

Pengaruh Suhu Mesin Pembuat Filamen 3D *Printing* Dari Kemasan Mineral Terhadap hasil Filamen Menggunakan Uji Tarik

Azora Esya Abinda¹, Boy Rollastin¹, Pristiansyah^{1*}

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : Pristiansyah@polman-babel.ac.id

Received:15 Januari 2025; Received in revised form:15 Januari 2025; Accepted:17 Januari 2025

Abstract

This study aims to examine the effect of machine temperature on the process of making 3D printing filament from recycled plastic water bottles on filament quality, focusing on tensile testing as the main mechanical parameter. The filament produced from recycled PET (Polyethylene Terephthalate) plastic bottles is used in 3D printing, representing an approach to reduce plastic waste. The filament-making machine's temperature is considered a significant variable that can influence the mechanical properties of the produced filament, including tensile strength. In this study, the Taguchi L4 method was employed, resulting in 12 test specimens with varying machine temperatures (210°C and 220°C), pulling speed (18 RPM and 24 RPM), nozzle temperature (260°C), bed temperature (90°C), print speed (50%), and infill density (107.1%). The results showed that the optimum outcome was achieved in the third experiment, with a combination of 220°C machine temperature and 18 RPM pulling speed, with an average tensile strength of 59.6 MPa. This study contributes to optimizing the process parameters for making 3D printing filaments from plastic water bottles.

Keywords: PET; Filament; 3D Printing; Tensile Test

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh suhu mesin pada proses pembuatan filamen 3d printing berbahan dasar kemasan botol air mineral terhadap kualitas hasil filamen, dengan fokus pada uji tarik sebagai parameter mekanik utama. Filamen yang dihasilkan dari daur botol plastik PET (Polyethylene Terephthalate) digunakan dalam 3d printing yang merupakan salah satu pendekatan dalam Upaya mengurangi limbah plastic. Suhu mesin pembuat filamen dianggap sebagai variabel penting yang dapat mempengaruhi sifat mekanis filamen yang dihasilkan, termasuk kekuatan tarik. Dalam penelitian ini menggunakan metode Taguchi L4 yang menghasilkan 12 spesimen uji dengan variasi suhu mesin (210°C dan 220°C), kecepatan penarikan mesin (18 Rpm dan 24 Rpm), suhu nozzle pada mesin 3d printing 260 °C, suhu meja 90°C, print speed 50%, infill density 107,1%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil yang optimum ditunjukkan pada percobaan ketiga dengan kombinasi suhu 220°C dan kecepatan penarikan mesin 18 Rpm dengan rata rata 59,6. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam optimasi parameter proses pembuatan filamen 3d printing dari kemasan mineral.

Kata kunci: PET; Filamen; 3D Printing; Uji Tarik.

1. PENDAHULUAN

Dengan produksi plastik yang tinggi tentunya dapat menyebabkan sampah plastik yang terus bertambah. Sampah plastik menjadi jenis sampah yang memiliki potensi menimbulkan dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan jika belum dikelola dengan benar karena sifatnya tidak mudah terurai dan menghasilkan mikroplastik. [1]

Banyaknya sampah yang dihasilkan oleh kegiatan manusia yaitu sampah organik mencakup 60-70%, sementara sisanya, sebesar 30-40%, adalah sampah non-organik.

Di dalam sampah non-organik, jenis sampah terbanyak kedua adalah sampah plastik yang mencapai 14%. Jenis plastik yang sering ditemukan dalam kemasan adalah jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*). Beberapa kelebihan dari jenis plastik PET yaitu dapat dimanfaatkan menjadi banyak produk yang bernilai ekonomis seperti produk filamen, mainan, furniture, souvenir, yang tentunya harus melalui proses daur ulang. Ini merupakan salah satu tindakan yang bisa mengurangi sampah plastik sekaligus memanfaatkan sampah plastik. [1]

Botol plastik jenis PET dipilih karena keunggulannya yang beragam diantaranya memiliki sifat termoplastik dan mudah meleleh sehingga mudah dibentuk kembali bersifat elastis, itulah alasan utama mengapa PET menjadi bahan yang ideal, khususnya sebagai bahan cetak untuk objek 3D menggunakan mesin 3D printer. [2]

Teknologi 3d *printing* menggunakan material plastik atau termoplastik. Cara kerjanya melibatkan pemanasan filamen dan mencetaknya lapisan demi lapisan untuk membentuk objek 3 dimensi. [3]

Terdapat berbagai jenis bahan dasar *filament* untuk 3D *Printing* untuk pengujian antara lain; *Polyacticacid* (PLA); *Nylon*, *High Density Polyethylene* (HDPE); *Poly Carbonate* (PC); *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS); *Acrylonitrile Stryrene Acrylate* (ASA). [4]

Salah satu elemen utama dalam proses 3D *Printing* adalah *filament*, yang berperan sebagai bahan pengisi cetakan. namun, harga *filament* yang digunakan masih tergolong cukup mahal. Saat ini, harga *filament* standar berbahan PLA atau ABS berkisar antara 282-424 ribu rupiah per 1 kg gulungan di pasaran global. Maka dari itu, agar dapat menghemat biaya pembelian *filament* salah satu caranya adalah memanfaatkan proses daur ulang kemasan mineral yang berjenis plastik PET menjadi *filament* 3D *printing*. [5]

Mesin pembuatan *filament* ini akan memproses kemasan mineral plastik dengan cara memotong kemasan botol plastik menjadi strip kemudian melewati blok pemanasan dan dibentuk menjadi *filament* serta digulung seperti gulungan *filament* pada umumnya dengan pengaturan suhu dan kecepatan sesuai dengan suhu yang dibutuhkan jenis kemasan mineral. Plastik jenis PET ini memiliki titik leleh pada 250-260°C, suhu transisi gelas 67-81°C dan terdekomposisi pada suhu 480 °C.

Penelitian tentang pengaruh suhu dan kecepatan motor mesin *Pultrusion* terhadap diameter *filament* 3D *printing*. Dalam penelitian ini menggunakan satu jenis botol, yaitu PET dan terdiri dari botol bening dan botol berwarna, potongan lembaran plastik engan lebar 10 mm. Botol bening menggunakan 3 variasi suhu , (140°C, 145°C dan 150°C). Dan 4 variasi kecepatan putar motor penarik, (75 rpm, 80 rpm, 85 rpm dan 90 rpm). Botol berwarna menggunakan suhu 200°C dan kecepatan putar motor penarik 80 rpm. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu diameter filamen terkecil pada suhu 150°C dan kecepatan motor 90 rpm. Diameter filamen terbesar pada suhu 140°C dan

kecepatan motor 75 rpm. Diameter filamen terbaik dicapai dengan nozzle berdiameter 1.6 mm menghasilkan diameter filamen rata-rata 1.75 mm [6].

Penelitian tentang rancang bangun mesin *Pultrusion* pembuat filamen 3D *printing* berbasis limbah plastik botol PET. Dalam penelitian ini parameter yang digunakan mesin pultrusion pembuat filamen yaitu pada suhu 205°C dan kecepatan tarik 30 rpm. Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap botol plastik berukuran 1.5 L didapatkan panjang filamen yang dihasilkan adalah 7.80 m dengan berat filamen sebesar 15 gram serta dengan parameter yang digunakan filamen memiliki diameter seragam, warna yang mengkilau dan memiliki permukaan yang halus. [2]

Penelitian tentang rekayasa mesin pembuat filamen dari sampah botol PET untuk 3D *printing*. Dalam penelitian ini menggunakan parameter di mesin pembuat filamen dengan 3 variasi suhu (180°C, 190°C, 200°C) dan dilakukan pengujian printing dengan parameter di mesin 3D *printing* yaitu suhu *nozzle* 260°C, suhu meja °C. Hasil pembuatan filamen ada yang berbentuk bulat dan ada pula yang belum bulat sempurna. Untuk pengujian *printing* penelitian menunjukkan bahwa filamen dengan suhu 200°C lebih baik dikarenakan hasil cetak yang sudah halus, sedangkan untuk suhu 180°C dan 190°C masih cukup kasar. [7]

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dari mesin pembuat filamen 3d *printing* terhadap hasil filamen menggunakan uji tarik dengan metode taguchi serta menggunakan *software Minitab* mengoptimalkan proses 3d *printing*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Taguchi L4 untuk mengoptimalkan parameter dalam proses pembuatan filamen 3D printing berbahan dasar kemasan botol air mineral daur ulang. Metode Taguchi L4 dipilih karena mampu mengeksplorasi hubungan antara berbagai faktor proses dengan jumlah percobaan yang lebih efisien. Pada penelitian ini, terdapat dua faktor utama yang divariasikan, yaitu suhu mesin pembuat filamen dan kecepatan penarikan mesin. Masing-masing faktor memiliki dua level, yaitu suhu mesin pada 210°C dan 220°C, serta kecepatan penarikan mesin pada 18 Rpm dan 24 Rpm.

Proses eksperimen menghasilkan 12 spesimen uji, di mana setiap kombinasi faktor dan level dijalankan sesuai dengan desain

eksperimen yang diatur oleh metode Taguchi L4. Setelah filamen diproduksi, dilakukan pengujian mekanis menggunakan uji tarik untuk menilai kekuatan tarik dari setiap spesimen. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menentukan besar suhu yang menghasilkan kualitas filamen terbaik, dengan fokus pada kekuatan tarik sebagai parameter utamanya.

Metode ini memungkinkan evaluasi yang lebih efisien dan sistematis untuk

mengidentifikasi pengaruh signifikan dari setiap faktor terhadap sifat mekanis filamen, serta untuk menemukan kombinasi parameter yang optimal.

Penelitian ini menggunakan jenis plastik PET dengan physical properties yang ditunjukkan tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Pembuat Filamen 3D Printing Dari Kemasan Mineral

Spesifikasi Mesin	
Dimensi Mesin	32x20x20 cm
Berat Mesin	1.5 Kg
Daya	40W
Suhu	0-230°C
Kecepatan <i>Stepper Motor</i>	6, 12, 18, 24, 30, 36 Rpm

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

A. Mesin Pembuat Filamen 3D Printing

Mesin ini dapat digunakan untuk membuat filamen dari kemasan mineral 1.5 liter atau dibawahnya.



Gambar 1. Mesin Pembuat Filamen 3D Printing Dari Kemasan Mineral

B. Mesin 3D Printing

Mesin 3D Printing yang digunakan adalah mesin Model Haltech H-01

Cartesian, memiliki *printing* are X Y Z, 210 mm x 210 mm x 300mm



Gambar 2. Mesin 3D Printing

C. Alat Uji Tarik Spesimen

Alat yang digunakan untuk uji spesimen yang telah dicetak, menggunakan uji tarik.



Gambar 3. Alat Uji Tarik

D. Kemasan Mineral Jenis PET (Polyethylene Terephthalate)

Pada penelitian ini menggunakan bahan kemasan mineral berjenis PET yang kemudian akan diproses menjadi filamen *3d printing*.

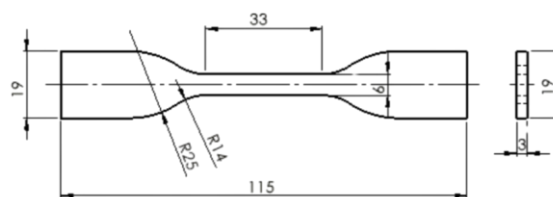


Gambar 2. Kemasan Mineral PET

2.2 Objek penelitian

Penelitian ini menggunakan mesin pembuat filamen *3d printing* dengan

kemasan mineral berjenis PET sebagai bahan dasar pembuat filamen. Desain objek penelitian dibuat menggunakan *software Solidworks 2021* yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 3. Desain Spesimen

2.3 Proses Penelitian

2.3.1 Identifikasi Masalah

Pada langkah ini, tahap identifikasi masalah akan dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai proses 3D printing, khususnya dalam konteks transparansi hasil cetakan. Dalam tahap ini, penelitian akan berfokus pada kajian teori terkait suhu dan filamen 3D printing, mencakup parameter-parameter yang memengaruhi kualitas hasil cetakan. Selain itu, akan dilakukan pencarian jurnal-jurnal penelitian yang relevan dengan permasalahan yang telah diidentifikasi.

Parameter yang digunakan pada penelitian ini berfokus pada parameter pada mesin pembuat filamen 3D printing dari kemasan mineral yaitu suhu, dengan dikombinasikan dengan kecepatan tarik filamen pada mesin. Menggunakan desain *Taguchi* L4 dengan 2 level dan 2 faktor. Ditunjukkan pada tabel dibawah ini tujuan dari hal ini adalah agar prosedur eksperimen dilaksanakan sesuai dengan rencana studi yang telah ditetapkan tanpa menghadapi hambatan.

2.3.2 Penentuan Parameter variabel

Tabel 2. Parameter Proses Penelitian

Faktor	Parameter Proses	Level	
		2	1
1	Suhu	220°C	210°C
2	Kecepatan Putaran <i>Stepper Motor</i>	24 Rpm	18 Rpm

2.3.3 Pemilihan Matriks Orthogonal
Penerapan *matriks orthogonal* harus memiliki derajat kebebasan yang setara atau lebih

besar daripada semua parameter proses, derajat kebebasan, dan tingkat faktor yang telah ditentukan.

Tabel 3. Total Derajat Kebebasan

Faktor	Jumlah Level (k)	Ufl = (k - 1)
Suhu	2	1
Kecepatan Putaran <i>Stepper Motor</i>	2	1
Total Derajat Kebebasan		2

Tabel 4. desain *Taguchi Orthogonal Array* L4

Exp	Suhu	Kecepatan <i>Stepper Motor</i>
1	1	1
2	1	2
3	2	1
4	2	2

Tabel 5. Desain Faktorial Penelitian

Exp	Suhu	Kecepatan Putaran <i>Stepper Motor</i>
1	210°C	18 Rpm
2	210°C	24 Rpm
3	220°C	18 Rpm
4	220°C	24 Rpm

2.4 Pembuatan Filamen

Sebelum memulai pelaksanaan eksperimen terlebih dahulu melaksanakan proses pembuatan *filament* 3D *printing* dari kemasan mineral. Kemasan mineral yang mempunyai tekstur dibagiannya akan melalui proses pemanasan terlebih dahulu, botol dipompa sehingga terdapat angin didalamnya yang berfungsi untuk

menahan botol agar tidak menyusut saat dipanaskan, pemanasan ini juga berfungsi untuk menghaluskan permukaan botol. Kemudian botol dipotong menggunakan alat pemotong menjadi strip kemudian dimasukkan ke mesin pembuat *filament* 3D *printing*.



Gambar 4. Filamen Dari Kemasan Mineral

2.5 Pembuatan Spesimen dan Pengujian

Dilakukan membaca referensi dan dilakukan beberapa percobaan agar menghasilkan parameter yang sesuai dengan pelaksanaan eksperimen. Setelah itu, dilakukan perhitungan terhadap perbedaan waktu pembuatan, konsistensi pada diameter *filament* serta pertambahan Panjang dari bentuk strip menjadi *filament*. Setelah *filament* berhasil dibuat maka

dilakukan mendesain spesimen uji tarik menggunakan *software Solidworks 2021* dan diekspor ke format STL, format STL dimasukkan ke *software Ultimaker Cura 5.7.0*, dibagian ini dapat mengatur parameter yang telah ditentukan kemudian disimpan dalam bentuk *G-code*. *G-code* akan dibaca oleh mesin 3D *printing* selama proses pencetakan spesimen. Setelah dicetak menjadi spesimen uji tarik dengan jumlah 12 spesimen maka dilakukan pengujian tarik. Hasil pengujian ditunjukkan oleh gambar 2.7.



Gambar 5. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Spesimen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah spesimen dicetak, maka akan dilakukan proses uji tarik untuk melihat kekuatan tarik dari spesimen tersebut. Pengujian kekuatan tarik dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin

Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung menggunakan alat uji tarik *zwick roell 2020*. Setelah mendapatkan hasil, kemudian data diolah untuk mendapatkan nilai tertinggi dan terendah dari proses pengujian kekuatan tarik. Seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Spesimen

No	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-rata
1	59,4	54,3	52,8	55,5
2	51,8	44,2	65,5	53,8
3	56,5	59,4	54,9	56,9
4	48,2	49,2	51,9	49,7

Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian kekuatan tarik Hasil pengukuran dari empat sampel yang diukur sebanyak tiga kali menunjukkan variasi hasil yang berbeda-

beda. Setiap sampel memiliki nilai rata-rata berdasarkan tiga replikasi yang dilakukan. Beberapa sampel menunjukkan nilai yang lebih tinggi, sementara yang lainnya

cenderung lebih rendah. Secara keseluruhan, rata-rata pengukuran ini menggambarkan kecenderungan nilai tengah dari setiap sampel setelah dilakukan tiga kali replikasi.

3.1 Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Dengan menggunakan pendekatan Taguchi, data hasil pengujian diolah untuk mengidentifikasi pengaruh suhu pada kekuatan tarik spesimen yang dibuat dari

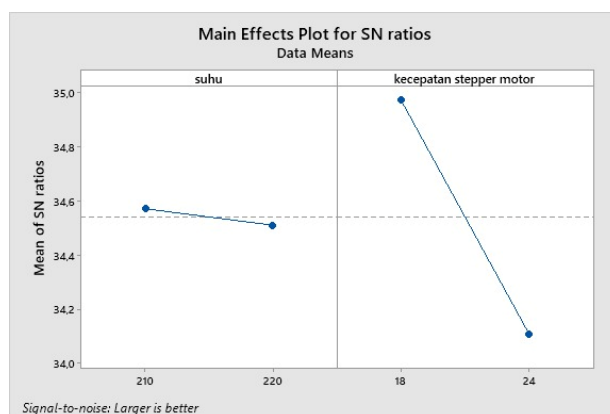
filamen dari kemasan mineral. Proses pengolahan data ini dilakukan menggunakan *Software Minitab*. Dalam analisis ini, menggunakan konsep semakin besar semakin baik "*Large Is Better*". Data tersebut dianalisis menggunakan Minitab untuk mendapatkan hasil berupa grafik Mean Plot dan perbandingan Rasio Sinyal terhadap Kebisingan (S/N Ratio) ditunjukkan pada tabel

Tabel 7. Parameter Proses yang Paling Berpengaruh

Rank	1	2
Faktor	Suhu (°C) (210°C)	Kecepatan Putaran <i>Stepper Motor</i> 18 Rpm
Nilai	54,67	56,22

Tabel 7 menunjukkan bahwa suhu berpengaruh terhadap kekuatan tarik filamen

yang dibuat dari kemasan mineral dengan nilai suhu (210°C).



Gambar 8. Grafik Mean Plot S/N Ratio

Gambar 8 menunjukkan suhu berpengaruh pada kekuatan tarik spesimen, dan menunjukkan parameter proses yang berpengaruh dengan kombinasi kecepatan

penarikkan filamen pada mesin pembuat filamen 3d *printing* dari kemasan mineral yaitu suhu (210°C) dan kecepatan penarikkan filamen (18 Rpm).

Tabel 8. Hasil Perhitungan Rasio S/N

Exp	A	B	Rep1	Rep2	Rep3	S/N
1	210	18	59,4	54,3	52,8	34,85
2	210	24	51,8	44,2	65,5	34,29
3	220	18	56,5	59,4	54,9	35,10
4	220	24	48,2	49,2	51,9	33,93

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, suhu pada mesin pembuat filamen 3d *printing* dari kemasan mineral berpengaruh terhadap hasil filamen dan kekuatan tarik spesimen yang telah dicetak menggunakan mesin 3d *printing*. Didapatkan nilai suhu sebesar (210°C). hasil pengujian kekuatan tarik menunjukkan parameter yang berpengaruh dengan kombinasi parameter yaitu suhu dan

kecepatan penarikkan filamen mendapatkan nilai suhu (210°C) dan kecepatan penarikkan filamen (18 Rpm) di percobaan ketiga dengan nilai rata-rata 56,9 dan S/N tertinggi 35,10.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusinya dalam penyusunan jurnal ini.

Terutama kepada pihak Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, yang telah memberikan arahan, masukan, dan fasilitas yang sangat berarti selama proses penelitian ini. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. I. Faustine, "Upaya Pengurangan Sampah Plastik Di Laut Indonesia Berdasarkan Konvensi Basel 1980 Dalam Rangka Pemenuhan Target Sustainable Development Goals Ke-1," *Belli Ac Pacis*, vol. 8, no. 2, p. 90, 2023, doi: 10.20961/belli.v8i2.74531.
- [2] M. Taufik, G. Suryani Lubis, M. Ivanto, P. Studi Teknik Mesin, U. Tanjungpura, and J. H. Hadari Nawawi, "Rancang Bangun Mesin Pultrusion Pembuat Filamen 3D Printing Berbasis Limbah Plastik Botol PET," *Lubis & Ivanto*, vol. 4, no. 1, pp. 1–08, 2023.
- [3] P. Febriansyah Rully, Anggry Adhe, "Prosiding Seminar Nasional Pada 3D Printing Material Abs," no. 27, 2022.
- [4] W. R. Saputra, Z. S. Suzen, and P. Pristiansyah, "Pengaruh Parameter Proses terhadap Kuat Tarik Produk Hasil 3d Printing Menggunakan Filamen ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate)," *J-Proteksion J. Kaji. Ilm. dan Teknol. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 73–78, 2023, doi: 10.32528/jp.v7i2.9285.
- [5] R. Mahfud, Y. Setyoadi, and A. Burhanudin, "Rancang Bangun Mesin Filament Extruder Yang Berbasis Ardiuno Mega2560 Dengan Metode Penarik Dan Penggulung Otomatis," *Sci. Eng. Natl.*, vol. 5, no. Desember, pp. 544–553, 2020, [Online]. Available: <http://conference.upgris.ac.id/index.php/sens/article/view/1526>
- [6] W. K. Wita, I. Malik, and S. Effendi, "PENGARUH SUHU DAN KECEPATAN MOTOR MESIN PULTRUSION TERHADAP DIAMETER FILAMEN 3D PRINTING," vol. 5, no. 2, pp. 56–64, 2024.
- [7] D. B. Santoso, "Rekayasa Mesin Pembuat Filamen Dari Sampah Botol Pet Untuk 3D Printing," *Lap. Akhir Univ. Tidar*, vol. 01, pp. 1–23, 2016.