ANALISA PARAMETER *PRINTING SPEED*, *BED TEMPERATURE* DAN *INFILL DENSITY* DALAM PROSES CETAK *3D PRINTING* TERHADAP KEKUATAN IMPAK FILAMEN BERBAHAN *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE GLYCOL* (PETG) MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin

Oleh:
MUHAMMAD RIFQY AS'AD
NIM D131201008

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rifqy As'ad

NIM : D1131201008

Menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul **"Analisa Parameter *Printing Speed, Bed Temperature* Dan *Infill Density* Dalam Proses Cetak *3D Printing* Terhadap Kekuatan Impak Filamen Berbahan *Polyethylene Terephthalate Glycol* (PETG) Menggunakan Metode Taguchi"** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana/magister di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atas diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 07 Maret 2025

Muhammad Rifqy As'ad
NIM D1131201008

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA PARAMETER *PRINTING SPEED, BED TEMPERATURE* DAN *INFILL DENSITY* DALAM PROSES CETAK *3D PRINTING* TERHADAP KEKUATAN IMPAK FILAMEN BERBAHAN *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE GLYCOL* (PETG) MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Program Studi Sarjana Teknik Mesin
Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

MUHAMMAD RIFQY AS'AD
NIM D1131201008

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 07 Maret 2025 dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi

Pembimbing Utama

Muhammad Ivanto, S.T.,M.T.
NIPPPK. 199010212023211014

Penguji Utama

Ir. Muhammad Taufiqurrahman, S.T.,M.T., IPM.
NIP. 198206032014041001

Pembimbing Kedua

Gita Suryani Lubis, S.T.,M.T.
NIP. 199009232019032021

Penguji Kedua

Ir. Ayong Hiendro, S.T.,M.T.,IPM.
NIP. 196911011997021001

Pontianak, 07 Maret 2025
Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP 196712231992031002

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan skripsi yang berjudul **"Analisa Parameter *Printing Speed, Bed Temperature* Dan *Infill Density* Dalam Proses Cetak *3D Printing* Terhadap Kekuatan Impak Filamen Berbahan *Polyethylene Terephthalate Glycol* (PETG) Menggunakan Metode Taguchi"** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Nama	: Muhammad Rifqy As'ad
NIM	: D1131201008
Jurusan	: Teknik Mesin
Program Studi	: Teknik Mesin
Kelompok Keahlian	: Manufaktur

Demikian surat ini menerangkan bahwa Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, 07 Maret 2025

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
Muhammad Ivanto, S.T.,M.T.	Gita Suryani Lubis, S.T.,M.T.
NIPPPK. 199010212023211014	NIP. 199009232019032021

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puji syukur kepada Allah SWT dan atas dukungan, semangat, motivasi, dan do'a dari orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia saya ucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, karena hanya atas izin dan karunianyalah maka skripsi ini dapat dibuat dan diselesaikan.
2. Kepada kedua orang tua saya Bapak Agus Arfandy dan Ibu Titik Winarni yang telah memberikan dukungan moril maupun materil serta do'a yang tiada henti-hentinya untuk kesuksesan saya dan motivator terbaik sepanjang perjalanan dalam menulis skripsi ini.
3. Kepada Adik-adik saya Muhammad Raid Muflih dan Rifda Khairunnisa yang telah memberikan dukungan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Pembimbing Akademik, Dosen pembimbing dan Dosen penguji yang telah memberikan arahan, panduan, dan masukan berharga dalam proses penulisan skripsi ini.
5. Jumiratul Hasanah yang telah membantu, dan memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman kelas saya Angkatan 2020 yang telah membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman Alumni SMA Negeri 1 Ketapang saya yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap bahwa skripsi dapat memberikan manfaat pengetahuan yang berarti. Semoga hasil penelitian ini dapat menjadi pijakan untuk penelitian lebih lanjut dan memberikan inspirasi bagi pembaca yang tertarik dalam bidang yang sama.

PRAKATA

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **"Analisa Parameter *Printing Speed, Bed Temperature* Dan *Infill Density* Dalam Proses Cetak *3D Printing* Terhadap Kekuatan Impak Filamen Berbahan *Polyethylene Terephthalate Glycol* (PETG) Menggunakan Metode Taguchi".**

Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademis yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan Pendidikan S1 di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak. Pada kesempatan ini, penulis hendaknya menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materil sehingga skripdi ini bisa diselesaikan. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis sebagai sumber semangat yang telah memberikan do'a dan dukungan tiada henti.
2. Bapak Dr. Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Ir. Ayong Hiendro, S.T., M.T., IPM. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sekaligus Dosen Penguji Pendamping.
4. Ibu Gita Suryani Lubis, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sekaligus Dosen Pembimbing Akademik serta Selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
5. Bapak Muhammad Ivanto, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Utama.
6. Bapak Ir. Muhammad Taufiqurrahman, S.T., M.T., IPM. Selaku Dosen Penguji Utama.
7. Dosen-dosen dan seluruh civitas akademik FT-Untan yang telah membimbing, mengajari, memotivasi dan membagi ilmu dan pengalamannya kepada penulis selama menempuh Pendidikan kuliah di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

8. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Mesin Angkatan 2020 Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang telah sama-sama berjuang baik dalam suka maupun duka.

9. Serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan-kekurangan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangatlah dibutuhkan penulis untuk memperbaiki skripsi ini. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan dapat diperjuangkan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 07 Maret 2025

Penulis,

Muhammad Rifqy As'ad
NIM D1131201008

ABSTRAK

3D printing adalah proses pembuatan objek fisik dari model digital dengan cara menumpuk lapisan-lapisan bahan secara berturut-turut hingga membentuk objek yang diinginkan. *Bed Temperature*, *Printing Speed*, dan *infill density* adalah beberapa masalah yang menyebabkan proses pencetakan yang tidak sempurna seperti *warping*, *strigging*, *layer separation*, cetakan tidak menempel pada *bed* dan *ghosting*. Penelitian ini menggunakan metode Taguchi. Metode Taguchi adalah sebuah metode dengan melakukan suatu analisa dari hasil suatu proses dan menentukan faktor tentang suatu proses atau populasi berdasarkan suatu analisis informasi yang terkandung didalam sampel atau populasi itu lalu membandingkan hasil pengukuran tersebut dengan spesifikasi/ karakteristik output yang diinginkan. Penelitian ini dapat diketahui faktor C (*Infill Density*) memiliki kontribusi tertinggi terhadap kekuatan impak filamen PETG (Polyethylene Terephalate Glycol), lalu faktor A *(printing speed)*, dan di urutan terakhir adalah faktor B *(Bed Temperature)*. Kemudian dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan dan pengujian impak pada spesimen dengan metode taguchi diperoleh parameter yang paling berpengaruh terhadap kekuatan impak adalah *Infill Density*, berdasarkan Analisa perhitungan dan pengujian, level dari setiap parameter kombinasi yang paling optimum adalah: *Printing speed* 35 mm/s, *bed temperature* 85 ºC*, infill density* 90 % dengan nilai uji kekuatan impak sebesar 95917,86 J/m.

Kata Kunci : *3D printing*, PETG, kekuatan impak, Metode Taguchi

ABSTRACT

3D printing is the process of creating physical objects from digital models by successively stacking layers of materials to form the desired object. Bed Temperature, Printing Speed, and infill density are some of the problems that cause imperfect printing processes such as warping, strigging, layer separation, prints not sticking to the bed and ghosting. This research uses the Taguchi method. Taguchi method is a method by analyzing the results of a process and determining factors about a process or population based on an analysis of the information contained in the sample or population and then comparing the measurement results with the desired output specifications/characteristics. This research can be seen that factor C (Infill Density) has the highest contribution to the impact strength of PETG (Polyethylene Terephalate Glycol) filaments, then factor A (printing speed), and in the last place is factor B (Bed Temperature). Then it can be concluded that the results of calculations and impact testing on specimens with the taguchi method obtained the most influential parameter on impact strength is Infill Density, based on the analysis of calculations and tests, the level of each parameter of the most optimum combination is: Printing speed 35 mm/s, bed temperature 85 ºC, infill density 90% with an impact strength test value of 95917.86 J/m.

***Keywords** : 3D printing, PETG, impact strength, Taguchi Method*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI ..... **iii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **iv**
PRAKATA ..... **v**
ABSTRAK ..... **vii**
ABSTRACT ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
BAB I **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Sistematika penulisan 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Landasan Teori 5
2.2 Mesin 3D *Printer* tipe FDM (*Fused Deposition Modeling*) 11
2.3 PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) 13
2.4 Parameter Proses 3D *Printing* 14
2.5 Uji Kekuatan Impak *(Impact Strenght)* 15
2.6 ASTM (*American Society for Testing and Materials*) 17
2.7 Metode Taguchi 18
2.7 ANOVA (*Analysis of Variance*) 21
BAB III **26**
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan 26
3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan 27
3.3 Metode Penelitian 28
3.4 Prosedur Penelitian 30
3.5 Rancangan Percobaan 32

3.6 Diagram Alir 34
BAB IV 35
4.1. Desain Spesimen 35
4.2. Proses Cetak 3D *Printing* Spesimen 36
4.3. Uji Kekuatan Impak 38
4.4. Analisa Hasil 40
BAB V 44
5.1 Kesimpulan 44
5.2 Saran 44
DAFTAR REFERENSI
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mesin 3D *Printer* 12
Gambar 2. 2 Alat Uji Impact Tipe JTM-RP1820-100 16
Gambar 2. 3 Standar ASTM D6110 18
Gambar 3. 1 Desain spesimen 31
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian 34
Gambar 4. 1 Proses desain spesimen 35
Gambar 4. 2 *Slicing* spesimen 36
Gambar 4. 3 Proses pencetakan 37
Gambar 4. 4 Pengukuran dimensi spesimen 38
Gambar 4. 5 Spesimen uji 38
Gambar 4. 6 Pengujian *impact* 39
Gambar 4. 7 Spesimen setelah di uji *impact* 39
Gambar 4. 8 Grafik *Response of table for means* 42
Gambar 4. 9 Grafik *Response of table for S/N Ratio* 43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi 3D *Printer* Creality Ender 3 Pro 12
Tabel 2. 2 Komposisi material PETG 14
Tabel 2. 3 Rumus Anova 24
Tabel 3. 1 Rencana Penelitian 26
Tabel 3. 2 Alat yang digunakan dalam penelitian 27
Tabel 3. 3 Bahan yang dipakai dalam penelitian 28
Tabel 3. 4 Nilai parameter *printing* filamen PETG 32
Tabel 3. 5 Orthogonal Array L9 33
Tabel 3. 6 Desain Eksperimen 33
Tabel 4. 1 Parameter Tetap 3D printing 36
Tabel 4. 2 Hasil Uji impak Spesimen 40
Tabel 4. 3 Perhitungan *S/N Ratio* Sampel 41
Tabel 4. 4 *Response of table* 41
Tabel 4. 5 Tabel Perhitungan *Means* 42
Tabel 4. 6 Tabel Perhitungan *S/N Ratio* 43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

3D *printing*, atau pencetakan tiga dimensi, adalah proses pembuatan objek fisik dari model digital dengan cara menumpuk lapisan-lapisan bahan secara berturut-turut hingga membentuk objek yang diinginkan. Proses ini juga dikenal sebagai *additive manufacturing*. 3D *Printer* tipe FDM (*Fused Deposition Modeling*) bekerja dengan menyimpan bahan filamen yang meleleh di atas sebuah platform lapis demi lapis hingga mencapai objek yang diinginkan. Dalam Proses Cetak 3D *Printing* tipe FDM masalah parameter pencetakan masih menjadi masalah yang perlu diteliti lebih lanjut. *Bed Temperature*, *Printing Speed*, dan *infill density* adalah salah satu masalah yang menyebabkan proses pencetakan yang tidak sempurna seperti *warping*, *Strigging*, *layer separation*, Cetakan tidak menempel pada *bed*, dan *Ghosting*[1].

Ada berbagai macam jenis material filamen yang digunakan mesin 3D *Printer* tipe FDM, salah satunya adalah filamen dengan material PETG (*Polyethelene Terephthalate Glikol*). PETG memiliki sifat transparansi yang tinggi, PETG tahan terhadap banyak bahan kimia. *Polyethylene Terephthalate Glycol*, atau PETG, adalah versi polimer yang paling umum digunakan saat ini. PETG dimodifikasi untuk menambah glikol ke dalam komposisi material PET selama polimerisasi. Hasilnya adalah filamen yang lebih jernih, tidak rapuh, dan lebih mudah digunakan. *glass transition temperature* adalah 88ºC (190ºF). PETG memiliki keunggulan lain yaitu aman untuk bahan makanan, steril dan tahan terhadap bahan kimia sehingga dengan kelebihan yang dimiliki PETG, digunakan dalam berbagai industri untuk membuat mainan anak-anak, peralatan rumah tangga, casing perangkat electronik, wadah kosmetik, wadah makanan & minuman, wadah obat[2] PETG juga dapat digunakan sebagai casing smartphone karena PETG adalah plastik yang kuat dan tahan benturan, memiliki sedikit fleksibilitas sehingga dapat menahan deformasi tanpa pecah, mudah dicetak dan memiliki tingkat kejernihan yang tinggi juga dapat diwarnai yang bagus untuk estetika product. Maka dari itu optimasi parameter proses cetak 3D *Printing* tipe FDM terhadap

pengujian impak untuk material PETG dianggap penting dilakukan untuk mengetahui parameter paling optimal untuk ketangguhan material PETG ketika menerima beban secara mendadak[3].

Dalam Proses Cetak 3D *Printing* tipe FDM masalah parameter pencetakan masih menjadi masalah yang perlu diteliti lebih lanjut. *Bed Temperature, Printing Speed, dan infill density* adalah salah satu masalah yang menyebabkan proses pencetakan yang tidak sempurna seperti warping, Strigging, layer separation, Cetakan tidak menempel pada *bed*, dan *Ghosting*[4]. Terdapat beberapa jenis uji Material, salah satunya uji impak. Pengujian impak berguna untuk mengukur kemampuan material untuk menyerap energi dan mengalami deformasi plastis tanpa mengalami patah saat terkena beban mendadak. Filamen PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) adalah salah satu jenis plastik yang sering digunakan dalam pencetakan 3D. Melakukan uji impak pada filamen PETG sangat penting karena beberapa alasan antara lain; 1). Uji impak mengukur ketangguhan dari filamen PETG, yaitu kemampuan material untuk menahan beban secara mendadak sebelum mengalami kerusakan; 2). Dapat menentukan pada titik berapa material akan patah ketika diberi beban secara mendadak, yang penting untuk aplikasi yang memerlukan ketangguhan; 3). Data dari uji impak memungkinkan desainer dan insinyur untuk memilih jenis filamen PETG yang tepat sesuai dengan kebutuhan ketangguhan untuk aplikasi tertentu; 4). Uji impak penting dalam proses penelitian dan pengembangan filamen PETG untuk menciptakan varian baru dengan sifat yang lebih baik; 5). Melakukan uji impak pada kondisi yang menyerupai penggunaan sehari-hari memberikan pemahaman tentang bagaimana filamen PETG akan bertingkah di bawah beban nyata. Oleh karena itu, uji impak pada filamen PETG adalah langkah yang krusial dalam memastikan bahwa material yang digunakan dalam pencetakan 3D adalah aman, dapat diandalkan, dan sesuai untuk aplikasi yang diinginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, masalah penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kombinasi parameter proses cetak 3D *Printing* tipe FDM yang optimum untuk menghasilkan nilai uji kekuatan impak yang baik pada material PETG?
2. Parameter apa yang paling berpengaruh terhadap besarnya nilai uji kekuatan impak material PETG?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang dapat diambil dari masalah ini adalah

1. Menganalisis kombinasi parameter proses cetak 3D *printing* tipe FDM yang menghasilkan nilai uji kekuatan impak material PETG tertinggi.
2. Menganalisis parameter yang paling berpengaruh terhadap besarnya nilai uji kekuatan impak material PETG.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk menghindari pembahasan atau pengkajian yang tidak terarah agar pemecahan masalah dapat mudah dilaksanakan. Maka penulis akan membahas masalah yang berkaitan dengan :

1. Metode pengujian ketangguhan material menggunakan uji Impak Charpy
2. Spesimen yang digunakan menggunakan standar pengujian ASTM D6110.
3. Pencetakan menggunakan 3D *printer* tipe *Fused Deposition Modelling* (FDM) merek *creality ender* 3.
4. *Bed* pada 3D *printer* menggunakan material kaca dengan tebal 3 mm.
5. Menggunakan *software* Autodesk Fusion 360 yang berfungsi untuk membuat desain dari spesimen yang akan diuji.
6. Menggunakan mesin uji impak tipe JTM-RP1820-100.
7. Desaign of Experiment (DOE) menggunakan Orthogonal Arrays dari Taguchi.
8. Menggunakan filamen bermerk SUNLU dengan diameter 1,75 mm dan panjang 330 m.

1.5 Sistematika penulisan

Laporan penelitian tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Kemudian menjelaskan masalah 3D *printer* tipe FDM serta batasan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas penelitian sebelumnya dan memberikan dasar teori yang digunakan untuk menganalisis penelitian ini. Penelitian sebelumnya, dengan subjek yang sama atau sedikit berbeda, dibahas dalam bab ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas detail alat dan bahan yang digunakan, waktu dan prosedur penelitian, serta diagram alir dan pelaksanaan kegiatan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang hasil penelitian proses manufaktur uji kekuatan impak, perhitungan serta pengolahan data, analisis hasil pengujian dan pembahasan data dari hasil pengujian penelitian material filamen PETG.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis data hasil pengujian kekuatan impak yang telah dilakukan.