

**OPTIMASI PENGARUH PARAMETER PROSES 3D
PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK
MENGUNAKAN FILAMEN PLA+**

PROYEK AKHIR

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



Disusun Oleh:

Afiq Durrani Irdin NIM: 1042105

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2024

JUDUL PROYEK AKHIR

OPTIMASI PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK MENGGUNAKAN FILAMEN PLA+

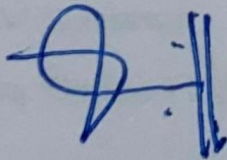
Oleh:

Afiq Duranni Irdin / 1042105

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

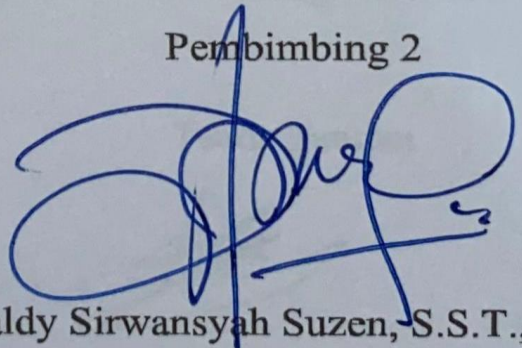
Menyetujui,

Pembimbing 1



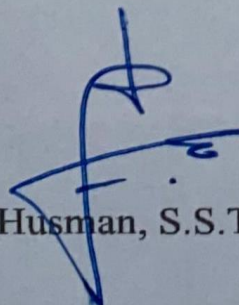
Pristiansyah, S.S.T., M.Eng.

Pembimbing 2



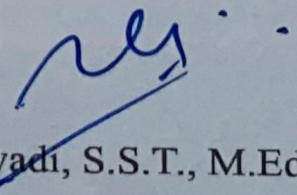
Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T.

Penguji 1



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

Penguji 2



Harwadi, S.S.T., M.Ed

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Afiq Durrani Irdin NIM : 1042105

Dengan Judul : Optimasi Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kekuatan Tarik Menggunakan Filamen PLA+

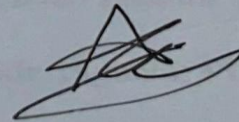
Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 23 Juli 2024

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Afiq Durrani Irdin



ABSTRAK

3D Printing atau juga biasa dikenal sebagai Additive Manufacturing mengakibatkan kemajuan yang pesat membawa dampak yang sangat besar terhadap industri manufaktur. Hadirnya teknologi 3D Printing dalam dunia manufaktur membawa perubahan besar pada dunia, terutama di kalangan industri. 3D Printing adalah teknologi proses manufaktur yang banyak dikembangkan untuk membuat sebuah prototipe cepat sesuai dengan desain yang diinginkan yang tidak hanya dapat dilihat tapi juga dipegang dan memiliki volume. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik menggunakan filament PLA+ dengan berbeda parameter melalui metode Taguchi dan mengetahui besarnya dampak dalam pencetakan dengan menggunakan filament PLA+. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode Taguchi, dengan mesin 3D printer FDM model Creality Ender 3 Pro dengan printing area XYZ 220mm x 220mm x 250mm dan ukuran Nozzle 0,4. Parameter proses yang digunakan pada penelitian ini yaitu Nozzle Temperature (210°C, 220°C, 230°C), Bed Temperature (60°C, 65°C, 70°C), dan Layer Thickness (0,10mm, 0,15mm, 0,20mm). Hasil penelitian nilai kekuatan tarik paling optimal yaitu terjadi pada eksperimen ke 1 menggunakan filament PLA+ yaitu Nozzle Temperature (210°C), Bed Temperature (60°C), dan Layer Thickness (0,10mm). Dengan nilai kekuatan tarik dari 3 replikasi sebesar 21,16 MPa.

Kata kunci : 3D Printing, FDM, Kuat Tarik, Metode Taguchi, PLA+

ABSTRACT

3D Printing or also commonly known as Additive Manufacturing resulted in rapid progress bringing a huge impact on the manufacturing industry. The presence of 3D Printing technology in the manufacturing world has brought great changes to the world, especially in the industrial circles. 3D Printing is a manufacturing process technology that is widely developed to create a rapid prototype according to the desired design that can not only be seen but also held and have volume. This study aims to determine the tensile strength using PLA+ filament with different parameters through the Taguchi method and determine the magnitude of the impact in printing using PLA+ filament. This research was carried out using the Taguchi method, with a 3D printer FDM machine model Creality Ender 3 Pro with a printing area of XYZ 220mm x 220mm x 250mm and a nozzle size of 0.4. The process parameters used in this study were Nozzle Temperature (210°C, 220°C, 230°C), Bed Temperature (60°C, 65°C, 70°C), and Layer Thickness (0.10mm, 0.15mm, 0.20mm). The results of the study showed that the most optimal tensile strength value occurred in the 1st experiment using PLA+ filament, namely Nozzle Temperature (210°C), Bed Temperature (60°C), and Layer Thickness (0.10mm). With a tensile strength value of 3 replications of 21,16 MPa.

Keywords : 3D Printing, FDM, Tensile Strength, Taguchi Method, PLA+

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan proyek akhir dengan judul “Optimasi Pengaruh Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Kekuatan Tarik Menggunakan Filamen PLA+”.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan doa, dorongan dan motivasi sehingga Proyek Akhir ini dapat terlaksana dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, melimpahkan rahmat dan hidayah.
2. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I pada Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II pada Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Kedua orang tua yang selalu senantiasa memberikan dukungan, semangat, kasih sayang dan doa yang tak pernah putus di setiap sujud mereka.
5. Seluruh pihak yang telah membantu memberi semangat dan masukan dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis memohon maaf apabila dalam penulisan terdapat kesalahan kata, pengetikan dan kekeliruan sehingga membingungkan para pembaca dalam memahami maksud dari isi laporan.

Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun sehingga dapat menyempurnakan laporan ini dan menjadi acuan dalam menyusun laporan selanjutnya. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Sungailiat, 5 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
BAB II DASAR TEORI.....	3
2.1 3D Printing	3
2.2 Mekanisme Proses 3D Printer	3
2.2.1 <i>Modelling</i> Objek 3D.....	3
2.2.2 Proses Printing	3
2.2.3 Proses <i>Finishing</i>	4
2.3 Manfaat 3D <i>Printing</i>	4
2.4 Filament PLA+ (Polyactid Acid).....	4
2.5 Uji kekuatan tarik	5
2.5.1 Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji	6
2.5.2 Grip and Face Selection	6
2.6 Metode Taguchi	6
2.7 Tahapan Desain Eksperimen Taguchi.....	7
2.7.1 Tahap Perencanaan Eksperimen.....	7
2.7.2 Tahap pelaksanaan eksperimen	9
2.7.3 Tahap Analisis	9
2.8 Penelitian Sebelumnya	11

BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Diagram Alir.....	13
3.2 Studi Literatur.....	14
3.3 Persiapan Alat dan Bahan.....	14
3.3.1 Bahan Penelitian.....	14
3.3.2 Peralatan Pengujian.....	14
3.4 Penentuan Parameter	17
3.4.1 <i>Design of Experiment</i> (DoE).....	17
3.4.2 Parameter Proses	17
3.4.3 Pemilihan Matriks Orthogonal.....	18
3.5 Pelaksanaan Eksperimen	18
3.6 Pengambilan Data Hasil	20
3.7 Pengolahan Data.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Hasil Penelitian.....	21
4.2 Pengujian Spesimen Uji Tarik	21
4.3 Hasil Pengujian Spesimen	22
4.3.1 Perhitungan rata-rata	24
4.4 Pengolahan Data Hasil Eksperimen	24
4.5 Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon.....	31
4.6 Persen Kontribusi	33
4.7 Melakukan Uji Konfirmasi.....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rancangan Eksperimen Taguchi	9
Tabel 3. 1 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji	17
Tabel 3. 2 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji	18
Tabel 4. 1 Nilai Kuat Tarik L9	22
Tabel 4. 2 Hasil perhitungan rata-rata terhadap kuat tarik	24
Tabel 4. 3 Response Table for Means	29
Tabel 4. 4 Parameter proses yang sangat berpengaruh	30
Tabel 4. 5 Response Table for Signal to Noise Ratios	31
Tabel 4. 6 Parameter Proses yang Optimal dan Nilai S/N Rasio	31
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Rasio S/N.....	33
Tabel 4. 8 Analysis of Variance.....	34
Tabel 4. 9 Perbandingan Hasil Kombinasi Awal dengan Kombinasi Optimum ...	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mesin Uji Tarik Dilengkapi Spesimen Ukuran Standar	5
Gambar 2. 2 Standar Ukuran ASTM D638-IV Type 4	6
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	13
Gambar 3. 2 Filament PLA+	14
Gambar 3. 3 Mesin 3D Printing model Ender.....	15
Gambar 3. 4 Laptop.....	15
Gambar 3. 5 Alat Pengujian Tarik	16
Gambar 3. 6 Creality Slicer.....	16
Gambar 3. 7 Solidwork	16
Gambar 3. 8 Pengaturan Parameter Proses dan Level di Software Creality	18
Gambar 3. 9 Proses Pencetakan Spesimen.....	19
Gambar 3. 10 Pengujian Kekuatan Tarik	19
Gambar 4. 1 Proses Pengujian Tarik	21
Gambar 4. 2 Bar Chart nilai kuat tarik L9	23
Gambar 4. 3 Spesimen Hasil Uji Tarik	23
Gambar 4. 4 Halaman Worksheet 1	25
Gambar 4. 5 Tampilan Taguchi Desain	25
Gambar 4. 6 Tampilan Desain.....	26
Gambar 4. 7 Tampilan Faktor	26
Gambar 4. 8 Halaman Worksheet Desain Faktorial L9	27
Gambar 4. 9 Tampilan Analyze Taguchi Design.....	27
Gambar 4. 10 Tampilan Analyze Taguchi Design Graphs	28
Gambar 4. 11 Tampilan Analyze Taguchi Design Analysis	28
Gambar 4. 12 Tampilan Analyze Taguchi Design Options	28
Gambar 4. 13 Grafik Mean Plot.....	29
Gambar 4. 14 Grafik S/N Rasio	30

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

3D *Printing* atau juga biasa dikenal sebagai *Additive Manufacturing* mengakibatkan kemajuan yang pesat membawa dampak yang sangat besar terhadap industri manufaktur. Teknologi pencetakan yang menggunakan printer 3D telah membuat transformasi besar ke dunia, terutama pada bidang industri. Banyak orang menggunakan 3D printer sebagai teknologi proses manufaktur yang memungkinkan prototipe dibuat dengan cepat yang memenuhi gambar yang diharapkan yang dapat dilihat dan dipegang. [1]

Metode yang paling sering digunakan oleh peneliti ketika mereka menggunakan teknologi pencetakan 3D adalah metode FDM (*Fused Deposition Modelling*), dikarenakan mudah penggunaannya, lebih murah, ramah lingkungan, dan membuat proses pengembangan, prototyping, dan produksi produk lebih mudah. Untuk mendapatkan permukaan yang halus, proses finishing diperlukan karena metode printing 3D FDM memiliki sifat mekanik yang buruk karena titik lemah di antara lapisannya. [2]

Dalam pembuatan produk 3D *Printing* filamen menjadi material utama yang bertindak sebagai komponen utama dalam proses pencetakan produk. Ada banyak jenis filamen yang biasa digunakan untuk printer 3D, seperti Polyethylene Terephthalate Glycol (PETG), Nylon, Polylactic Acid (PLA), Polycarbonate (PC), dan Danacrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), dan lain-lain.[3]

Dalam penelitian yang dilakukan, metode Taguchi digunakan dan konsep eksperimen menggunakan L9 (34) OA. Material ABS CCTREE yang digunakan oleh peneliti menghasilkan nilai kuat tarik yang optimal sebesar 41 Mpa. Untuk mendapatkan kualitas material yang paling kuat diperlukan pengaturan parameter

pada bed temperature (92 °C), nozzle temperature (237 °C), layer thickness (0,22 mm) dan Print speed(42 mm/s).[4]

Berdasarkan penelitian yang dilakukan parameter yang menghasilkan kekuatan yang paling optimal menggunakan filamen ASA dengan metode taguchi yaitu: suhu nozzle (240°C), *bed temperature* (50°C), *print speed* (60 mm/s), *cooling speed* (50°C) dan layer thickness (0,4 mm), dengan kekuatan tarik kombinasi parameter yang optimum uji konfirmasi didapatkan sebesar 20,16 Mpa.[5]

Eksperimen yang dilakukan menggunakan metode Taguchi L25 dengan filamen PLA+ mendapatkan nilai optimal pengujian tarik yaitu pada nilai parameter *print speed* (35mm/s), suhu nozzle (215°C), tebal layer (0,10 mm), *cooling speed* (20%), dan orientasi (45°).[6]

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan maka pada penelitian ini akan melakukan parameter dan variasi filamen yaitu dengan menggunakan filamen PLA+.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah :

1. Bagaimana menentukan parameter yang optimum terhadap kuat tarik menggunakan filamen PLA+?
2. Bagaimana menentukan parameter yang paling berpengaruh terhadap kuat tarik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menemukan parameter terbaik terhadap kuat tarik dengan filamen PLA+.
2. Menentukan parameter yang berpengaruh terhadap kuat tarik.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 3D Printing

3D *Printing* adalah sebuah teknologi yang memungkinkan pembuatan objek tiga dimensi dari model digital. Proses ini dimulai dengan membuat desain objek dalam format digital, biasanya menggunakan perangkat lunak *Computer-Aided Design* (CAD). Desain tersebut kemudian dikonversi menjadi format yang dapat dibaca oleh printer 3D, seperti format STL (*Stereolithography*).

Salah satu metode dalam teknologi pencetakan 3D yang disebut Fused Deposition Modeling (FDM) adalah perkumpulan "*Material Extrusion*". Cara kerja *Fused Deposition Modeling* (FDM) yaitu dengan mengekstrusi bahan termoplastik yang disuntikkan melalui nozzel panas pada suhu leleh. Proses ini berlangsung lapisan demi lapisan hingga membentuk produk yang diinginkan. Material yang diaplikasikan dalam FDM adalah tipe termoplastik yang berbentuk filamen. *Fused Deposition Modeling* (FDM) sering diaplikasikan dalam industri 3D *printing* dikarenakan harga terjangkau dan kemudahan penggunaannya. Namun, penting untuk memahami keterbatasan teknologi ini agar dapat memaksimalkan hasil cetak yang kita inginkan.[7]

2.2 Mekanisme Proses 3D Printer

2.2.1 Modelling Objek 3D

Bentuk desain 3D Printer bisa dibuat dengan software khusus membuat gambar 3D. *Software* yang dimaksud contohnya *Autodesk Fusion*, *Solidwork* dan lainnya.

2.2.2 Proses Printing

Setelah file desain telah dipersiapkan selanjutnya dapat langsung dicetak dengan printer 3D. Lamanya tahap pencetakan ini bergantung pada dimensi bentuk.

Tahapan printer metode adiktif layer dengan proses pembacaan oleh printer desain model 3D berikutnya akan membuat lapisan secara berurutan sampai kemudian menjadi mode virtual yang otomatis terintegrasi untuk menciptakan objek yang utuh dan sempurna.

2.2.3 Proses *Finishing*

Dalam akhir proses ini, pengguna berkesempatan untuk menyempurnakan bagian yang mungkin sulit yang mungkin disebabkan oleh perbedaan ukuran (*oversized*).

2.3 Manfaat 3D *Printing*

3D *Printing* memiliki sejumlah kelebihan seperti:

1. Penggunaan material yang efisien
2. Biaya proses yang minim dikarenakan printer 3D tidak banyak memakan waktu
3. *Prototyping* yang cepat dan efisien
4. Meminimalkan limbah

2.4 Filament PLA+ (*Polyactid Acid*)

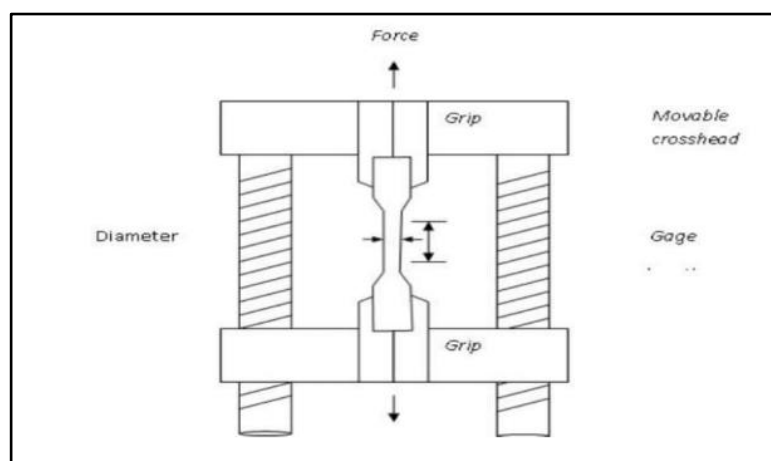
Filamen ini adalah variasi dari PLA, yang merupakan poliester alifaktif termoplastik yang ramah lingkungan dan aktif biologis, berasal dari sumber daya terbarukan. PLA memiliki perbedaan dibandingkan dengan banyak polimer termoplastik yang bersumber dari distilasi serta polimerisasi yang menggunakan cadangan minyak bumi yang diperbarui, filament PLA juga biasa dikenal dengan istilah bioplastik yaitu berasal dari biomassa atau sumber daya yang dapat diperbarui dan berkelanjutan.

Kelebihan :

1. Bersifat *biodegradable* dan bioaktif sehingga bisa meminim biaya produksi
2. Tidak beracun
3. Masa ketahanan dan kekuatan yang baik
4. Ramah lingkungan

2.5 Uji kekuatan tarik

Uji tarik adalah uji ketahanan bahan terhadap beban gaya yang searah sumbu. Uji tarik merupakan metode uji yang menilai ketahanan suatu bahan terhadap gaya statis yang diberikan secara bertahap. Karena pengujian tarik menghasilkan data tentang kekuatan material, hasilnya sangat penting.

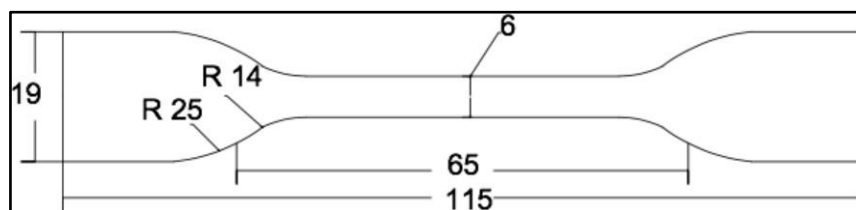


Gambar 2. 1 Mesin Uji Tarik Dilengkapi Spesimen Ukuran Standar

Salah satu jenis dasar pengujian mekanik yang digunakan pada material adalah pengujian tarik. Prosedur pengujian tarik melibatkan spesimen uji yang telah distandarisasi, dimana spesimen tersebut diberi pembebanan *uniaxial* (satu arah) sehingga mengalami perpanjangan hingga patah. Dibandingkan dengan pengujian mekanik lainnya, pengujian tarik lebih mudah, murah, dan sangat terstandarisasi. Dimensi, bentuk, dan pemilihan *grips* untuk spesimen uji adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk memastikan hasil pengujian tarik valid.

2.5.1 Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji

Standar dan spesifikasi ASTM harus diterapkan pada spesimen uji. Bentuk spesimen sangat penting karena peneliti harus memastikan bahwa *grip* tidak patah atau retak. Oleh karena itu, agar tidak terjadinya keretakan serta patahan di bagian *gage length*, peneliti harus mengikuti standarisasi bentuk spesimen uji. Ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Standar Ukuran ASTM D638-IV Type 4

2.5.2 Grip and Face Selection

Face and Grip memiliki peranan penting. Settingan yang salah dapat menyebabkan slip pada spesimen uji atau bahkan *crack* pada *grip* (*jaw break*), yang menghasilkan hasil yang tidak valid. Untuk menghindari spesimen uji dari gesekan langsung pada *face*, maka *face* harus selalu tertutup pada semua permukaan yang kontak dengan *grip*.

2.6 Metode Taguchi

Metode Taguchi, suatu metodologi teknik baru, bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses dengan mengurangi biaya sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi bertujuan untuk mencapai sasaran dengan membuat produk atau proses tidak sensitif terhadap berbagai faktor gangguan. Faktor-faktor seperti material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi operasional termasuk dalam kategori parameter gangguan tersebut.

Ada beberapa keunggulan metode Taguchi dibandingkan dengan metode lain. Misalnya, desain eksperimen Taguchi yang lebih efisien memungkinkan

penelitian yang melibatkan banyak faktor dan angka. Suatu proses yang menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang sulit untuk dikontrol dapat dibuat melalui desain eksperimen Taguchi. Metode Taguchi memungkinkan penelitian yang melibatkan angka dan faktor.

Metode Taguchi memiliki sejumlah kekurangan dibandingkan dengan metode lain. Misalnya, Metode dengan struktur rancangan yang kompleks mensyaratkan pembuatan rancangan percobaan dengan lebih teliti dan sesuai dengan tujuan penelitian. [8]

2.7 Tahapan Desain Eksperimen Taguchi

2.7.1 Tahap Perencanaan Eksperimen

1. Perumusan masalah

Masalah harus dijelaskan dengan jelas. Perumusan masalah harus teknis jelas agar dapat dimasukkan ke dalam eksperimen.

2. Tujuan eksperimen

Tujuan eksperimen harus dapat menyelesaikan isu yang telah dirumuskan.

3. Penentuan variabel tak bebas (variabel respon)

Pada merencanakan uji coba, variabel perlu dipilih serta ditentukan secara rinci.

4. Identifikasi faktor (variabel bebas)

Tidak semua parameter yang diduga berpengaruh respons perlu diteliti dalam penelitian. Akibatnya, eksperimen bisa dilakukan dengan cara efisien dan efektif.

5. Pemisahan faktor kontrol dan gangguan

Faktor kontrol dan gangguan adalah kategori faktor yang diamati. Dalam desain eksperimen Taguchi, keduanya harus diidentifikasi dengan jelas sebagai pengaruh yang berbeda dari kedua komponen tersebut. Faktor kontrol memiliki nilai yang dapat dikontrol, sedangkan faktor gangguan tidak.

6. Penentuan jumlah dan nilai level faktor

Keakuratan hasil dan biaya pelaksanaan eksperimen akan dipengaruhi oleh pilihan jumlah level. Hasil eksperimen yang diperoleh dan biaya yang dikeluarkan akan meningkat seiring dengan tingkat level yang diteliti.

7. Perhitungan derajat kebebasan

Konsep "derajat kebebasan" mengacu pada seberapa besar dan seberapa banyak percobaan yang perlu dilakukan. Perhitungan derajat kebebasan digunakan untuk menentukan berapa banyak eksperimen minimal yang perlu dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Informasi yang dikumpulkan dari faktor dan level derajat kebebasan dari parameter dan level (u fl) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut : $u \text{ fl} = \text{Jumlah level factor} - 1$

8. Pemilihan matriks orthogonal

Pemilihan matriks orthogonal yang sesuai ditentukan oleh jumlah derajat kebebasan dari jumlah parameter dan jumlah level parameter. Matriks orthogonal mempunyai kemampuan mengevaluasi beberapa parameter percobaan yang minimum. Matrik orthogonal L9 merupakan salah satu matrik orthogonal standar dengan 3 level 10 derajat kebebasan. Ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Rancangan Eksperimen Taguchi

No.	<i>Nozzel</i>	<i>Bed</i>	<i>Layer</i>
	<i>Temperature</i>	<i>Temperature</i>	<i>Thickness</i>
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

2.7.2 Tahap pelaksanaan eksperimen

Tahap pelaksanaan eksperimen melibatkan dua tahap, yaitu menentukan jumlah replikasi dan melakukan randomisasi atau pengacakan percobaan.

1. Jumlah replikasi

Pada kondisi percobaan, jumlah replikasi adalah perlakuan yang sama. Tujuan dari perlakuan ini adalah untuk mendapatkan harga taksiran, meningkatkan akurasi, dan mengurangi tingkat kesalahan.

2. Randomisasi

Dampak parameter yang tidak diharapkan dalam eksperimen. Randomisasi ini bertujuan untuk mengurangi bias dan meningkatkan validitas pada hasil eksperimen.

2.7.3 Tahap Analisis

Langkah analisis berikut melibatkan dua syarat: perekapan dan pemrosesan data. Tampilan desain yang telah dipilih akan menggunakan pengolahan, perhitungan, dan statistik dari data yang telah diambil. Tahap analisis yang disebut

S/N Ratio adalah menentukan nilai level parameter yang berdampak serta ideal karakter hasil eksperimen tingkat tinggi. Karakteristik kualitas dalam rasio S/N meliputi:

a. *Smaller is Better*

Smaller is Better memiliki karakter di mana nilai kualitas memiliki batas nol dan non-negatif, yang berarti bahwa nilai yang lebih dekat ke nilai nol adalah yang paling baik.

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

Dimana:

n = jumlah pengulangan

y = data dari hasil percobaan

b. *Nominal is Best*

Nominal is Best adalah jenis aspek kualitas yang memiliki nilai terbatas dan target tidak nol; nilai yang paling dekat dengan nilai yang ditetapkan adalah yang terbaik.

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(y^1 - y^2)^2}{n} \right] \quad (2)$$

Dimana:

n = jumlah pengulangan

y = data dari hasil percobaan

c. *Large is Better*

Large is Better merupakan karakteristik kualitas dengan angka tak terbatas dan non-negatif, angka paling besar itulah angka yang paling terbaik.

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(1/y^i)}{n} \right] \quad (3)$$

Dimana:

n = jumlah pengulangan

y = data dari hasil percobaan

2.8 Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan penelitian tentang uji tarik produk dengan filament PLA+ esun nilai hasil eksperimen tertinggi yaitu pada spesimen uji ke-22, dengan parameter suhu nozzle 245°C dan tipe *infill* konsentrik, didapatkan nilai 43,20 Mpa. [9]

Pada penelitian tentang nilai parameter proses optimal dengan standar ASTM D638 menggunakan filament PETG nilai paling optimal yaitu *Nozzle Temperature* (245°C), *Printing Speed* (35mm/s), dan *Layer Thickness* (0,25mm). Nilai tertinggi elastic modulus sebesar >0,125 Gpa. [10]

Pada sebuah penelitian menunjukkan parameter proses pengujian tarik paling optimal menggunakan filament PETG yaitu *Wall Thickness* (1,2), *Nozzle Temperature* (230°C), *Print Speed* (40mm/s), *Layer Thickness* (0,24 mm), *Bed Temperature* (60°C), *Flow Rate* (80%), *Infill Density* (25%) Dengan rata-rata kekuatan tarik tertinggi yaitu 30,1 Mpa. [11]

Menggunakan mesin 3D Printer merek SOVOL SV06 dan filamen PETG merek SUNLU, didapatkan hasil bahwa faktor atau parameter Print Speed sangat berpengaruh terhadap kekuatan uji tarik sesuai dengan standar ASTM D638 Type IV. Dimana setelah dilakukan uji tarik dan pengolahan data baik secara manual dan bantuan software ditemukan nilai S/N rasio dengan urutan parameter yaitu *Print Speed* (50 mm/s), *Layer Height* (0,24 mm), *Print Temperature* (250°C) dan *Infill Density* (50%). Berdasarkan data hasil pengujian tarik spesimen ditemukan rata-rata kekuatan tarik tertinggi yaitu 49,14 Mpa. [12]

Pencetakan akan dilakukan dengan menggunakan mesin Anet A8 Plus dan untuk tipe spesimen menggunakan standar ASTM D-638 tipe V. Penelitian ini menggunakan taguchi L9 dengan 3 faktor dan 3 level yang mencetak 27 benda uji. Sehingga diperoleh skor tertinggi pada uji tarik dengan percobaan nomor 7 sebesar 12,97 MPa. [13]

Pada penelitian berikut ini bertujuan untuk mengetahui berapa kekuatan tarik dari bahan yang digunakan pada printer 3D yaitu ABS. Dengan variasi *Layer Thickness* 0.15 mm, 0,25 mm, dan 0,35 mm. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji Hounsfield. Hasil optimal yang didapatkan oleh spesimen A0.25 dengan kekuatan tarik sebesar 21.56 Mpa . [14]

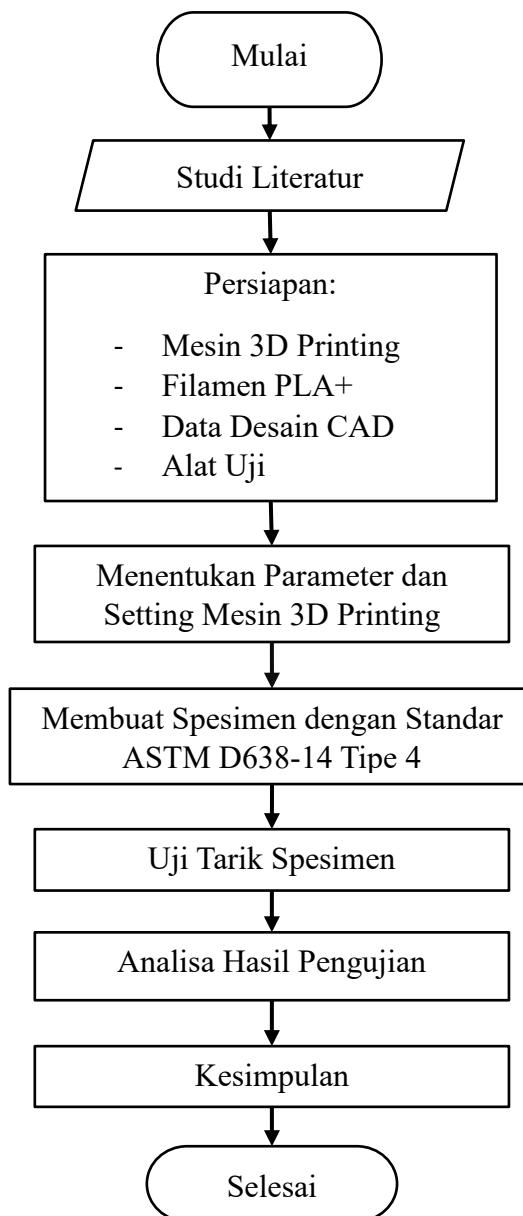
Pada penelitian berikut ini hasil cetakan diuji dengan menggunakan metode uji tarik. Parameter yang digunakan, *print temperature*, *layer height*, *print speed*. Analisa data respon menggunakan *Response Surface Method* (RSM) dengan tipe Box-Behnken. Hasil data uji tarik dianalisis menggunakan Analisis of Varian (ANOVA). Berdasarkan hasil analisa uji tarik spesimen ASTM D638-10 type 1 diperoleh parameter *print temperature* sebesar 260°C dan *layer height* sebesar 0,12 mm dan *print speed* maksimal sebesar 50 mm/s. [15]

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Tahapan proses penelitian yang akan dilakukan oleh penulis ditampilkan pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.2 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk menemukan sumber teori yang berkaitan dalam kasus konflik yang sudah ditetapkan. Ini bisa ditemukan referensi ini dari beragam sumber informasi, termasuk buku, jurnal, artikel, laporan penelitian, dan situs web. Selama proses penelitian, penelitian literatur ini digunakan sebagai pendukung.

3.3 Persiapan Alat dan Bahan

3.3.1 Bahan Penelitian

Material yang digunakan adalah filament PLA+, filamen PLA+ ini memiliki ukuran diameter 1,75 mm dan suhu pencetakan berkisar 200-230°C. Dapat dilihat pada Gambar 3.2.

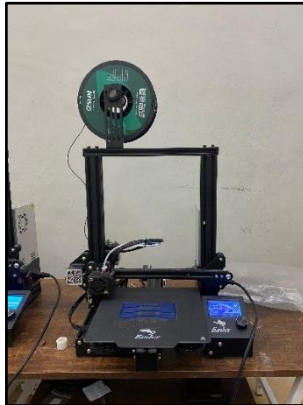


Gambar 3. 2 Filament PLA+

3.3.2 Peralatan Pengujian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin 3D PrinterMesin 3D printer yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin model *Ender* dengan area pencetakan XYZ 220 mm × 220 mm × 250 mm menggunakan diameter nozzle 0,4 mm. Dapat dilihat dari gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Mesin 3D Printing model Ender

2. Laptop

Laptop yang digunakan untuk mengoperasikan *software* yang bekerja dengan printer 3D dan *software* aplikasi curah. Ditunjukkan di Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Laptop

3. Alat Uji Tarik

Kekuatan filamen PLA+ yang digunakan dapat diukur dengan alat uji tarik yang digunakan ini. Ditunjukan di Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Alat Pengujian Tarik

4. *Software Creality Slicer*

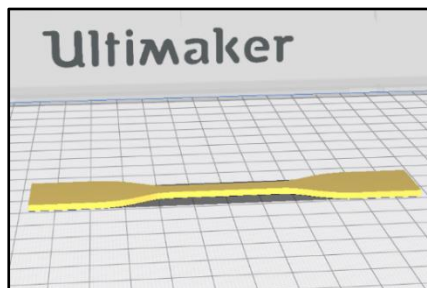
Software Creality berperan dalam menginput parameter dan pengoperasian printer 3D serta *G-code*. Ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 *Creality Slicer*

5. *Software Solidwork*

Software ini berfungsi sebagai alat desain bahan pengujian tarik.



Gambar 3. 7 *Solidwork*

3.4 Penentuan Parameter

3.4.1 *Design of Experiment (DoE)*

Untuk menemukan faktor dan informasi variasi parameter, metode Taguchi untuk Desain Eksperimen (DoE) digunakan. Faktor serta level variasi parameter dalam pengaturan *creality slicer* diidentifikasi agar mendapatkan nilai hasil eksperimen minimal dan semaksimal mungkin informasi mengenai seluruh faktor yang berpengaruh terhadap parameter. Uji coba "satu perubahan sekaligus" sangat berbahaya karena mengharuskan peneliti menemukan satu variabel *input* yang dapat mempengaruhi *output* secara signifikan, sementara mereka terhambat akibat ketidakmampuan mengganti variabel untuk mempertahankan kestabilan variabel lain. Dalam penelitian ini, parameter yang digunakan adalah suhu *nozzle* (°C) dan suhu *bed* (°C), dan tebal *layer* (mm).

3.4.2 Parameter Proses

Parameter metode yang diterapkan pada eksperimen ini terdiri dari tiga parameter metode, yang menentukan pemilihan faktor proses dan eksperimen berdasarkan studi pustaka yaitu *Nozzle temperature* (°C), *Bed temperature* (°C), *Layer thickness* (mm). Penelitian ini menggunakan desain Taguchi L9 3³ dengan 3 faktor dan 3 level. Ditunjukkan di Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji

		Level		
Faktor	Parameter Proses	1	2	3
1.	<i>Nozzle Temperature</i> (°C)	210°C	220°C	230°C
2.	<i>Bed Temperature</i> (°C)	60°C	65°C	70°C
3.	<i>Layer Thickness</i> (mm)	0,10 mm	0,15 mm	0,20 mm

3.4.3 Pemilihan Matriks Orthogonal

Pengimplementasian matriks ortogonal memerlukan pemahaman yang baik tentang derajat kebebasan dan tingkat faktor yang ditentukan. Ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji

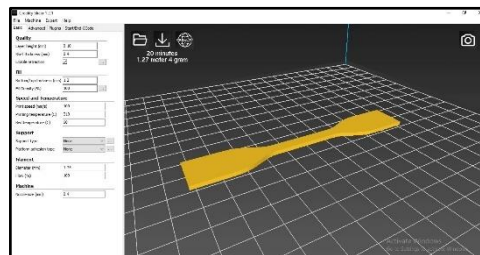
Parameter Proses	Jumlah Level (k)	$ufl = (k - 1)$
<i>Nozzle Temperature</i> (°C)	3	2
<i>Bed Temperature</i> (°C)	3	2
<i>Layer Thickness</i> (mm)	3	2
Total derajat kebebasan		6

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa derajat kebebasan total dari parameter tahapan prosedur faktor yang digunakan setidaknya 6. Matriks ortogonal yang dipilih harus memenuhi syarat setidaknya sepuluh derajat kebebasan.

3.5 Pelaksanaan Eksperimen

Berikut tahapan pelaksanaan eksperimen:

1. Menggunakan *Software Solidwork* untuk membuat spesimen yang sesuai dengan ASTM D638-14 tipe 4 dan menyimpannya ke dalam bentuk file STL desain. *Software Creality* menggunakan format STL dalam pengaturan parameter proses dan level yang diinginkan agar memperoleh *G-code*.



Gambar 3. 8 Pengaturan Parameter Proses dan Level di *Software Creality*

2. Setelah menghasilkan *G-code*, spesimen dicetak dengan bahan filamen PLA+ dengan parameter proses yang sudah dirancang, dapat dilihat pada Gambar 3.9



Gambar 3. 9 Proses Pencetakan Spesimen

3. Setelah semua spesimen selesai dicetak, langkah selanjutnya adalah uji kuat tarik ditunjukkan pada Gambar 3.10



Gambar 3. 10 Pengujian Kekuatan Tarik

3.6 Pengambilan Data Hasil

Metode pengambilan data hasil dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Data hasil diambil dari hasil pengujian menggunakan alat uji tarik *Zwick Roell Z020*. Data tersebut selanjutnya dicatat untuk dilakukan proses pengolahan data berdasarkan data yang telah dicatat.

3.7 Pengolahan Data

Setelah data hasil uji tarik diambil, *software minitab* analisis digunakan untuk memproses data tersebut. *Software Microsoft Excel* digunakan untuk mengolah data yang dihasilkan. Tujuan pengambilan data hasil ini adalah untuk mendapatkan parameter proses yang paling ideal.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pengujian ini dilakukan berdasarkan pembahasan di bab sebelumnya, dimulai dengan proses desain spesimen uji menggunakan *SolidWorks* 2019. Berikutnya, file STL dari desain tersebut mengalami proses slicing. Desain yang telah disiapkan kemudian dimasukkan ke dalam *Software Creality Slicer* untuk pengaturan variasi parameter spesimen agar desain dapat dicetak dengan mesin 3D printer Ender. Pengujian dilakukan untuk memperoleh data hasil dari uji tarik material Esun PLA+. Data yang didapatkan kemudian dianalisis untuk menentukan nilai yang ideal.

4.2 Pengujian Spesimen Uji Tarik

Pengujian spesimen dilakukan setelah itu dengan tujuan menentukan modulus elastisitas, regangan, dan kekuatan tarik filamen PLA+. Dengan menggunakan mesin *Zwick Roell*, pengujian ini mengacu pada standar uji tarik ASTM D-638 Type IV. Itu dilakukan di Laboratorium Material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Seperti terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Proses Pengujian Tarik

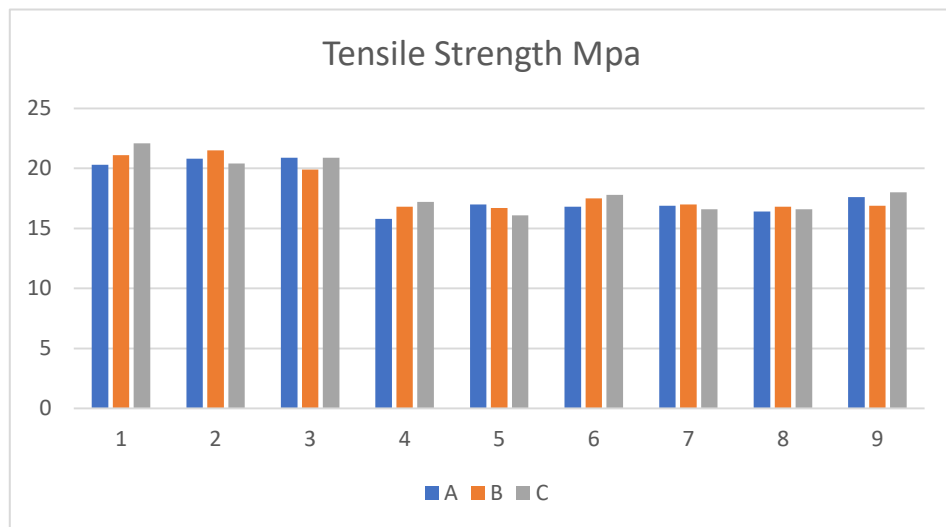
4.3 Hasil Pengujian Spesimen

Spesimen-spesimen yang sudah selesai proses uji tarik maka setelah itu dapat mendapatkan nilai hasil uji kuat tarik 3 replikasi dari setiap pengujian, setelah itu data hasil tersebut diolah untuk mendapatkan nilai tertinggi serta paling berpengaruh kepada kuat tarik. Adapun hasil dari pengujian tarik ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Nilai Kuat Tarik L9

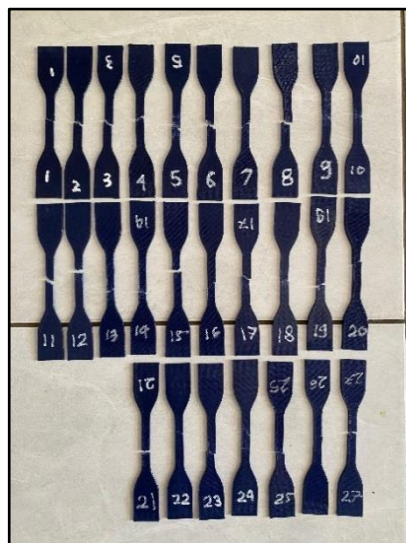
Exp	Nozzle Temperature (°C)	Bed Temperature (°C)	Layer Thickness (mm)	Rep 1 MPa	Rep 2 MPa	Rep 3 MPa
1	210	60	0,10	20,3	21,1	22,1
2	210	65	0,15	20,8	21,5	20,4
3	210	70	0,20	20,9	19,9	20,9
4	220	60	0,15	15,8	16,8	17,2
5	220	65	0,20	17,0	16,7	16,1
6	220	70	0,10	16,8	17,5	17,8
7	230	60	0,20	16,9	17,0	16,6
8	230	65	0,10	16,4	16,8	16,6
9	230	70	0,15	17,6	16,9	18,0

Pada gambar 4.2 di bawah menunjukkan bahwa grafik A berwarna biru menunjukkan replikasi pertama, grafik B berwarna merah menunjukkan replikasi kedua, dan grafik C berwarna abu-abu menunjukkan replikasi ketiga.



Gambar 4. 2 Bar Chart nilai kuat tarik L9

Pada Gambar 4.3 dibawah menunjukkan spesimen yang sudah selesai dilakukan pengujian tarik pada mesin Zwick Roell



Gambar 4. 3 Spesimen Hasil Uji Tarik

4.3.1 Perhitungan rata-rata

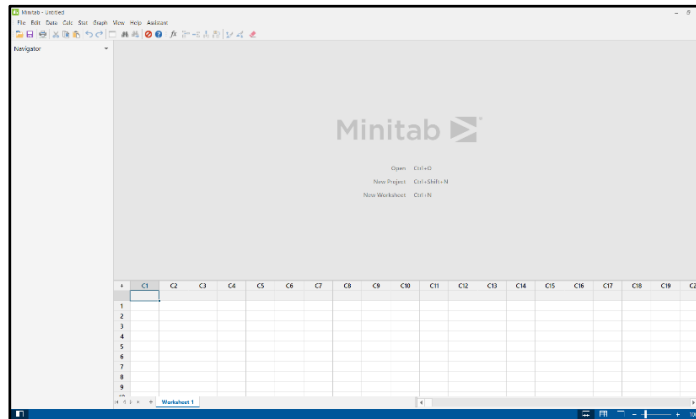
Tabel 4. 2 Hasil perhitungan rata-rata terhadap kuat tarik

Exp	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Mean Mpa
1	20,3	21,1	22,1	21,16
2	20,8	21,5	20,4	20,9
3	20,9	19,9	20,9	20,56
4	15,8	16,8	17,2	16,6
5	17,0	16,7	16,1	16,6
6	16,8	17,5	17,8	17,37
7	16,9	17,0	16,6	16,83
8	16,4	16,8	16,6	16,6
9	17,6	16,9	18,0	17,5

4.4 Pengolahan Data Hasil Eksperimen

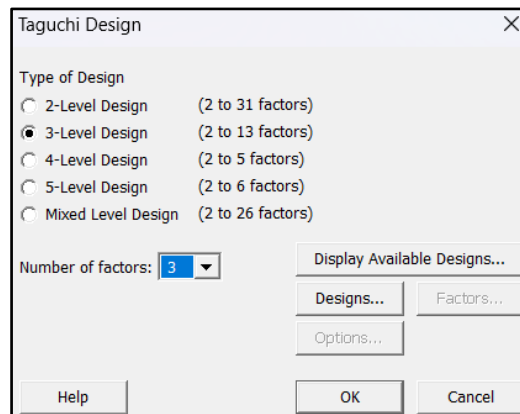
Pengolahan data pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaturan parameter proses yang signifikan hasil uji tarik menggunakan metode Taguchi. Nilai hasil uji diproses dengan *software* analisis, dengan cara memasukkan nilai hasil eksperimen pada Tabel 4.2 kedalam *software* Minitab untuk bisa menghasilkan *Mean Plot* dan *S/N Ratio*. Berikut cara-cara menggunakan *software* Minitab:

1. Buka *Software* Minitab hingga menampilkan halaman *Worksheet-1* seperti pada Gambar 4.4



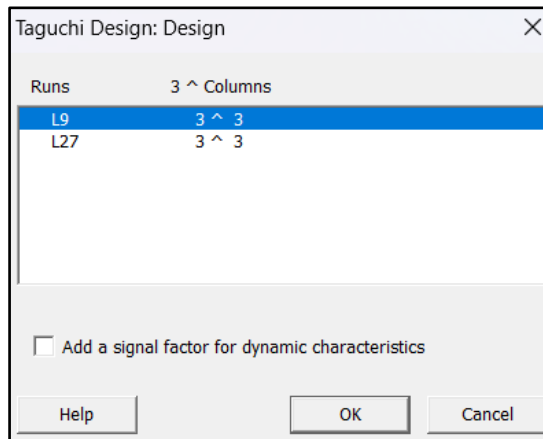
Gambar 4. 4 Halaman Worksheet 1

2. Pilih menu *STAT – DOE – TAGUCHI – CREATE TAGUCHI DESIGN* sehingga muncul tampilan Taguchi Design seperti pada Gambar 4.5. Setelah itu pilih *Type of Design* dan *Number of Factor* sesuai seperti parameter proses dan level yang telah ditentukan.



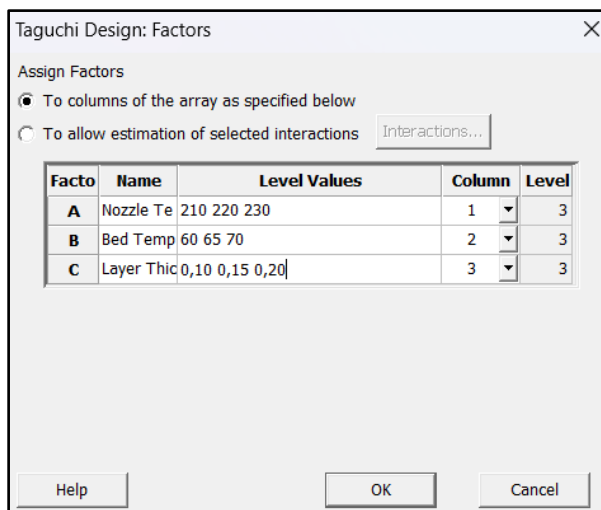
Gambar 4. 5 Tampilan Taguchi Desain

3. Pada tampilan *Create Design* Taguchi pilih *Design Taguchi* dengan matrik L9, dan klik OK.



Gambar 4. 6 Tampilan Desain

4. Apabila muncul tampilan *Factors*, kemudian masukkan *Name* dan *Level Values* sesuai dengan parameter proses dan level yang telah ditentukan.



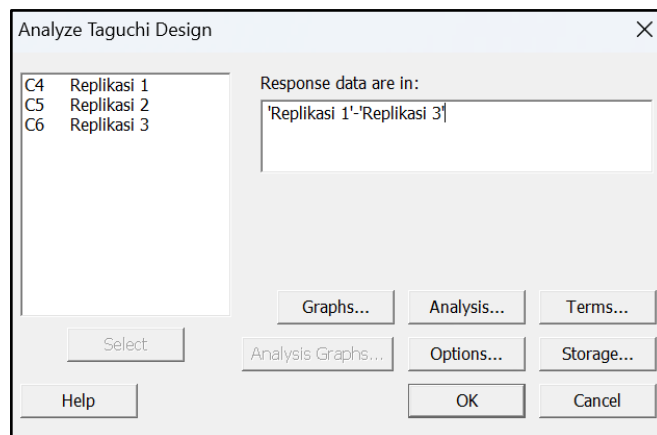
Gambar 4. 7 Tampilan Faktor

- Setelah memasukkan data, klik OK sehingga menghasilkan data desain *factorial* L9.

	Nozzle Temperature	Bed Temperature	Layer Thickness
1	210	60	0,10
2	210	65	0,15
3	210	70	0,20
4	220	60	0,15
5	220	65	0,20
6	220	70	0,10
7	230	60	0,20
8	230	65	0,10
9	230	70	0,15

Gambar 4. 8 Halaman Worksheet Desain Faktorial L9

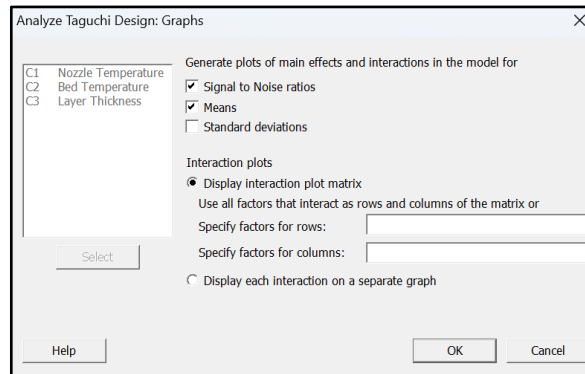
- Pilih menu *STAT – DOE – ANALYZE TAGUCHI DESIGN*, sehingga muncul tampilan *Analyze Taguchi Design* seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Tampilan Analyze Taguchi Design

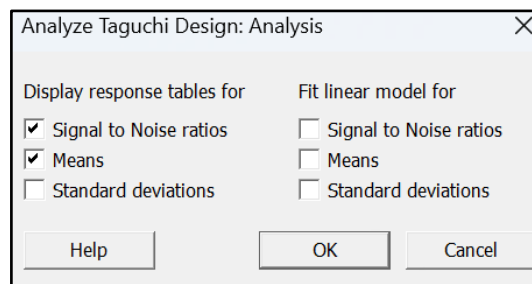
- Klik C4 Replikasi 1, C5 Replikasi 2, C6 Replikasi 3 kemudian pilih respon yaitu Replikasi 1- Replikasi 3 kemudian klik SELECT seperti pada Gambar 4.9

8. Pada menu *Graphs* pilih *Signal to Noise Ratios* dan Means kemudian klik OK.



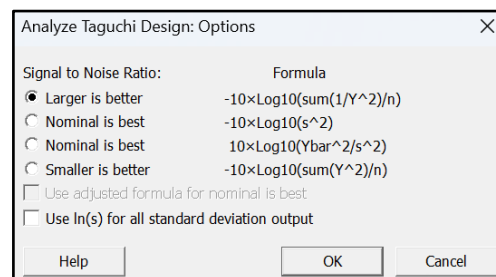
Gambar 4. 10 Tampilan Analyze Taguchi Design Graphs

9. Pilih *Analysis* kemudian pilih *Signal to Noise ratios* dan Means seperti pada Gambar 4.11.



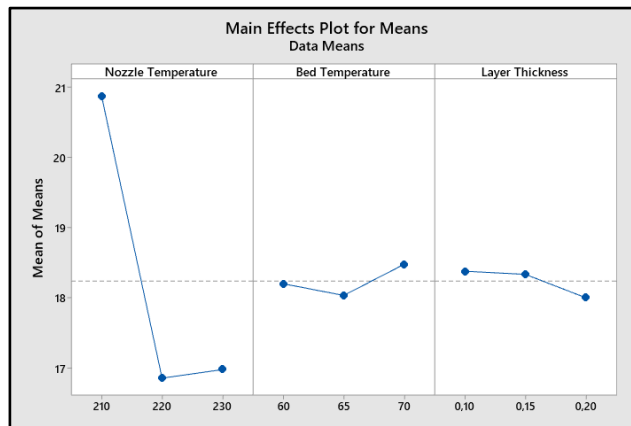
Gambar 4. 11 Tampilan Analyze Taguchi Design Analysis

10. Pada menu *Options* pilih *Signal to Noise Ratio*-nya *Larger is Better* seperti pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Tampilan Analyze Taguchi Design Options

11. Kemudian klik Ok untuk menghasilkan perhitungan *Mean Plot* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.13 dan Tabel 4.3. sama juga dengan perhitungan *SN Ratio “Larger is Better”* yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 dan Tabel 4.5.



Gambar 4. 13 Grafik Mean Plot

Tabel 4. 3 Response Table for Means

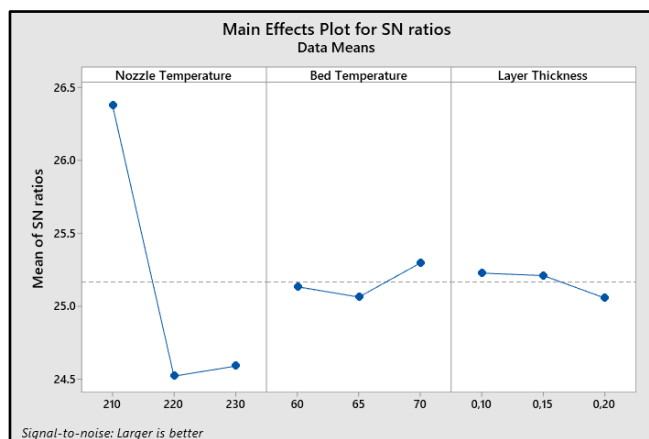
Level	Nozzel Temperature	Bed Temperature	Layer Thickness
1	20,88	18,20	18,38
2	16,86	18,03	18,33
3	16,98	18,48	18,00
<i>Delta</i>	4,02	0,44	0,38
<i>Rank</i>	1	2	3

Sumber : Hasil *Software*

Berdasarkan parameter Gambar 4.14 dan Tabel 4.4 proses yang berpengaruh besar adalah *Nozzle Temperature*. Parameter dengan dampak tinggi dan faktor yang optimal dan nilai respon *mean* ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Parameter proses yang sangat berpengaruh

Rank	1	2	3
Faktor	<i>Nozzle Temperature</i> 210°C	<i>Bed Temperature</i> 60°C	<i>Layer Thickness</i> 0,10mm
Nilai	20,88	18,48	18,38



Gambar 4. 14 Grafik S/N Rasio

Berdasarkan parameter proses pada Gambar 4.14 nilai yang paling optimal untuk kekuatan uji tarik adalah *Nozzle Temperature* (210°C), *Bed Temperature* (60°C), *Layer Thickness* (0,10 mm).

Tabel 4. 5 Response Table for Signal to Noise Ratios

Level	<i>Nozzel</i> <i>Temperature</i>	<i>Bed</i> <i>Temperature</i>	<i>Layer</i> <i>Thickness</i>
1	26,38	25,13	25,23
2	24,52	25,06	25,21
3	24,59	25,30	25,06
<i>Delta</i>	1,86	0,23	0,17
<i>Rank</i>	1	2	3

Sumber : Hasil *Software*

Berdasarkan parameter proses yang optimal pada Tabel 4.6 terhadap kuat tarik adalah Nozzle Temperature.

Tabel 4. 6 Parameter Proses yang Optimal dan Nilai S/N Rasio

Rank	1	2	3
Faktor	Nozzle Temperature 210°C	Bed Temperatu re 70°C	Layer Thickness 0,10mm
Nilai	26,38	25,30	25,23

4.5 Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon

Metode perhitungan rasio S/N digunakan untuk memilih faktor kuat tarik yang akan mengubah data menjadi nilai ukuran variasi yang muncul. Nilai rasio S/N bergantung pada jenis karakteristik kualitas masing-masing respon. Dimana perhitungan rasio S/N penelitian untuk respon kuat tarik dengan karakteristik kualitas meningkat seiring dengan kualitas parameter proses yang memengaruhi hasil uji tarik.

$$S/N = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]$$

Dimana :

n = total pengulangan

y = data dari percobaan

Dengan menggunakan hasil sebanyak 3 kali replikasi, dapat dilihat di bawah perhitungan rasio S/N berdasarkan rumus sebagai berikut:

Pada eksperimen ke 1 :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{20,3^2} + \frac{1}{21,1^2} + \frac{1}{22,1^2} \right) \right] = 26,49$$

Pada eksperimen ke 2 :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{20,8^2} + \frac{1}{21,5^2} + \frac{1}{20,4^2} \right) \right] = 26,39$$

Pada eksperimen ke 3 :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{20,9^2} + \frac{1}{19,9^2} + \frac{1}{20,9^2} \right) \right] = 26,25$$

Pada eksperimen ke 4 :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{15,8^2} + \frac{1}{16,8^2} + \frac{1}{17,2^2} \right) \right] = 24,38$$

Pada eksperimen ke 5 :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{17,0^2} + \frac{1}{16,7^2} + \frac{1}{16,1^2} \right) \right] = 24,39$$

Pada eksperimen ke 6 :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{16,8^2} + \frac{1}{17,5^2} + \frac{1}{17,8^2} \right) \right] = 24,78$$

Pada eksperimen ke 7 :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{16,9^2} + \frac{1}{17,0^2} + \frac{1}{16,6^2} \right) \right] = 24,52$$

Pada eksperimen ke 8 :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{16,4^2} + \frac{1}{16,8^2} + \frac{1}{16,6^2} \right) \right] = 24,40$$

Pada eksperimen ke 9 :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left[\frac{1}{3} \left(\frac{1}{17,6^2} + \frac{1}{16,9^2} + \frac{1}{18,0^2} \right) \right] = 24,85$$

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Rasio S/N

Exp	A	B	C	Rep 1 (Mpa)	Rep 2 (Mpa)	Rep 3 (Mpa)	S/N
1	210	60	0,10	20,3	21,1	22,1	26,49
2	210	65	0,15	20,8	21,5	20,4	26,39
3	210	70	0,20	20,9	19,9	20,9	26,25
4	220	60	0,15	15,8	16,8	17,2	24,38
5	220	65	0,20	17,0	16,7	16,1	24,39
6	220	70	0,10	16,8	17,5	17,8	24,78
7	230	60	0,20	16,9	17,0	16,6	24,52
8	230	65	0,10	16,4	16,8	16,6	24,40
9	230	70	0,15	17,6	16,9	18,0	24,85

4.6 Persen Kontribusi

Untuk mengetahui hasil berapa besar kontribusi yang didapatkan dari tiap parameter proses, dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	229694	99.67%	229694	114847	3675.02	0.000
Error	24	750	0.33%	750	31		
Total	26	230444	100.00%				

Sumber : Hasil *Software*

4.7 Melakukan Uji Konfirmasi

Uji konfirmasi merupakan uji yang dilakukan untuk memvalidasi hasil data yang didapat, dilakukan dengan cara membandingkan hasil rata-rata kuat tarik awal dengan rata-rata hasil kuat tarik uji konfirmasi. Uji ini dilakukan menggunakan kombinasi setting parameter yang didapatkan dari hasil parameter proses yang optimal seperti yang ditunjukkan di Tabel 4.9 dengan parameter dan level yaitu Nozzle Temperature (210°C), Bed Temperature (60°C) dan Layer Thickness (0,10mm)

Tabel 4. 9 Perbandingan Hasil Kombinasi Awal dengan Kombinasi Optimum

<i>Exp</i>	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata – rata
Kombinasi Awal	20,3	21,1	22,1	21,16
Kombinasi Optimum	20,3	21,1	22,1	21,16

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen proses optimasi yang sudah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Hasil pengujian tarik menggunakan *filament* PLA+ didapatkan nilai parameter proses optimal adalah *Nozzle Temperature* (210°C), *Bed Temperature* (60°C), dan *Layer Thickness* (0,10mm). menghasilkan nilai rata-rata uji 21,16 dan nilai hasil S/N tertinggi yaitu 26,49.
2. Parameter proses yang paling berpengaruh terhadap pengujian tarik berturut-turut adalah: *Nozzle Temperature*, *Bed Temperature*, dan *Layer Thickness*.

5.2 Saran

Sementara itu beberapa saran yang bisa disampaikan setelah selesai melakukan eksperimen berikut ini yaitu:

1. Eksperimen ini bisa dikembangkan secara lebih mendetail melakukan analisis pada parameter-parameter yang melibatkan bermacam tingkatan.
2. Metode optimasi dapat diperluas penggunaannya melalui metode-metode lainnya selain Taguchi, untuk memperluas eksperimen.

DAFTAR PUSTAKA

1. Malinda Christiliana¹, P. Y. (2021). Optimasi Parameter Proses pada 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi Filament PLA Food Grade. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 1-8.
2. Bari¹, M. H. (2021). Optimasi Parameter Proses 3d Printing Terhadap . *Prosiding Seminar Nasional* , 171-174.
3. Riskullah Dirga Trisaplin¹, Z. S. (2021). Analisis Pada Proses 3d Printer Terhadap Pengujian Tarik Menggunakan Filamen PLA Pro. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*:p-ISSN: 2723 -6609, 2107-2117.
4. Ade Ferdiansyah¹, P. B. (2021). Optimasi Parameter Proses 3d Printing FDM Terhadap Kekuatan Tarik Filament ABS CCTREE Menggunakan Metode Taguchi L9. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 224-229.
5. Saputra¹, W. R. (2023). Pengaruh Parameter Proses terhadap Kuat Tarik Produk Hasil 3d Printing Menggunakan . *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 73-78.
6. Wahyudi, H.P. (2021). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik. *E-ISSN 2685-8916*, 39-45.
7. Saputra¹, W. R. (2023). Pengaruh Parameter Proses terhadap Kuat Tarik Produk Hasil 3d Printing Menggunakan . *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 73-78.
8. I. Soejanto, "Desain eksperimen dengan Metode Taguchi," *Soejanto, Irwan*, vol. 1, p. 1, 2009.
9. Z.S.Suzen and dkk, "Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen PLA+ ESUN," Sungailiat: Manutech, 2020
10. Duta Sultan Paksi, H. B. (2023). Optimasilisasi Kekuatan Tarik Produk Drone Propeller FDM Dengan Filamen Petg Pada Proses 3d Printing Dengan Metode Response Surface Methodology (RSM). Skripsi yang dipublikasikan, Universitas Tanjungpura, Pontianak.
11. R. Avriansyah, and dkk. (2022). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kekuatan Tarik Filament Polyethylene Terephthalet Glycol. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 395-400.
12. Silsa Z. (2022). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filament PETG Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Sistem Dan Teknik Industri*, 538-545.
13. Redy. (2023). Optimasi Parameter Produk 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen TPU. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 312-317.
14. A.Kholil. (2020). Pengaruh Layer Thickness Dan Orientasi 3D Printing Terhadap Uji Tarik Material ABS. *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 219-226.

15. Felix.K.A.N. (2022). Optimasi Parameter 3D Printing Menggunakan Material PP Daur Ulang pada Spesimen ASTM 638 D 10 type 1 dengan Response Surface Method. *Jurnal Teknologi*, 82-87.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama lengkap : Afiq Durrani Irdin
Tempat & tanggal lahir : Pangkalpinang, 08 Juli 2002
Alamat rumah : Komplek Nangnung Tengah No. 518
Kecamatan Sungailiat
Kabupaten Bangka
Kep. Bangka Belitung
Telp : -
HP : 082283820708
Email : afiq.irdin@gmail.com
Jenis kelamin : Laki-laki
Agama : Islam

2. Riwayat Pendidikan

- a. 2007-2014 : Bentley Primary School Western Australia
- b. 2014-2017 : SMP Setia Budi Sungailiat
- c. 2017-2020 : SMA Setia Budi Sungailiat

Sungailiat, 23 Juli 2024

Tanda Tangan

Afiq Durrani Irdin

