassey

Check ID:
59350698

Check date:
20.01.2022 15:21:15 WIB

Check type:
Doc vs Internet + Library

Report date:
20.01.2022 15:22:48 WIB

User ID:
114108

File name: **BAB 1-5 cek plagiat**

Page count: **33** Word count: **5779** Character count: **37571** File size: **1.19 MB** File ID: **70309099**

19.8% Matches

Highest match: **7.94%** with Library source (File ID: **60646217**)

9.88% Internet sources 636

Page 35

14.8% Library sources 71

Page 40

0% Quotes

Exclusion of quotes is off

Exclusion of references is off

0% Exclusions

No exclusions