

**ANALISIS PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP  
KEKUATAN TARIK PRODUK HASIL 3D PRINTING  
MENGUNAKAN FILAMEN ASA  
(Acrylonitrile Styrene Acrylonitrile)**

**PROYEK AKHIR**

Proyek akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan oleh:

WAHYU RIYAN SAPUTRA

NIRM

1041960

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI**

**BANGKA BELITUNG**

**2022/2023**

**ANALISIS PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP  
KEKUATAN TARIK PRODUK HASIL 3D *PRINTING*  
MENGUNAKAN FILAMEN ASA  
(*Acrylonitrile Styrene Acrylonitrile*)**

**PROYEK AKHIR**

Proyek akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Diusulkan oleh:

WAHYU RIYAN SAPUTRA

*NIRM*

1041960

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI**

**BANGKA BELITUNG**

**2022/2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP KEKUATAN TARIK PRODUK HASIL 3D *PRINTING* MENGGUNAKAN FILAMEN ASA (*Acrylonitrile Styrene Acrylonitrile*)

Oleh :

WAHYU RIYAN SAPUTRA / *NIRM* 1041960

Laporan ini telah diajukan dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Program Sarjana Terapan/Diploma IV 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



Zaldy Kurniawan, S.S.T., M.T.

Penguji 2



Yudi Oktriadi, S.Tr., M.Eng.

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Wahyu Riyan Saputra

Dengan Judul : ANALISIS PENGARUH PARAMETER PROSES  
TERHADAP KEKUATAN TARIK PRODUK HASIL 3D  
*PRINTING* MENGGUNAKAN FILAMEN ASA  
(*Acrylonitrile Styrene Acrylonitrile*)

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

Sungailiat, 18 Januari 2023

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

Wahyu Riyan Saputra



## ABSTRAK

Dalam dunia industri, 3D *printing* sangat banyak digunakan pada proses pembuatan *prototype* yang biasanya membutuhkan waktu yang lama dan dapat dibuat dalam waktu yang singkat. Teknologi *Fused Deposition Modeling* ( FDM ) adalah teknik yang digunakan untuk mencetak produk menggunakan bahan dan produk yang mempunyai karakteristik geometris yang ideal. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis melakukan penelitian tentang 3D *Printing* menggunakan jenis filamen ASA (*Acrylonitrile Styrene Acrylate*) dengan parameter proses yaitu *nozzle temperature* (230°C), (235°C), ( 240°C), *bed temperature* (40°C), (45°C), (50°C), *print speed* (50 mm/s), (55 mm/s), (60 mm/s), *cooling speed* (40 mm/s), (45 mm/s), (50 mm/s ) dan tebal *layer* (0,2 mm), (0,3 mm), (0,4 mm). Dengan Metode Taguchi L<sub>27</sub>(3<sup>5</sup>) untuk mencetak produk menggunakan parameter dan 5 variasi dalam respon kuat tarik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tarik dari bahan produk 3D *printing* dengan bahan filamen ASA (*Acrylonitrile Styrene Acrylate*) dengan parameter berbeda menggunakan Metode Taguchi dan mengetahui seberapa besar pengaruhnya dalam pencetakan menggunakan filamen ASA (*Acrylonitrile Styrene Acrylate*). Berdasarkan eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa 5 parameter proses yang diuji yaitu : *Nozzle temperature*, *bed temperature*, *print speed*, *cooling speed*, tebal *layer* dengan tiga level yang berpengaruh pada pengujian kekuatan tarik. Urutan faktor paling berpengaruh terhadap filamen ASA berturut yaitu : *Nozzle temperature*, *bed temperature*, *print speed*, *cooling speed*, tebal *layer*. Dan mendapatkan nilai kekuatan tarik paling baik terjadi pada spesimen ke 3 desain faktorial taguchi L<sub>27</sub>, yaitu *nozzle temperature* (240°C), *bed temperature* (50°C), *print speed* (60 mm/s), *cooling speed* (50 mm/s) dan tebal *layer* (0,4 mm), dengan kekuatan tarik dari 3 pengujian sebesar 18,64 Mpa. Sedangkan nilai kekuatan tarik untuk kombinasi parameter yang optimum uji konfirmasi didapatkan sebesar 20,16 Mpa.

**Kata kunci:** 3D *Printing*, ( *Fused Deposition Modeling* ), Filamen ASA, Kuat Tarik

## **ABSTRACT**

*In the industrial world, 3D printing is very widely used in the prototyping process which usually takes a long time and can be made in a short time. Fused Deposition Modeling (FDM) technology is a technique used to print products using materials and products that have ideal geometric characteristics. Based on the research that has been done, the authors conducted research on 3D Printing using ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) filament types with process parameters namely nozzle temperature (230°C), (235°C), (240°C), bed temperature (40 °C), (45°C), (50°C), print speed (50 mm/s), (55 mm/s), (60 mm/s), cooling speed (40 mm/s), (45 mm /s), (50 mm/s ) and layer thickness (0.2 mm), (0.3 mm), (0.4 mm). With the Taguchi L<sub>27</sub>(3<sup>5</sup>) method for printing products using parameters and 5 variations in tensile strength response. This study aims to determine the tensile strength of 3D printing product materials with ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) filaments with different parameters using the Taguchi Method and to find out how much influence they have on printing using ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) filaments. Based on the experiments carried out in this study, it can be concluded that the 5 process parameters tested were: nozzle temperature, bed temperature, print speed, cooling speed, layer thickness with three levels which affect the tensile strength test. The order of the most influential factors on the ASA filament successively, namely: Nozzle temperature, bed temperature, print speed, cooling speed, layer thickness. And getting the best tensile strength value occurs in the 3rd specimen of taguchi L<sub>27</sub> factorial design, namely nozzle temperature (240°C), bed temperature (50°C), print speed (60 mm/s), cooling speed (50 mm/s ) and layer thickness (0.4 mm), with a tensile strength of 3 tests of 18.64 MPa. While the tensile strength value for the optimum combination of parameters for the confirmation test was obtained at 20.16 MPa.*

**Keywords :** *3D Printing, ( Fused Deposition Modeling ), ASA Filaments, Tensile Strength*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmatnya dan karunia-nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik. Adapun laporan Makalah Tugas Akhir disusun sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan kurikulum program Pendidikan Diploma IV (D-IV) di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Dalam Proyek Tugas Akhir ini penulis membuat Makalah yang berjudul **ANALISIS PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP KEKUATAN TARIK PRODUK HASIL 3D PRINTING MENGGUNAKAN FILAMENT ASA (ACRYLONITRILE STYRENE ACRYLATE )**. Laporan disusun dan diserahkan untuk memahami beberapa persyaratan program studi untuk departemen Teknik Mesin dan Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu mencurahkan rahmat, anugrah dan karunianya kepada penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Kedua orang tua yaitu, Bapak dan Ibu, yang selalu mendoakan dan memberi dorongan motivasi selama ini,
3. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing utama Tugas Akhir, serta sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Polman Babel, yang telah memberikan arahan, bimbingan dan masukan kepada penulis,
4. Bapak Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pendamping Tugas Akhir, yang telah memberikan arahan, bimbingan dan masukan kepada penulis.
5. Dosen – dosen Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur , yang memeberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan D-IV,
6. Dan seluruh pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu disini yang telah memberikan kontribusi atas penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis meyakini bahwa laporan makalah akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis sangat mengharapkan semua jenis saran, kritik dan masukan yang bersifat membantu dalam rangka perbaikan Makalah ini. Demikian Makalah ini dibuat dan semoga Makalah ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Sungailiat, 18 Januari 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'W. Riyan Saputra', with a long horizontal flourish extending to the right.

Wahyu Riyan Saputra



## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                                  | ii   |
| <b>PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT</b> .....                           | iii  |
| <b>ABSTRAK</b> .....  | iv   |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | v    |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                     | vi   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....   | viii |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                      | x    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                                       | xii  |
| <b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....                                   | xiii |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                                    | xiv  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                                  | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                       | 2    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                      | 2    |
| <b>BAB II DASAR TEORI</b> .....                                 | 5    |
| 2.1 3D <i>Printing</i> .....                                    | 3    |
| 2.2 Mekanisme Proses 3D Printer .....                           | 3    |
| 2.3 Manfaat 3D <i>Printing</i> .....                            | 4    |
| 2.4 Parameter Proses .....                                      | 4    |
| 2.5 <i>Fused Deposition Modeling</i> (FDM) .....                | 5    |
| 2.6 Filamen ASA ( <i>Acrylonitrile Styrene Acrylate</i> ) ..... | 5    |
| 2.7 Metode Taguchi.....   | 7    |
| 2.8 Pengujian Tarik .....                                       | 7    |
| 2.9 Penelitian Sebelumnya .....                                 | 8    |
| 2.10 Desain Eksperimen Taguchi.....                             | 9    |
| 2.11 Minitab .....  | 14   |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....                          | 15   |
| 3.1 Diagram Alir.....   | 15   |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 3.2                                     | Studi Literatur.....   | 16        |
| 3.3                                     | Persiapan Alat dan Bahan.....                                  | 16        |
| 3.3.1                                   | Bahan Penelitian.....  | 16        |
| 3.3.2                                   | Peralatan Pengujian.....                                       | 16        |
| 3.4                                     | Penentuan Parameter.....                                       | 19        |
| 3.4.1                                   | <i>Design of Experiment(DoE)</i> .....                         | 19        |
| 3.4.2                                   | Penentuan Faktor dan Level Eksperimen.....                     | 19        |
| 3.4.3                                   | Pemilihan <i>Matriks Orthogonal</i> .....                      | 20        |
| 3.4.4                                   | Varibel <i>Respon</i> .....                                    | 21        |
| 3.5                                     | Pelaksanaan Eksperimen.....                                    | 21        |
| 3.6                                     | Pengambilan Data.....  | 23        |
| 3.7                                     | Pengolahan Data.....   | 23        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b> |  | <b>24</b> |
| 4.1                                     | Proses Percetakan Spesimen Pada Mesin <i>3D Printing</i> ..... | 24        |
| 4.2                                     | Pengambilan Data Hasil Eksperimen.....                         | 27        |
| 4.3                                     | Pengolahan Data Hasil Eksperimen.....                          | 28        |
| 4.4                                     | Persen Kontribusi.....   | 35        |
| 4.5                                     | Persen Kontribusi.....   | 35        |
| 4.6                                     | Melakukan Uji Konfirmasi.....                                  | 37        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>  |  | <b>39</b> |
| 5.1                                     | Kesimpulan.....  | 39        |
| 5.2                                     | Saran.....   | 39        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>              |  | <b>40</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Ilustrasi Proses FDM Sumber : (Parandoush & Lin, 2017).....                         | 5  |
| Gambar 2.2 Filament ASA ( <i>Acrylonitrile Styrene Acrylate</i> ) .....                        | 6  |
| Gambar 2.3 Standar ukuran ASTM D638-IV Type 4 .....  | 8  |
| Gambarl 3.1 Diagram Alir .....   | 15 |
| Gambar 3.2 Filamen ASA ( <i>Acrylonitrile Styrene Acrylate</i> ) .....                         | 16 |
| Gambar 3.3 Mesin 3D <i>Printing Ender-3</i> .....  | 17 |
| Gambar 3.4 Alat Uji Tarik .....  | 17 |
| Gambar 3.5 Laptop.....   | 18 |
| Gambar 3.6 <i>Software Slicer Ultimaker Cura 5.1.0</i> .....                                   | 18 |
| Gambar 3.7 Desain Spesimen Standar ukuran ASTM D638-IV Type 4 .....                            | 19 |
| Gambar 3.8 Penyetingan Parameter Proses dan Level <i>Software Slicer Cura 3.0</i>              | 21 |
| Gambar 3.9 Proses Pencetakan Spesimen .....  | 22 |
| Gambar 3.10 Pengujian Kekuatan Tarik .....   | 22 |
| Gambar 4.1 Menyalakan Mesin .....  | 24 |
| Gambar 4.2 Proses Pemasangan Filamen.....  | 24 |
| Gambar 4.3 Mengkalibrasi Mesin .....   | 25 |
| Gambar 4.4 Pemasangan Kartu memori pada mesin .....  | 25 |
| Gambar 4.5 Penyetingan Parameter Proses Mesin 3D Printer .....                                 | 26 |
| Gambar 4.6 Proses Pembuatan Spesimen .....   | 26 |
| Gambar 4.7 Hasil Proses Pencetakan Spesimen.....   | 27 |
| Gambar 4.8 Halaman <i>Worksheet 1</i> .....  | 29 |
| Gambar 4.9 Tampilan <i>Create Taguchi Design</i> .....   | 29 |
| Gambar 4.10 Tampilan <i>Design</i> .....   | 30 |
| Gambar 4.11 Tampilan <i>Factor</i> .....   | 30 |
| Gambar 4.12 Halaman <i>Worksheet</i> Desain Faktorial L <sub>27</sub> dan Data Hasil Uji tarik | 31 |
| Gambar 4.13 Tampilan <i>Analyze Taguchi Design</i> .....                                       | 31 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.14 Tampilan <i>Analyze Taguchi Design Graps</i> .....    | 32 |
| Gambar 4.15 Tampilan <i>Analyze Taguchi Design Analisis</i> ..... | 32 |
| Gambar 4.16 Tampilan <i>Analyze Taguchi Design Options</i> .....  | 32 |
| Gambar 4.17 Grafik <i>Mean Plot</i> .....                         | 33 |
| Gambar 4.18 Grafik <i>S/N Rasio</i> .....                         | 34 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Spesifikasi Filamen ASA.....                                  | 6  |
| Tabel 2.2 Rancangan Eksperimen Taguchi $L_{27}(3^5)$ .....              | 11 |
| Tabel 3.1 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji .....             | 20 |
| Tabel.3.2 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji .....             | 20 |
| Tabel 4.1 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji .....             | 27 |
| Tabel 4.2 <i>Response Table for Means</i> .....                         | 33 |
| Tabel 4.3 Parameter proses yang sangat berpengaruh .....                | 34 |
| Tabel 4.4 <i>Response Table for Signal to Noise Ratios</i> .....        | 34 |
| Tabel 4.5 Parameter proses yang optimal dan nilai S/N Rasio .....       | 35 |
| Tabel 4.6 Persen Kontribusi <i>S/N Ratio</i> .....                      | 36 |
| Tabel 4.7 Persen Kontribusi <i>S/N Ratio</i> .....                      | 37 |
| Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Kombinasi Awal dan Kombinasi Optimum ..... | 38 |

## **DAFTAR PERSAMAAN**

|                     |    |
|---------------------|----|
| Persamaan 2.1 ..... | 13 |
| Persamaan 2.2 ..... | 13 |
| Persamaan 2.3 ..... | 13 |
| Persamaan 4.1 ..... | 35 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 : Hasil Uji Tarik

Lampiran 3 : Hasil Replikasi Pengujian

Lampiran 4 : Foto Suhu Filamen

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri, 3D *printing* sangat banyak digunakan pada proses pembuatan *prototype* yang biasanya membutuhkan waktu yang lama dan dapat dibuat dalam waktu yang singkat. Teknologi *Fused Deposition Modeling* ( FDM ) adalah teknik yang digunakan untuk mencetak produk menggunakan bahan dan produk yang mempunyai karakteristik geometris yang ideal. Prinsip kerja FDM adalah dengan cara *ekstrusi thermoplastic* melalui *nozzle* panas pada suhu leleh, selanjutnya produk dicetak lapis demi lapis. Teknologi FDM memiliki titik lemah diantaranya lapisannya, sehingga sifat mekaniknya kurang baik jika dibandingkan dengan proses *Injection Molding* (Pristiansyah, et al., 2019).

Beberapa penelitian menggunakan parameter proses mesin 3D printing ini telah dilakukan oleh para peneliti. Penelitian tentang pengaruh parameter proses FDM terhadap kekuatan Tarik dan akurasi dimensi menggunakan filamen dan Metode Taguchi L<sub>27</sub>OA parameter yang berpengaruh karakteristik (Hasdiansah, et al., 2020). *Additive Manufacturing* telah banyak diterapkan di berbagai industri, termasuk konstruksi, kesehatan, *prototyping* dan *biomekanik* (Kashani, et al., 2018).

Penelitian yang dilakukan (Ferdiansyah, et al., 2021) dengan menggunakan parameter proses yang optimal untuk kekuatan filament ABS CCTRE dengan suhu meja (92°C), suhu *Nozzel* (237°C), tebal *layer* ( 0,22 mm), dan kecepatan print (42 mm/s). Hasil dari penelitian ini bahwa spesimen yang dicetak sesuai dengan standar ukuran ASTM D638-4 menggunakan material ABS dengan Metode Taguchi L<sub>9</sub>OA. Hasil nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 40 MPa, sedangkan hasil nilai kekuatan tarik terendah sebesar 37,83 MPa.



Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis melakukan penelitian tentang 3D *Printing* menggunakan jenis filamen ASA ( *Acrylonitrile Styrene Acrylate* ) dengan parameter proses yaitu *nozzle temperature* (230°C), (235°C), (240°C), *bed temperature* (40°C), (45°C), (50°C), *print speed* (50 mm/s), (55 mm/), (60 mm/s), *cooling speed* (40 mm/s), (45 mm/s), (50 mm/s ) dan tebal *layer* (0,2 mm), (0,3 mm), (0,4 mm). Dengan Metode Taguchi L<sub>27</sub>(3<sup>5</sup>) untuk mencetak produk menggunakan parameter dan 5 variasi dalam respon kuat tarik. Penelitian ini diharapkan dapat dilakukan untuk mendapatkan hasil parameter proses optimal bagi mesin 3D printing FDM.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh kekuatan filamen berbahan ASA ( *Acrylonitrile Styrene Acrylate* ) terhadap kekuatan tarik menggunakan parameter yang berbeda?
2. Menggunakan parameter yang berpengaruh terhadap kuat tarik?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian diatas peneliti ingin mengetahui berdasarkan perumusan masalah :

1. Mengetahui kuat tarik dari bahan produk 3D *printing* dengan berbahan filament ASA ( *Acrylonitrile Styrene Acrylate* ) dengan parameter berbeda menggunakan Metode Taguchi.
2. Mengetahui seberapa pengaruhnya dalam percetakan dengan filamen ASA ( *Acrylonitrile Styrene Acrylate* ).

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 3D Printing**

3D *printing* adalah sebuah proses untuk membuat benda padat atau 3 dimensi dari desain yang sudah tersedia dalam format digital dibuat ke dalam bentuk 3D dan memiliki volume tertentu.

*Fused Depositor Modeling* (FDM), adalah proses pembuatan adiktif yang termasuk dalam kelompok “ *Material Extrusion*”. Prinsip kerja FDM adalah dengan cara *ekstrusi thermoplastic* melalui *nozzle* panas pada suhu leleh, selanjutnya produk dicetak lapis demi lapis. Material FDM yang digunakan jenis termo plastik dalam bentuk filamen. FDM (*Fused Depositor Modeling*) sering digunakan dalam sebagian besar industri 3D Printer, sebelumnya harus mengetahui keterbatasan dalam teknologi FDM agar hasilnya yang dicetak bisa menghasilkan yang terbaik (Pristiansyah, et al., 2017).

#### **2.2 Mekanisme Proses 3D Printer**

Berikut ini merupakan dari mekanisme yang ada pada mesin 3D Printer (Yudha, et al., 2017) :

1. *Modeling* Objek 3D

*Moldeling* dibuat menggunakan *software* khusus untuk *modeling* desain 3D Printernya mendukung. Contohnya : *Solidwork, autocad*.

2. *Proses Printing*

Apabila desain sudah dibuat bisa langsung dicetak menggunakan mesin 3D printer. proses percetakan ini tergantung besar kecilnya ukuran model. Proses *printing* adiktif *layer* dengan rangkaian proses mesin yang membaca rancangan 3D dan mulai menyusun lapisan secara berurutan, kemudian membangun model virtual yang digabungkan secara otomatis untuk membentuk susunan lengkap dan utuh.

### 3. *Finishing*

Tahap ini dapat menyempurnakan bagian-bagian kompleks yang disebabkan oleh *over sized* atau ukuran yang berbeda dari yang diinginkan.

## 2.3 **Manfaat 3D Printing**

3D *Printing* memiliki beberapa keunggulan antara lain :

1. Mengurangi cacat desain
2. Mengurangi pemborosan dan biaya desain yang tinggi
3. Mempersingkat *deadline* memproduksi *prototype*
4. Meningkatkan kemampuan untuk memvisualisasikan bagian *geometri*.

## 2.4 **Parameter Proses**

Beberapa jenis parameter yang digunakan untuk proses pencetakan spesimen pada 3D printing yaitu (Ardiansyah, et al., 2018) :

### 1. *Nozzle Temperature*

Adalah suhu dimana filamen dipanaskan pada saat proses pencetakan.

### 2. *Bed Temperature*

Adalah suhu yang digunakan untuk memperbaiki sample berada pada posisinya saat proses pencetakan berlangsung.

### 3. *Print Speed*

Adalah parameter yang menentukan kecepatan motor printer 3D bergerak untuk mengontrol sumbu X dan Y. Jika *print speed* terlalu lama, bisa menyebabkan perubahan bentuk karena *nozzle* terlalu lama menempel pada sample. Jika kecepatan terlalu cepat, sampel akan menjadi sangat panas karena pendingin kurang memadai.

### 4. *Cooling Speed*

Digunakan untuk mendinginkan suhu panas selama proses percetakan berlangsung.

### 5. Tebal *Layer*

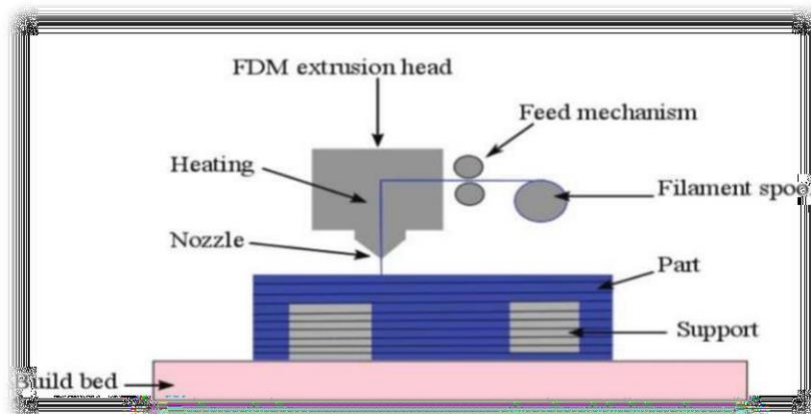
Kepadatan muatan didalam ruangan ditentukan oleh presentase antara 0% sampai 100% dimana 0% bagian tidak terisi penuh (berlubang) dan 100%

terisi penuh(padat). Proses ini mengatur kepadatan masa akhir cetakan, sehingga sangat mempengaruhi berat suatu benda.

## 2.5 *Fused Deposition Modeling (FDM)*

*Fused Deposition Modeling (FDM)* adalah merupakan teknik 3D printer yang digunakan untuk mencetak produk menggunakan filamen sebagai material. Metode FDM banyak digunakan dalam proses pencetakan 3D karena memudahkan penggunaan dan kemudahan pengembangan produk pembuatan *prototype*, dan proses manufaktur (Ardiansyah, et al., 2018).

Temperatur di *setting* kemudian diekstrusi melalui *nozzle* kemudian akan mengeras dan membentuk lapisan. Ketika bahan *prototype* ini mulai beroperasi selanjutnya material dikeluarkan melalui *nozzle* dengan pengaturan laju *feeder* sebagai penggeraknya. Beberapa bahan yang sering digunakan menjadi bahan standar merupakan : *Polylactic Acid (PLA)*, *Poly Ethylene (PE)*, *Poly Propylene (PP)*, *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*, *Poly Carbonate (PC)*, nilon, dan *Invest ment casting wax*. Pada Gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Ilustrasi Proses FDM Sumber : (Parandoush, 2017)

## 2.6 **Filamen ASA ( Acrylonitrile Styrene Acrylate )**

*Acrylonitrile Styrene Acrylate (ASA)* adalah termoplastik yang mempunyai kekuatan mekanik dan kelebihan pada suhu tinggi sifat mekanisme paling penting dari ASA adalah ketahanan dan kekuatan terhadap tarik. Dengan polimer ASA

memiliki kelebihan berupa resistensi dengan suhu tinggi, sinar *ultraviolet*, hingga paparan zat kimia. Proses penguapan *aseton* juga bisa digunakan untuk proses *finishing* agar permukaan tidak kasar. Suhu cetak umum ASA adalah antara 250°C - 240°C. Dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Filament ASA ( *Acrylonitrile Styrene Acrylate* )

*Sumber : (Ansen, 2019)*

Karakteristik dari filamen ASA adalah memiliki anti statis, filamen ASA juga memiliki fungsi untuk tidak menghasilkan listrik statis. Ini memiliki ketahanan UV yang tinggi, tahan air dan menawarkan permukaan yang halus. Ini juga memiliki titik leleh yang tinggi (Ansen, 2019). Pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 *Spesifikasi* Filamen ASA

| <i>Spesifikasi</i> Filamen   |              |
|------------------------------|--------------|
| <i>Filament Diameter</i>     | 1,75 mm      |
| <i>Print Temperature</i>     | 250-260(°C)  |
| <i>Print Bad Temperature</i> | 40-50(°C)    |
| <i>Hot Bad Temperature</i>   | >100(°C)     |
| <i>RoundnessToleranc</i>     | 0,01-0,02 mm |
| <i>Infill Speed</i>          | 20-50 mm/s   |
| <i>Net Wight</i>             | 1kg/roll     |

## 2.7 Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode Taguchi bertujuan untuk mencapai suatu sasaran tersebut dengan menjadikan produk dan berbagai faktor seperti material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional (Soejanto, 2009).

Metode Taguchi juga menghasilkan faktor yang mengenai respon yang optimal. Metode Taguchi juga mempunyai kekurangan dari metode yang lain diantaranya yaitu metode ini mempunyai struktur yang kompleks. Untuk mengatasi kekurangan itu diperlukan rancangan percobaan yang lebih hati-hati dan sesuai dengan tujuan penelitian.

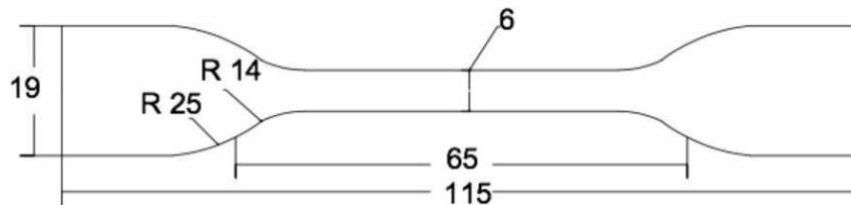
Metode Taguchi menggunakan seperangkat *matriks* khusus yang disebut *Matriks Orthogonal*. *Matriks standar* ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah *eksperimen* minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter.

Metode Taguchi memiliki keuntungan yang dimungkinkan oleh desain eksperimen yang efisien melakukan penelitian dengan melibatkan banyak faktor dan angka. Desain Taguchi memungkinkan terciptanya suatu proses yang menciptakan produk yang konsisten dan kuat dalam hal faktor yang sulit dikontrol, Lebih efisien karena dapat melakukan penelitian dengan melibatkan banyak faktor dan angka (Soejanto, 2009).

## 2.8 Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah pengujian mekanik yang dipergunakan pada material. Spesimen uji harus memenuhi standar dan *spesifikasi* dari ASTM (*American Standard Testing and Material*). Bentuk dari spesimen penting karena kita harus menghindari terjadinya patah atau retak pada daerah *grip* atau yang lainnya (Yudha, et al., 2019).

Jadi standarisasi dari bentuk spesimen uji dimaksudkan agar retak dan patahan terjadi di daerah *gage length*. *Face* dan *grip* adalah faktor penting. Setelah semua proses selesai, maka akan dilanjutkan dengan proses uji tarik dengan mesin *zwickroell* untuk mengetahui kekuatan tarik dari material ST ASA dengan 3 variasi parameter cetak (Lubis, et al., 2016). Ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Standar ukuran ASTM D638-IV Type 4

## 2.9 Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan Pada penelitian sebelumnya dari penulis menyampaikan hasil data penelitian yang dilakukan oleh (Pristiansyah, et al., 2017), dalam penelitian ini menggunakan *Metode Taguchi L<sub>9</sub>OA*. Hasil nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 18.7 MPa, sedangkan hasil nilai kekuatan tarik terendah sebesar 16.1 Mpa. Parameter yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik didapatkan parameter yang optimum yaitu suhu *ekstrusi* 200°C, suhu *bed* 55°C, ketinggian lapisan 0,1 mm serta *feedrate* 50 mm/s.

Penelitian yang dilakukan (Ferdiansyah, et al., 2021), telah meneliti bahwa nilai parameter proses yang optimal untuk kekuatan tarik filamen ABS *CCTRE* yaitu suhu meja (92°C), suhu *nozsel* (237°C), tebal *layer* (0,22 mm) dan kecepatan *print* (42 mm/s).

Penelitian yang dilakukan (Habib, et al., 2021), nilai *parameter* proses optimal untuk uji tarik menggunakan *filament* PLA *food grade* yaitu *Temperature nozzle* (210°C), *Layer Height* (0,1 mm), *Print Speed* (65 mm/s). *Parameter* proses yang paling berpengaruh berturut - turut yaitu *temperature nozzel*, *print speed*, dan *layer height*.

Penelitian yang dilakukan (Kholil, et al., 2020), pada spesimen dicetak sesuai dengan standar ASTM D638 tipe 04 menggunakan material ABS dengan variasi parameter *layer thickness* 0.15 mm, 0.25 mm dan 0.3 mm. Dan ketiga variasi spesimen tersebut dicetak menggunakan orientasi arah aksial dan lateral. Hasil yang paling optimal didapatkan pada spesimen aksial dan *layer thickness* 0.25 mm dengan kekuatan tarik sebesar 21.56 Mpa.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, penelitian ini akan memvariasikan parameter proses dan jenis filamen yang digunakan peneliti sebelumnya.

### **2.10 Desain Eksperimen Taguchi**

Metode Taguchi merupakan metode yang digunakan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses. Metode Taguchi berupaya untuk mencapai tujuan dengan membuat produk dan proses rentan terhadap kegagalan seperti material, fasilitas produk, tenaga kerja manusia, dan persaratan operasional (Soejanto, 2009).

Metode Taguchi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode desain eksperimen lainnya. Manfaat ini meliputi :

1. Lebih efisien karena dapat melakukan penelitian yang melibatkan banyak faktor dan tingkat.
2. Dapat memperoleh proses yang menghasilkan produk secara konsisten dan tegas terhadap faktor yang tidak dapat dikendalikan.
3. Menghasilkan kesimpulan tentang level dari faktor kontrol yang menimbulkan respon optimal.

Metode Taguchi memiliki struktur desain yang sangat kompleks oleh karena itu, pemilihan desain eksperimen harus dilakukan dengan hati-hati untuk tujuan penelitian. Desain eksperimen adalah proses dimana mengevaluasi 2 faktor secara bersamaan untuk mempengaruhi rata-rata atau variabilitas karakteristik produk yang eksklusif. Akibat analisis ini kemudian digunakan untuk memilih faktor yang berpengaruh dan pula tindakan untuk membuat perbaikan lebih lanjut. pada desain



eksperimen Taguchi terdiri dari tiga langkah utama yang mencakup semua pendekatan eksperimen. Tiga tahapan utama adalah :

### **1. Tahapan perancangan eksperimen**

Tahap perencanaan merupakan fase yang paling terpenting. Pada titik ini seorang peneliti harus dituntut untuk mempelajari eksperimen-eksperimen yang pernah dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini akan menghasilkan eksperimen yang memberikan informasi positif dan negatif. Informasi negatif terjadi apabila hasil eksperimen gagal memberikan indikasi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi variabel respon. Langkah tahap ini terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut :

*a.* Perumusan masalah

Masalah harus dirumuskan secara spesifik. Perumusan masalah harus jelas secara teknis sehingga dapat dituang ke dalam eksperimen yang akan dilakukan.

*b.* Tujuan eksperimen

Pengambilan keputusan harus mampu bereaksi terhadap masalah

*c.* Penentuan variabel tak bebas (variabel respon)

Dalam perencanaan percobaan harus dipilih dan variabel definisikan dengan jelas

*d.* Identifikasi Faktor (variabel bebas)

Dalam eksperimen, tidak semua faktor yang diperkirakan mempengaruhi respon. Dengan demikian eksperimen dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien.

*e.* Pemisah faktor kontrol dan faktor gangguan

Faktor-faktor yang diamati dibagi menjadi 2 faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam eksperimen Taguchi, keduanya harus diidentifikasi secara jelas sebagai penyebabnya, efek dari dua faktor penyebabnya..

*f.* Penentuan jumlah dan nilai level faktor

Pemilihan jumlah level akan mempengaruhi keakuratan hasil dan biaya menjalankan eksperimen. Semakin banyak level yang diteliti, maka semakin banyak pula hasil eksperimen yang didapat

g. Perhitungan derajat kebebasan

Derajat kebebasan adalah sebuah konsep menggambarkan seberapa besar dan seberapa banyak pengujian yang harus dilakukan. Informasi yang diperoleh faktor dan level derajat kebebasan ( $ufl$ ) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :  $ufl = \text{Jumlah level } factor - 1$

h. Pemilihan matrik *orthogonal*

Pemilihan matrik *orthogonal* yang ditentukan oleh jumlah derajat kebebasan dari faktor. Matrik *orthogonal* memiliki kemampuan mengevaluasi bebrapa faktor percobaan yang minimum. Matrik *ortogonal*  $L_{27}(3^5)$  adalah salah satu matrik *ortogonal* standar dengan 3 level 10 derajat kebebasan. Matrik *ortogonal*  $L_{27}(3^5)$  ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Rancangan Eksperimen Taguchi  $L_{27}(3^5)$

| No. | <i>Nozzel</i><br><i>Temperature</i> | <i>Bed</i><br><i>Temperature</i> | <i>Print</i><br><i>Speed</i> | <i>Cooling</i><br><i>Speed</i> | Tebal<br><i>Layer</i> |
|-----|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 1   | 1                                   | 1                                | 1                            | 1                              | 1                     |
| 2   | 1                                   | 1                                | 1                            | 1                              | 2                     |
| 3   | 1                                   | 1                                | 1                            | 1                              | 3                     |
| 4   | 1                                   | 2                                | 2                            | 2                              | 1                     |
| 5   | 1                                   | 2                                | 2                            | 2                              | 2                     |
| 6   | 1                                   | 2                                | 2                            | 2                              | 3                     |
| 7   | 1                                   | 3                                | 3                            | 3                              | 1                     |
| 8   | 1                                   | 3                                | 3                            | 3                              | 2                     |
| 9   | 1                                   | 3                                | 3                            | 3                              | 3                     |
| 10  | 2                                   | 1                                | 2                            | 3                              | 1                     |
| 11  | 2                                   | 1                                | 2                            | 3                              | 2                     |
| 12  | 2                                   | 1                                | 2                            | 3                              | 3                     |
| 13  | 2                                   | 2                                | 3                            | 1                              | 1                     |
| 14  | 2                                   | 2                                | 3                            | 1                              | 2                     |
| 15  | 2                                   | 2                                | 3                            | 1                              | 3                     |

Tabel 2.3 Rancangan Eksperimen Taguchi L<sub>27</sub>(3<sup>5</sup>) ( Lanjutan)

| No. | <i>Nozzel</i><br><i>Temperature</i> | <i>Bed</i><br><i>Temperature</i> | <i>Print</i><br><i>Speed</i> | <i>Cooling</i><br><i>Speed</i> | Tebal<br><i>Layer</i> |
|-----|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 16  | 2                                   | 3                                | 1                            | 2                              | 1                     |
| 17  | 2                                   | 3                                | 1                            | 2                              | 2                     |
| 18  | 2                                   | 3                                | 1                            | 2                              | 3                     |
| 19  | 3                                   | 1                                | 3                            | 2                              | 1                     |
| 20  | 3                                   | 1                                | 3                            | 2                              | 2                     |
| 21  | 3                                   | 1                                | 3                            | 2                              | 3                     |
| 22  | 3                                   | 2                                | 1                            | 3                              | 1                     |
| 23  | 3                                   | 2                                | 1                            | 3                              | 2                     |
| 24  | 3                                   | 2                                | 1                            | 3                              | 3                     |
| 25  | 3                                   | 3                                | 2                            | 1                              | 1                     |
| 26  | 3                                   | 3                                | 2                            | 1                              | 2                     |
| 27  | 3                                   | 3                                | 2                            | 1                              | 3                     |

## 2. Tahap pelaksanaan eksperimen

Tahapan pelaksanaan terdiri dari 2 hal yaitu, penentuan jumlah replikasi percobaan.

- a. Jumlah *replikasi* adalah perlakuan yang sama pada kondisi percobaan untuk mendapatkan akurasi yang lebih tinggi, kurangi tingkat kesalahan dan dapatkan perkiraan harga.
- b. Randomisasi  
Pengaruh faktor yang tidak diinginkan atau tidak selalu dalam percobaan. Randomisasi dilakukan bertujuan untuk menyebarkan pengaruh faktor yang terkendalik pada semua unit percobaan untuk semua percobaan.

### 3. Tahap *analisis*

Pada tahap ini terdiri dari 2 syarat yaitu, statistik dan pengolahan data. Langkah ini termasuk pengolahan data, perhitungan dan statistik sesuai dengan desain yang dipilih. *S/N Ratio (Signal to Noise Ratio)* merupakan salah satu tahap *analisis*. *Signal to Noise Ratio (SNR)* dalam metode Taguchi digunakan untuk nilai level faktor yang berpengaruh dan optimal dalam hal karakteristik kualitas hasil tes. Kualitas pada SNR terdiri dari :

a. *Smaller is Better*

*Smaller is Better* atau semakin kecil semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai nol dan *non-negatif*, dimana nilai yang mendekati nol merupakan nilai yang diinginkan.

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y^2 \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

b. *Nominal is Best*

*Nominal is Best* atau tertuju pada nilai tertentu adalah karakteristik kualitas dengan nilai tidak nol dan terbatas, dimana suatu nilai yang mendekati nilai yang telah ditentukan adalah yang terbaik.

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y^2}{n} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

c. *Large is Better*

*Large is Better* atau semakin besar semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan rentang nilai yang tak terbatas dan *non-negatif*, dimana nilai semakin besar merupakan nilai yang diinginkan.

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y^2} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

n = jumlah pengulangan

y = data dari percobaan

## **2.11 Minitab**

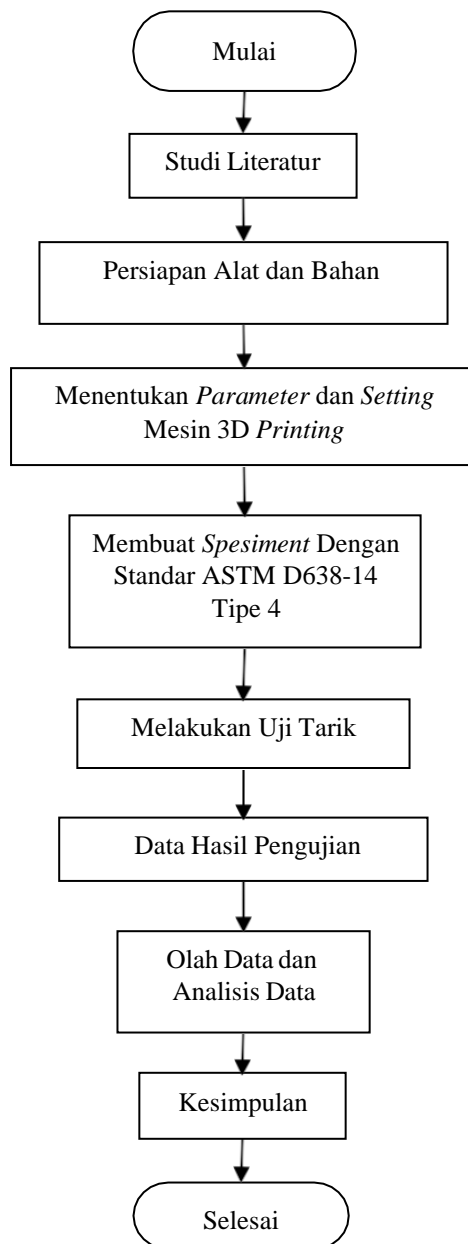
Minitab adalah program pengolahan statistik. Minitab menyertakan penggunaan seperti *Microsoft Excel* kemampuan untuk melakukan *analisis* statistik yang kompleks. Menggunakan minitab file dan data serta untuk analisa data yang lebih baik, analisa regresi, kekuatan dan ukuran sampel, tabel dan grafik, analisa multi varian termasuk analisa faktor dan lainnya. *Time Series* dan *forecasting* membantu memberikan data yang masuk akal untuk membentuk asumsi. *Time series plots*, *exponential smoothing*, kontrol proses *statistic analisis*, sistem pengukuran, *analisis* varian untuk memilih perbedaan dalam data (Soejanto, 2009).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir

Tahap proses penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir

### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah teori yang mencari referensi dengan khusus konflik yang dilakukan. Refrensi ini terdiri dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, laporan artikel dan situs-situs internet. Studi literatur ini mendukung dalam sebuah penelitian

### 3.3 Persiapan Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan yaitu filamen ASA (*Acrylonitrile Styrene Acrylate*), filamen ASA terbuat dari plastik yang hampir sama dengan filamen ABS. Filamen ASA memiliki ukuran *diameter* 1,75 mm dan filamen ASA (*Acrylonitrile Styrene Acrylate*) ini dapat dipanaskan dengan suhu 230-260°C. Dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Filament ASA (*Acrylonitrile Styrene Acrylate*)

#### 3.3.2 Peralatan Pengujian

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

1. Mesin 3D Printer

Mesin 3D printer yang digunakan model *Ender-3* dengan printing area XYZ 180 mm × 180 mm × 180 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Mesin 3D Printer *Ender-3*

## 2. Alat Uji Tarik

Alat uji tarik yang digunakan untuk menguji alat spesimen yang dicetak menggunakan *filament* ASA. Pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Alat Uji Tarik

## 3. Laptop

Laptop yang digunakan untuk menjalankan *software* program yang menjalankan percetakan 3D Printer dan *software cura*. Pada Gambar 3.5.





Gambar 3.5 Laptop

Sumber : (Takasi, 2018)

4. *Software Slicer Ultimaker Cura 5.1.0*

*Software* ini digunakan untuk menjalankan *G-code* dan memasukan parameter serta menjalankan mesin 3D Printer. Pada Gambar 3.6.

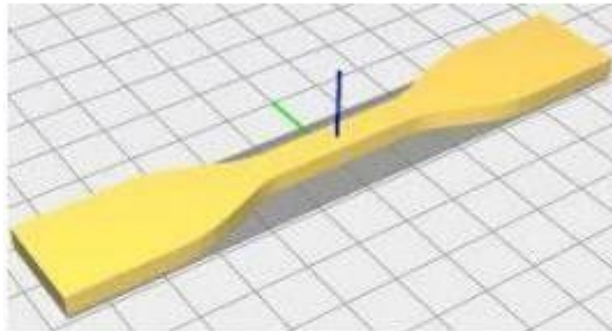


Gambar 3.6 *Software Slicer Ultimaker Cura 5.1.0*

Sumber : (Rogers, 2020)

5. *Software Solid work*

Desain yang dibuat menggunakan *software solid work* untuk membuat bahan untuk alat uji tarik. Pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Desain Spesimen Standar ukuran *ASTM D638-IV Type 4*

#### 6. *Software Minitab 19*

*Software* ini dipergunakan untuk menentukan variasi parameter atau faktor berpengaruh terhadap variabel pada metode DoE (Barbara F., 2012).

### 3.4 Penentuan Parameter

#### 3.4.1 *Design of Experiment (DoE)*

Optimasi parameter produk printer 3D dilakukan melalui *Design of Experiment (DoE)* menentukan faktor dan informasi variasi parameter, menentukan faktor dan level variasi parameter masuk pada proses *licer cura* untuk menentukan jumlah percobaan minimum, informasi sebanyak mungkin tentang semua faktor yang berpengaruh terhadap parameter.

Pengujian “*one change at a time*” selalu menghasilkan resiko yang mengharuskan pelaku eksperimen untuk menemukan satu variabel input untuk memiliki efek signifikan pada *output* sementara mereka terhambat karena tidak dapat mengganti variabel demi menjaga kestabilan variabel lainnya. *Parameter* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *nozzle temperature* (°C), *bed temperature* (°C), *print speed* (mm/s), *cooling speed* (mm/s), dan tebal *layer* (mm).

#### 3.4.2 Penentuan Faktor dan Level Eksperimen

Pemilihan parameter proses berupa faktor dan eksperimen ditentukan oleh *parameter* metode yang digunakan dalam penelitian ini ada 5 yaitu suhu *nozzle*(°C), suhu meja(°C), *print speed* (mm/s), *cooling speed* (mm/s), dan tebal *layer* (mm).

Penelitian ini menggunakan desain *Taguchi L<sub>27</sub>* dengan 5 faktor dan 3 level. Ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai Level dan Parameter Proses yang Diuji

| Faktor | Parameter Proses               | Level   |         |         |
|--------|--------------------------------|---------|---------|---------|
|        |                                | 1       | 2       | 3       |
| 1.     | <i>Nozzle Temperature</i> (°C) | 230°C   | 235°C   | 240°C   |
| 2.     | <i>Bed Temperature</i> (°C)    | 40°C    | 45°C    | 50°C    |
| 3.     | <i>Print Speed</i> (mm/s)      | 50 mm/s | 55 mm/s | 60 mm/s |
| 4.     | <i>Cooling Speed</i> (mm/s )   | 40 mm/s | 45 mm/s | 50 mm/s |
| 5.     | Tebal <i>Layer</i> (mm)        | 0,2 mm  | 0,3 mm  | 0,4 mm  |

### 3.4.3 Pemilihan *Matriks Orthogonal*

Matriks ortogonal yang akan diimplementasikan harus memiliki derajat kebebasan sama atau lebih besar dari keseluruhan parameter proses derajat kebebasan dan tingka faktor yang sudah ditetapkan dan 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>Print Speed</i> (mm/s)      | 3                | 2               |
| <i>Cooling Speed</i> (mm/s )   | 3                | 2               |
| Tebal <i>Layer</i> (mm)        | 3                | 2               |
| Total derajat kebebasan        |                  | 10              |

Tabel 3.2 menunjukkan bahwa derajat kebebasan total parameter tahapan prosedur faktor yang digunakan memiliki setidaknya 10 derajat kebebasan minimal termasuk dalam matrik ortogonal yang akan digunakan merupakan sepuluh. Jadi karena pilihan tersedia matrik ortogonal *L<sub>27</sub>(3<sup>5</sup>)* memenuhi kondisi yang berlaku sebagai

rancangan desain eksperimen dengan matriks ortogonal  $L_{27}(3^5)$  memiliki lima kolom dan 27 baris. Rancangan percobaan untuk penelitian memakai Tabel 2.2.

Eksperimen dilakukan secara acak dengan kombinasi parameter proses mengacu pada rancangan percobaan yang sesuai dengan matriks orthogonal.

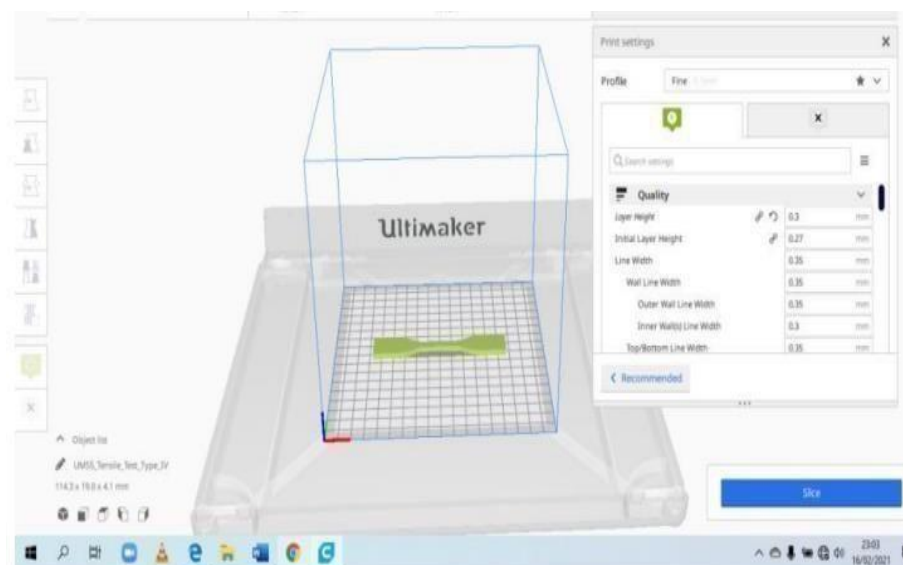
#### 3.4.4 Variabel Respon

Variabel *respon* adalah variabel yang mendefinisikan tentang variabel yang diamati dalam penelitian. Pada penelitian variabel *respon* yang digunakan adalah akurasi dimensi produk.

### 3.5 Pelaksanaan Eksperimen

Langkah–Langkah pelaksanaan eksperimen sebagai berikut :

membentuk spesimen sesuai ASTM D638 tipe 4 pada *software* CAD dalam format file STL desain. Format STL disertakan pada *software slicer* untuk mengatur *parameter* proses dan level yang telah ditentukan untuk mendapatkan *G-code*, ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pengaturan Parameter Proses dan Level di *SoftwareSlicer Cura 3.0*

1. Setelah mendapatkan *G-code* selanjutnya, proses pencetakan spesimen menggunakan filamen ASA dengan parameter proses yang telah ditentukan, dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Proses Pencetakan Spesimen

1. Setelah semua spesimen dicetak, selanjutnya pengujian kekuatan tarik terhadap spesimen yang telah dicetak menggunakan alat uji tarik ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Pengujian Kekuatan Tarik

2. Pengambilan data hasil pengujian kekuatan tarik.
3. Pengolahan data hasil dari pengujian tarik.

### **3.6 Pengambilan Data**

Proses pengambilan data dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung khususnya. Dengan menggunakan mesin uji tarik merek *zwick roell Z020*. Informasi tentang hasil uji tarik tersebut dicatat untuk dilakukan proses pengolahan data.

### **3.7 Pengolahan Data**

Setelah pengambilan data hasil pengujian tarik langkah selanjutnya adalah memasukkan data tersebut kedalam *software minitab* analisis untuk diproses. Data hasil pengujian diolah dengan menggunakan *softwar Microsoft Excel*. Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan parameter proses yang paling optimal.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

**4.1 Proses Percetakan Spesimen Pada Mesin 3D Printing** Langkah–  
langkah proses percetakan spesimen pada mesin 3D Printer sebagaiberikut :

1. Tekan tombol On untuk menyalakan mesin 3D Printer terlebih dahulu dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Menyalakan Mesin

2. Pasang *filamen* ke tempat yang ada pada mesin 3D Printer dapat ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Proses Pemasangan Filamen

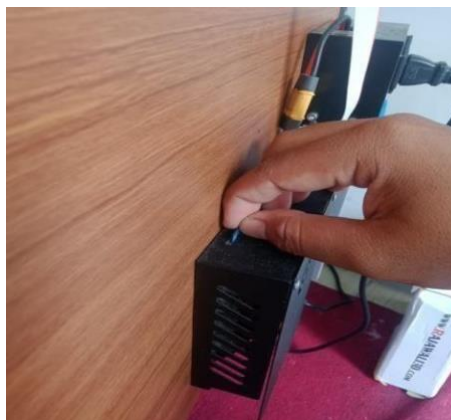
3. Ada baiknya sebelum masuk ke proses pencetakan meja 3D Printer dikalibrasi terlebih dulu agar meja 3D Printer tersebut menjadi datar dan

menjaga jarak antara *nozzle* dan meja 3D Printer, dapat ditunjukkan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Mengkalibrasi Mesin

4. Setelah itu masukkan kartu memori yang berisikan file *G-code* yang telah di *slicing* dari *software Ultimaker Cura* ke tempat yang ada pada mesin 3D Printer, dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pemasangan Kartu memori pada mesin

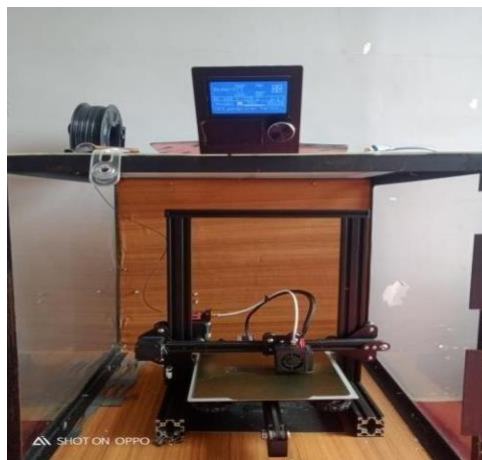
5. Kemudian seting parameter proses yang ada pada mesin 3D Printer, seperti suhu *nozzle* dan *temperature bed* yang sesuai dengan parameter proses yang telah ditetapkan, dapat ditunjukkan pada Gambar 4.5.





Gambar 4.5 Pengaturan Parameter Proses Mesin 3D Printer

6. Selanjutnya melakukan proses pencetakan, proses pencetakan ini dilakukan secara berturut-turut sesuai dengan urutan eksperimen, setiap eksperimen mencetak tiga replikasi spesimen, dapat ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Proses Pembuatan Spesimen

7. Setelah semua hasil spesimen dicetak, langkah selanjutnya yaitu melakukan pengujian kekuatan tarik dapat ditunjukkan pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Hasil Proses Pencetakan Spesimen

#### 4.2 Pengambilan Data Hasil Eksperimen

Spesimen yang telah selesai dicetak kemudian akan dilakukan proses pengujian tarik menggunakan alat uji tarik *zwick roell* untuk mengetahui hasil kekuatan tarik. Setelah mendapatkan hasil maka dilakukan pengolahan data untuk mengetahui nilai tertinggi dan terendah dari hasil pengujian tarik. Ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Uji Tarik

| No | Replikasi 1 | Replikasi 2 | Replikasi 3 | Rata-Rata |
|----|-------------|-------------|-------------|-----------|
| 1  | 15,4        | 19,6        | 16,5        | 17,17     |
| 2  | 18,2        | 18,7        | 18,4        | 18,44     |
| 3  | 18,2        | 18,5        | 19,3        | 18,67     |
| 4  | 17,9        | 17,9        | 15,6        | 17,14     |
| 5  | 17,6        | 17,2        | 17,5        | 17,44     |
| 6  | 17,0        | 19,5        | 16,1        | 17,54     |
| 7  | 16,7        | 20,0        | 17,4        | 18,04     |
| 8  | 15,0        | 17,0        | 16,5        | 16,17     |
| 9  | 17,1        | 17,8        | 15,5        | 16,09     |
| 10 | 17,9        | 17,1        | 18,1        | 17,08     |
| 11 | 16,7        | 11,2        | 16,0        | 14,64     |
| 12 | 18,6        | 19,6        | 18,6        | 18,94     |

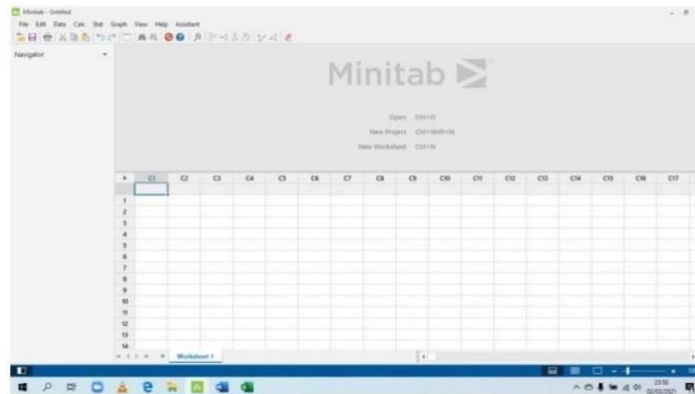
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Uji Tarik ( Lanjutan )

| No. | Replikasi 1 | Replikasi 2 | Replikasi 3 | Rata-Rata |
|-----|-------------|-------------|-------------|-----------|
| 13  | 20,0        | 17,1        | 18,1        | 18,05     |
| 14  | 17,8        | 18,9        | 16,7        | 17,09     |
| 15  | 17,6        | 15,7        | 17,5        | 16,94     |
| 16  | 17,3        | 18,6        | 16,5        | 17,47     |
| 17  | 17,8        | 18,2        | 18,0        | 18,00     |
| 18  | 20,7        | 19,9        | 19,1        | 19,10     |
| 19  | 16,0        | 18,9        | 19,1        | 18,00     |
| 20  | 14,3        | 19,7        | 18,1        | 17,36     |
| 21  | 19,6        | 17,3        | 17,9        | 18,27     |
| 22  | 17,0        | 20,0        | 16,3        | 17,77     |
| 23  | 19,7        | 18,8        | 16,7        | 18,05     |
| 24  | 17,3        | 14,7        | 19,3        | 17,02     |
| 25  | 16,3        | 16,9        | 18,7        | 17,04     |
| 26  | 17,8        | 17,9        | 18,9        | 18,03     |
| 27  | 19,9        | 16,2        | 19,0        | 18,37     |

### 4.3 Pengolahan Data Hasil Eksperimen

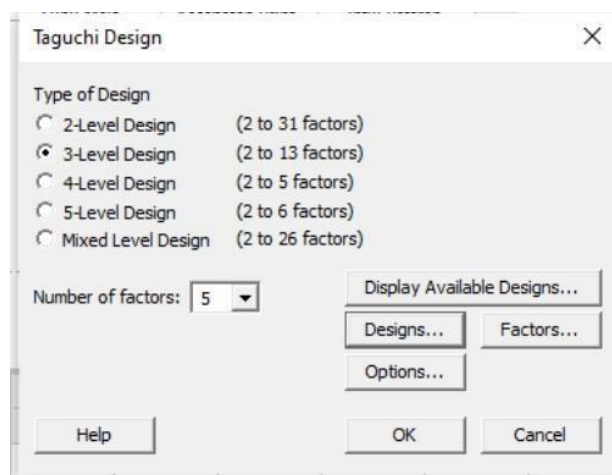
Pengolahan data hasil pengujian dilakukan untuk memperoleh dan mengetahui pengaturan parameter proses yang optimal hasil uji tarik menggunakan metode Taguchi. Data ini diproses menggunakan *software* analisis, dimana nilai pada Tabel 4.2 data hasil pengujian tersebut dimasukkan kedalam *software* Minitab untuk mendapatkan hasil *Mean Plot* dan *S/N Ratio*. Langkah – langkah untuk menggunakan *software* Minitab menjadi berikut :

1. hingga menampilkan halaman *Worksheet* seperti pada Gambar 4.8



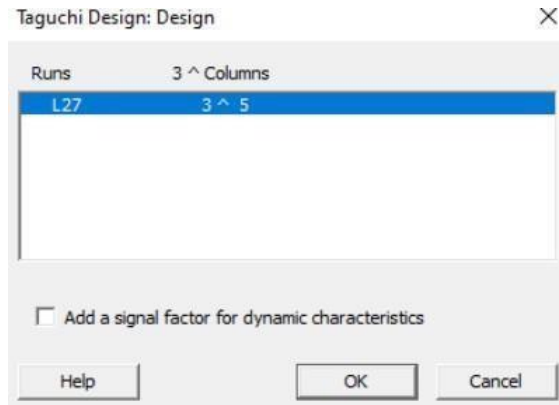
Gambar 4.8 Halaman *Worksheet* 1

2. Pilih *START – DOE – TAGUCHI - CREATE TAGUCHI DESIGN* sehingga tampilan *Create Taguchi Design* seperti pada Gambar 4.9 pilih *Type of Design* dan *Number of factor* sesuai dengan parameter proses dan level yang telah ditentukan.



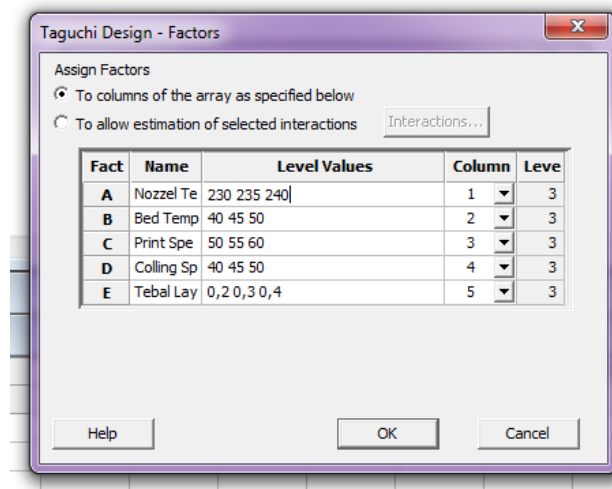
Gambar 4.9 Tampilan *Create Taguchi Design*

3. Pada tampilan *Create Design* Taguchi pilih *Designs* sehingga tampilannya seperti Gambar 4.10, sesuai dengan pilihan yang tersedia *Design* Taguchi *Matrik OA L<sub>27</sub>(3<sup>5</sup>)*.



Gambar 4.10 Tampilan *Design*

4. Pada tampilan *Create Design* Taguchi pilih Faktor sehingga tampilannya seperti 4.11 kemudian isi *Name* dan *Level Values* sesuai dengan parameter proses dan level yang telah ditentukan.



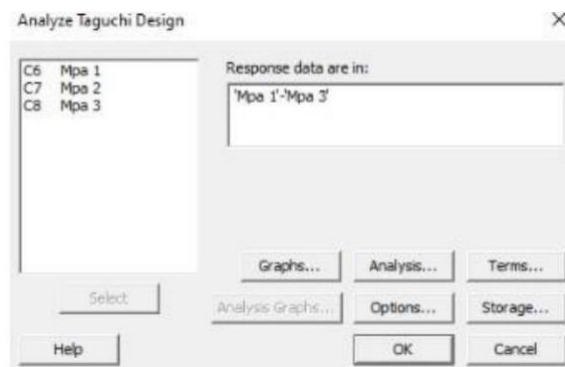
Gambar 4.11 Tampilan *Factor*

5. Klik OK pada tampilan *Create Design* Taguchi sehingga menghasilkan desain faktorial  $L_{27}(3^5)$  seperti pada Tabel 4.1, kemudian masukkan data hasil ujitarik di *Worksheet* seperti pada Gambar 4.12

|    | Nozzel Temperature | Bed Temperature | Print Speed | Colling Speed | Tebal Laye |
|----|--------------------|-----------------|-------------|---------------|------------|
| 1  | 230                | 40              | 50          | 40            | 0,2        |
| 2  | 230                | 40              | 50          | 40            | 0,3        |
| 3  | 230                | 40              | 50          | 40            | 0,4        |
| 4  | 230                | 45              | 55          | 45            | 0,2        |
| 5  | 230                | 45              | 55          | 45            | 0,3        |
| 6  | 230                | 45              | 55          | 45            | 0,4        |
| 7  | 230                | 50              | 60          | 50            | 0,2        |
| 8  | 230                | 50              | 60          | 50            | 0,3        |
| 9  | 230                | 50              | 60          | 50            | 0,4        |
| 10 | 235                | 40              | 55          | 50            | 0,2        |
| 11 | 235                | 40              | 55          | 50            | 0,3        |
| 12 | 235                | 40              | 55          | 50            | 0,4        |
| 13 | 235                | 45              | 60          | 40            | 0,2        |
| 14 | 235                | 45              | 60          | 40            | 0,3        |
| 15 | 235                | 45              | 60          | 40            | 0,4        |
| 16 | 235                | 50              | 50          | 45            | 0,2        |
| 17 | 235                | 50              | 50          | 45            | 0,3        |
| 18 | 235                | 50              | 50          | 45            | 0,4        |
| 19 | 240                | 40              | 60          | 45            | 0,2        |
| 20 | 240                | 40              | 60          | 45            | 0,3        |
| 21 | 240                | 40              | 60          | 45            | 0,4        |
| 22 | 240                | 45              | 50          | 50            | 0,2        |
| 23 | 240                | 45              | 50          | 50            | 0,3        |
| 24 | 240                | 45              | 50          | 50            | 0,4        |
| 25 | 240                | 50              | 55          | 40            | 0,2        |
| 26 | 240                | 50              | 55          | 40            | 0,3        |
| 27 | 240                | 50              | 55          | 40            | 0,4        |

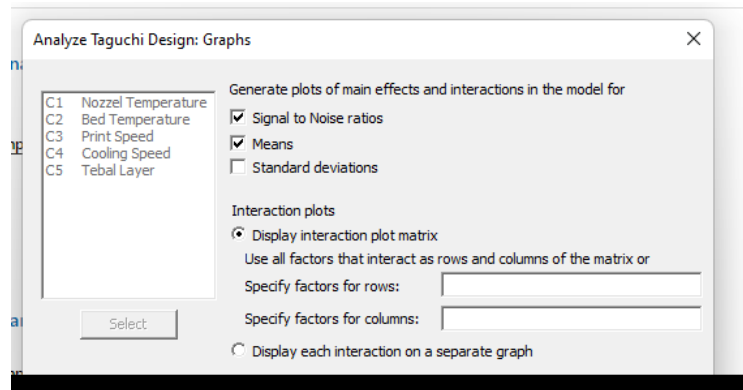
Gambar 4.12 Halaman *Worksheet* Desain Faktorial  $L_{27}$  dan Data Hasil Uji tarik

6. Pilih *START – DOE - ANALYZE TAGUCHI DESIGN* sehingga tampilan *Analyze Taguchi Design* seperti pada Gambar 4.13.



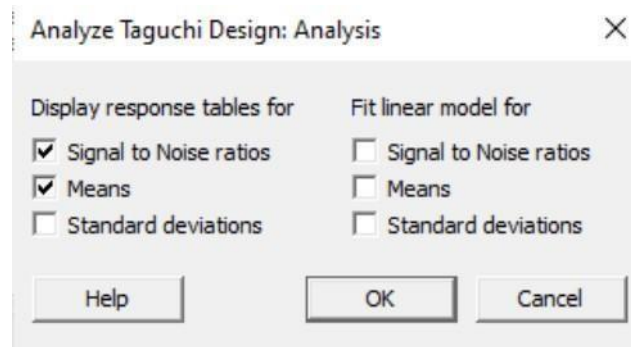
Gambar 4.13 Tampilan *Analyze Taguchi Design*

7. Klik C6 Mpa1, C7 Mpa 2 dan C8 Mpa 3, kemudian pilih *select* sehingga Mpa1, Mpa2, Mpa3 terdapat pada respon data *are in* seperti pada Gambar 4.13.
8. Pilih *GRAPHS* kemudian pilih *signal to noise ratio* dan *mean* seperti pada Gambar 4.14.



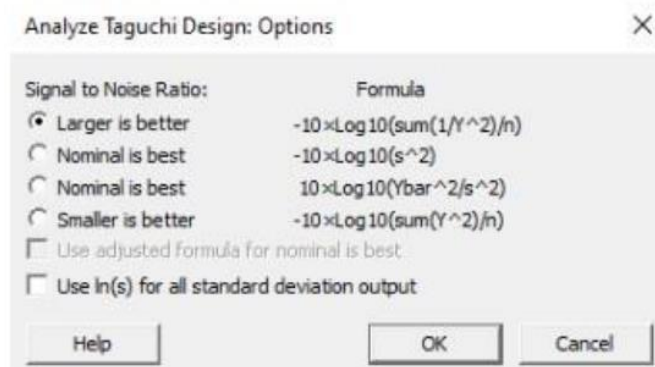
Gambar 4.14 Tampilan *Analyze Taguchi Design Graps*

9. Pilih *ANALYSIS* kemudian pilih *Signal to Noise Ratio* dan *Means* seperti pada Gambar 4.15.



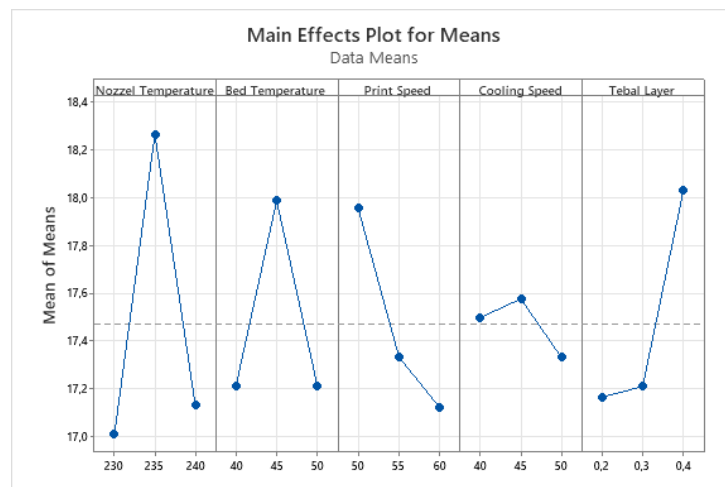
Gambar 4.15 Tampilan *Analyze Taguchi Design Analysis*

10. Pilih *OPTIONS* kemudian pilih *Signal to Noise Rasio Larger is Better* seperti pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Tampilan *Analyze Taguchi Design Options*

11. Klik OK pada layar *Analyze Taguchi Design* untuk menampilkan hasil *Signal to Noise Ratio* dan *Means*. Hasil perhitungan *Mean Plot* ditunjukkan pada Gambar 4.20 dan Tabel 4.2. begitu juga perhitungan *SN Ratio* “*Larger is Better*” ditunjukkan pada Gambar 4.17 dan Tabel 4.4



Gambar 4.17 Grafik *Mean Plot*

Tabel 4.2 *Response Table for Means*

|              | <i>Nozzel</i>      | <i>Bed</i>         | <i>Cooling</i> | <i>Tebal</i> |
|--------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|
| <i>Level</i> | <i>Temperature</i> | <i>Temperature</i> | <i>Speed</i>   | <i>Layer</i> |
| 1            | 17,01              | 17,21              | 17,96          | 17,17        |
| 2            | 18,27              | 17,99              | 17,33          | 17,21        |
| 3            | 17,13              | 17,21              | 17,12          | 18,03        |
| <i>Delta</i> | 1,26               | 0,78               | 0,83           | 0,87         |
| <i>Rank</i>  | 1                  | 4                  | 3              | 5            |

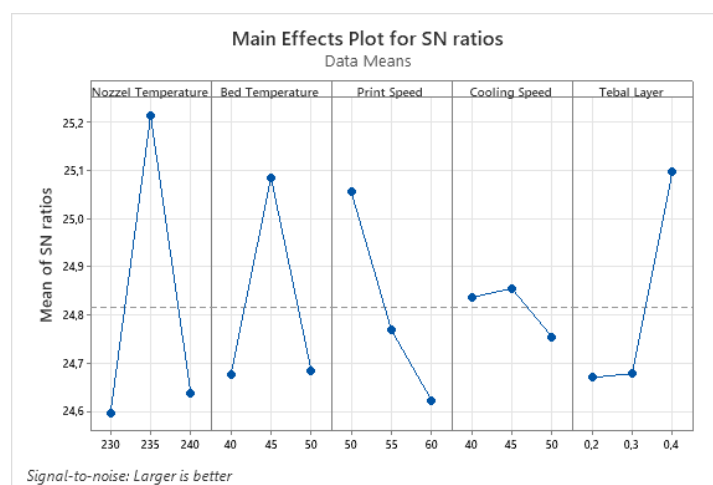
Sumber : Hasil *Software Minitab19*

Berdasarkan *parameter* Gambar 4.18 dan Tabel 4.3 proses yang paling berpengaruh besar yaitu suhu *nozzle*. *parameter* atau proses dengan dampak tinggi dan *faktor* optimal dan nilai *respon mean* yaitu ditunjukkan pada Tabel 4.4



Tabel 4.3 *Parameter* proses yang sangat berpengaruh

| Rank   | 1                              | 2                                    | 3                            | 4                 | 5                                 |
|--------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Faktor | Suhu<br><i>nozzle</i><br>230°C | kecepatan<br><i>print</i> 50<br>mm/s | tebal <i>layer</i><br>0,2 mm | suhu meja<br>40°C | kecepatan<br>pendingin<br>45 mm/s |
| Nilai  | 25,21                          | 25,06                                | 24,67                        | 24,68             | 24,86                             |



Gambar 4.18 Grafik *S/N Rasio*

Berdasarkan pada *parameter* proses pada Gambar 4.18 yang optimal untuk kekuatan tarik adalah suhu *nozzle* 235 (°C), tebal *layer* (0,2 mm), suhu meja (45°C), kecepatan *print* (40 mm/s), kecepatan pendingin (50 mm/s) .

Tabel 4.4 *Response Table for Signal to Noise Ratios*

*Larger is better*

|              | <i>Nozzel</i>      | <i>Bed</i>         | <i>Cooling</i>     | <i>Tebal</i> |       |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|-------|
| <i>Level</i> | <i>Temperature</i> | <i>Temperature</i> | <i>Print Speed</i> | <i>Speed</i> |       |
|              |                    |                    |                    | <i>Layer</i> |       |
| 1            | 24,60              | 24,68              | 25,06              | 24,84        | 24,67 |
| 2            | 25,21              | 25,09              | 24,77              | 24,86        | 24,68 |
| 3            | 24,64              | 24,69              | 24,62              | 24,76        | 25,10 |
| <i>Delta</i> | 0,62               | 0,41               | 0,43               | 0,10         | 0,43  |
| <i>Rank</i>  | 1                  | 4                  | 2                  | 5            | 3     |

Sumber : Hasil *Software Minitab19*

Berdasarkan Tabel 4.5 parameter proses yang berpengaruh besar terhadap kekuatan tarik yaitu suhu *nozzle*. serta untuk dampak parameter proses secara berturut-turut yaitu suhu *nozzle*, tebal *layer*, kecepatan *print*, suhu meja serta *cooling speed* selanjutnya parameter proses yang sangat berpengaruh besar dengan dampak tinggi dan tingkat faktor yang optimal dan nilai *S/N Rasio* yaitu ditunjukkan pada Tabel 4.6

Tabel 4.5 Parameter Proses yang Optimal dan Nilai *S/N Rasio*

| Rank   | 1                           | 2                               | 3                                    | 4                 | 5                                 |
|--------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Faktor | Suhu<br><i>nozzle</i> 230°C | tebal<br><i>layer</i> 0,2<br>mm | kecepatan<br><i>print</i> 50<br>mm/s | suhu meja<br>40°C | kecepatan<br>pendingin<br>45 mm/s |
| Nilai  | 18,27                       | 18,03                           | 17,96                                | 17,99             | 17,58                             |

#### 4.4 Persen Kontribusi

Pengolahan data dari hasil pengujian tarik ini dilakukan untuk mendapatkan nilai optimal kemudian parameter yang mana paling berpengaruh dengan metode Taguchi. Pengaruh level pada parameter terhadap harga dampak perhitungan *mean* tarik objek cetak dengan kombinasi level dari masing-masing faktor kontrol dibawah ini. Pada persen kontribusi untuk mengetahui seberapa besar pengaruh parameter proses, dapat dilihat pada Tabel 4.6.

$$\begin{aligned}
 & 1. \text{ Rasio } S/N \\
 \eta_1 &= -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_{iV}^2} \right) \dots \dots \dots (4.1) \\
 &= -10 \log \left( \frac{1}{3} \left( \frac{1}{15,4^2} + \frac{1}{19,6^2} + \frac{1}{16,5^2} \right) \right) = 24,7401
 \end{aligned}$$

Tabel 4.6 Persen Kontribusi *S/N Ratio*

| Experimen | Replikasi 1 | Repikasi 2 | Replikasi 3 | Rata-Rata | S/N     |
|-----------|-------------|------------|-------------|-----------|---------|
| 1         | 15,4        | 19,6       | 16,5        | 17,17     | 24,7401 |
| 2         | 18,2        | 18,7       | 18,4        | 18,44     | 25,3126 |
| 3         | 18,2        | 18,5       | 19,3        | 18,67     | 25,424  |
| 4         | 17,9        | 17,9       | 15,6        | 17,14     | 24,6942 |
| 5         | 17,6        | 17,2       | 17,5        | 17,44     | 24,828  |
| 6         | 17          | 19,5       | 16,1        | 17,54     | 24,9064 |
| 7         | 16,7        | 20         | 17,4        | 18,04     | 25,1484 |
| 8         | 15          | 17         | 16,5        | 16,17     | 24,1844 |
| 9         | 17,1        | 17,8       | 15,5        | 16,09     | 24,5204 |
| 10        | 17,9        | 17,1       | 18,1        | 17,08     | 24,9621 |
| 11        | 16,7        | 11,2       | 16          | 14,64     | 23,4264 |
| 12        | 18,6        | 19,6       | 18,6        | 18,94     | 25,5472 |
| 13        | 20          | 17,1       | 18,1        | 18,05     | 25,3149 |
| 14        | 17,8        | 18,9       | 16,7        | 17,09     | 25,0194 |
| 15        | 17,6        | 15,7       | 17,5        | 16,94     | 24,5864 |
| 16        | 17,3        | 18,6       | 16,5        | 17,47     | 24,8548 |
| 17        | 17,8        | 18,2       | 18          | 18        | 25,1058 |
| 18        | 20,7        | 19,9       | 19,1        | 19,01     | 25,9817 |
| 19        | 16          | 18,9       | 19,1        | 18        | 25,1323 |
| 20        | 14,3        | 19,7       | 18,1        | 17,38     | 24,8676 |
| 21        | 19,6        | 17,3       | 17,9        | 18,27     | 25,2455 |
| 22        | 17          | 20         | 16,3        | 17,77     | 25,0274 |
| 23        | 19,7        | 18,8       | 16,7        | 18,05     | 25,3166 |
| 24        | 17,3        | 14,7       | 19,3        | 17,02     | 24,7123 |
| 25        | 16,3        | 16,9       | 18,7        | 17,04     | 24,776  |
| 26        | 17,8        | 17,9       | 18,9        | 18,03     | 25,2047 |
| 27        | 19,9        | 16,2       | 19          | 18,37     | 25,3124 |

#### 4.5 Persen Kontribusi

Pada persen kontribusi untuk mengetahui besar pengaruh parameter proses, dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Persen Kontribusi *S/N Ratio*

| Source                 | DF | Seq SS  | Adj SS  | Adj MS  | F    | P     |
|------------------------|----|---------|---------|---------|------|-------|
| <i>Nozzel</i>          | 2  | 0,6684  | 0,6684  | 0,33421 | 0,35 | 0,710 |
| <i>Temperature</i>     |    |         |         |         |      |       |
| <i>Bed Temperature</i> | 2  | 0,1456  | 0,1456  | 0,07281 | 0,08 | 0,927 |
| <i>Print Speed</i>     | 2  | 2,2224  | 2,2224  | 1,11121 | 1,16 | 0,337 |
| <i>Cooling Speed</i>   | 2  | 2,8817  | 2,8817  | 1,44083 | 1,51 | 0,251 |
| <i>Tebal Layer</i>     | 2  | 1,7545  | 1,7545  | 0,87723 | 0,92 | 0,419 |
| Error                  | 16 | 15,2620 | 15,2620 | 0,95388 |      |       |
| Total                  | 26 | 22,9346 |         |         |      |       |

Sumber : Hasil *Software Minitab19*

Parameter proses yang mempengaruhi kekuatan tarik didasarkan pada persentase kontribusi berkelanjutan yaitu *Coling Speed, Print Speed, Tebal Layer, Nozzel Temperature, Bed Temperature*.

#### 4.6 Melakukan Uji Konfirmasi

Uji konfirmasi untuk mengetahui hasil yang diperoleh. Dilakukan dengan hasil rata-rata kekuatan tarik awal menggunakan rata-rata parameter kekuatan tarik. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kombinasi pengaturan hasil parameter proses optimum ditunjukkan pada Tabel 4.8 dengan *parameter* proses dan *level* sebagai berikut *tebal layer* (0,2 mm), *print speed* (50 mm/s), *nozzle temperatur* (235°C), *bed temperature* (40°C), dan *cooling speed* (50 mm/s)

Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Kombinasi Awal dan Kombinasi Optimum

| <i>Exp</i>        | Replikasi 1 | Replikasi 2 | Replikasi 3 | Rata – rata |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Kombinasi Awal    | 15,4        | 19,6        | 16,5        | 17,17       |
| Kombinasi Optimum | 19,8        | 20,5        | 20,2        | 20,16       |

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa pengujian tarik berasal 5 parameter proses yang diuji yaitu : *Nozzle temperature*, *bed temperature*, *print speed*, *cooling speed*, tebal *layer* dengan tiga level faktor terdapat yang paling berpengaruh pada pengujian kekuatan tarik tersebut. Urutan faktor paling berpengaruh terhadap filamen ASA berturut yaitu : *Nozzle temperature*, *bed temperature*, *print speed*, *cooling speed*, tebal *layer*. Nilai kekuatan tarik paling kuat terjadi pada sepesimen ke 3 desain faktorial taguchi L27, yaitu *nozzle temperature* (240°C), *bed temperature* (50°C), *print speed* (60 mm/s), *cooling speed* (50 mm/s) dan tebal *layer* (0,4 mm), dengan kekuatan tarik dari 3 pengujian sebesar 18,64 Mpa. Sedangkan nilai kekuatan tarik untuk kombinasi parameter yang optimum uji konfirmasi didapatkan sebesar 20,16 Mpa.

#### 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah selesainya penelitian berikut ini :

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan parameter proses yang berbeda dengan hasil penelitian yang telah digunakan.
2. Penggunaan mesin yang berbeda dapat dilakukan untuk mendapatkan fenomena-fenomena yang baru dari pengaruh tiap parameter yang diuji.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malinda Christiliana, "Optimasi Parameter Proses Pada 3dPRINTING FDM terhadap akurasi dimensi filament PLA Food gred," *Malinda Christiliana, Pristiansyah, Yudi Oktariadi*, vol. 1, no. 2338-0284, p. 1, 2021.
- [2] M. Habib, "OPTIMASI PARAMETER PROSES PADA 3D PRINTING FDM TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMENT PLA FOOD GRADE MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI L27," *Muhammad Habib Bahri*, vol. 1, no. 175-186, p. 1, 2021.
- [3] Hasdiansah, Masdani, I. Feriadi and Pristiansyah, "Optimasi Parameter Proses terhadap Akurasi Dimensi PLA Food Grade Menggunakan Metode Taguchi," *Hasdiansah; Masdani; Indra Feriadi; Pristiansyah*, vol. 1, no. 175-186, p. 1, 2020.
- [4] Pristiansyah, "Influence of 3D Printing FDM Process Parameters on Tensile Property of ULTEM 9085," *Pristiansyah*, vol. 30, no. 331–338, p. 1, 2019.
- [5] A. Ferdiansyah, Pristiansyah and B. Rolastin, "PENGARUH PARAMETER PROSES PADA 3D PRINTING FDM TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMENT ABS CCTREE," *Ade Ferdiansyah ; Pristiansyah ; Boy Rolastin*, vol. 1, p. 1, 2021.
- [6] I. Soejanto, "Desain eksperimen dengan metode taguchi," *Soejanto, Irwan*, vol. 1, p. 1, 2009.
- [7] Pristiansyah, "How surface roughness performance of printed parts manufactured by desktop FDM 3D printer with PLA+ is influenced by measuring direction," *Pristiansyah*, vol. 5, no. 211-222, p. 5, 2017.
- [8] S. Yudha, "Pengaruh Parameter Proses Ektrusi 3d Printer Terhadap Sifat Mekanis Cetak Komponen Berbahan Filament PLA (Poly Lactide Acid)," *Satria Yudha*, vol. 4, no. 1-8, p. 1, 2017.
- [9] D. Ardiansyah, Herianto and Purfaji, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filament Polylactic Acid Menggunakan Metode Taguchi," *Deni Ardiansyah; Herianto; Purfaji*, vol. 1, no. 2338-0284, p. 1, 2018.
- [10] PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP AKURASI DIMENSI FILAMENT PETG (Polyethylene terephthalate Gylacol).
- [11] Sumantri, "Peningkatan Kinerja Mesin Rapid Prototyping Berbasis Fused Deposition Modelling," 2012.

- [12] H. P. Yudha Bhika Pratama, *Pengaruh Parameter Proses Slicing Software Terhadap kekasaran permukaan printing part filamen st-pla*, 2021.
- [13] C. B. A. W. N. Eduar Iqbal Riza, "Peningkatan Kekuatan Lentur Produk 3d Printing Material Petg Dengan Optimasi Parameter Proses Menggunakan Metode Taguchi," *Majalah Teknik Mesin*, p. 9., 2020.
- [14] H. S. Pristiansyah, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM terhadap akurasi," *Jurnal Manutech; Jurnal Teknologi Manufaktur*, no. 01, p. 2, 2019.
- [15] D. Ardiyanto, "Uji Pengaruh Kecepatan dan Perbedaan Suhu Antara Filament PLA dengan Filament PETG Pada 3D Printer Ender 5 Pro," 2021, p. 4.
- [16] D. Andriyansyah , H. and P. , "Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Filamen Polylactic Acid Menggunakan Metode Taguchi," 2018.
- [17] S. P. Mawar Lestari, "PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP AKURASI DIMENSI FILAMENT PETG (Polyethylene terephthalate Glycol)," 2022.



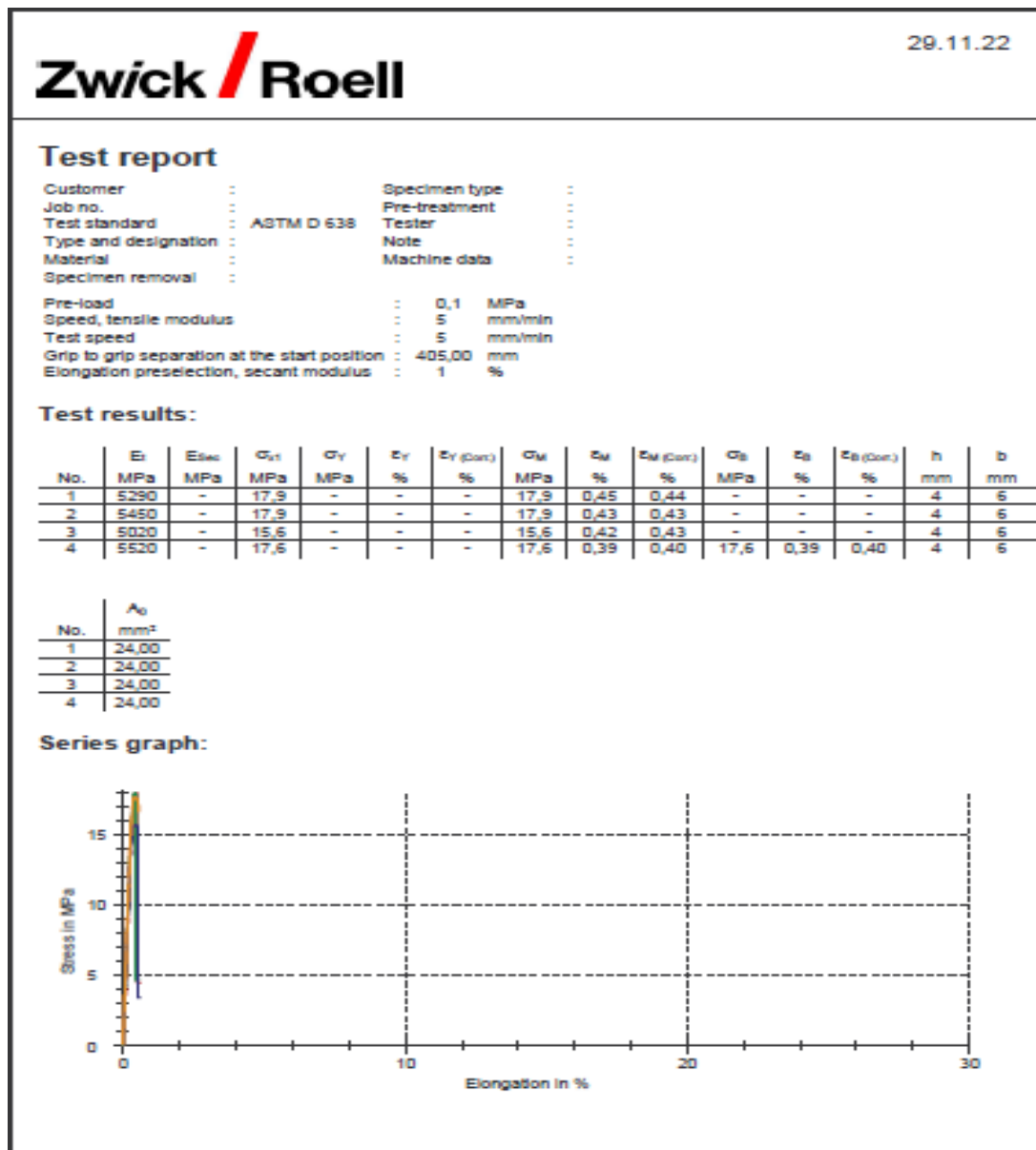
## LAMPIRAN 1

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Wahyu Riyan Saputra  
Tempat, Tanggal Lahir : Perjaya, 31 Maret 2001  
Jenis Kelamin : Laki –Laki  
Agama : Islam  
Pendidikan Terakhir : D-IV ( Teknik Mesin dan Manufaktur  
Alamat : Jln. Madrasah, Kecamatan Lubuk Besar, Kabupaten  
Bangka Belitung  
Telepon/HP : 0857-5825-4260  
Email : [wizamrafif@gmail.com](mailto:wizamrafif@gmail.com)  
Pendidikan Formal :  
a. 2007-2013 : SD 3 Lubuk Besar  
b. 2013-2016 : SMP 2 Lubuk Besar  
c. 2016-2019 : SMA 1 Lubuk Besar

## LAMPIRAN 2

### HASIL UJI TARIK



## Test report

Customer : Specimen type :  
 Job no. : Pre-treatment :  
 Test standard : ASTM D 638 Tester :  
 Type and designation : Note :  
 Material : Machine data :  
 Specimen removal :

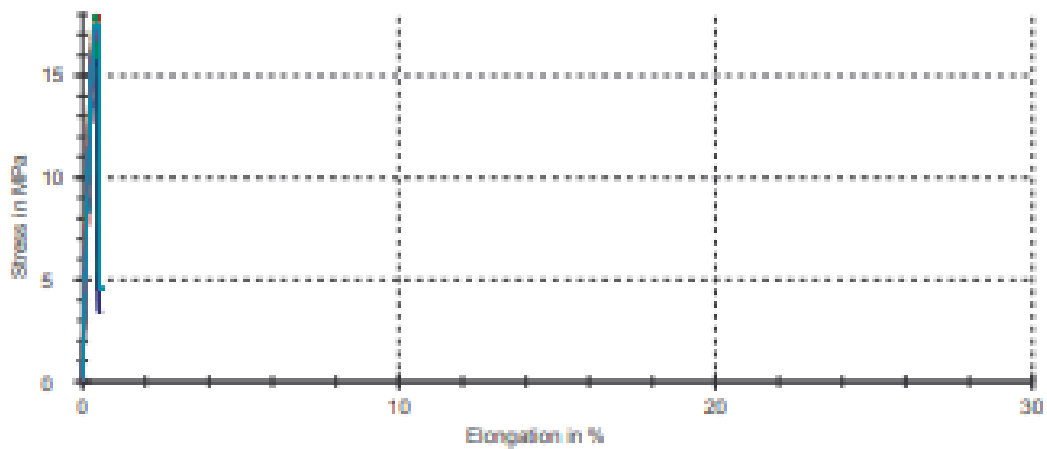
Pre-load : 0,1 MPa  
 Speed, tensile modulus : 5 mm/min  
 Test speed : 5 mm/min  
 Grip to grip separation at the start position : 405,00 mm  
 Elongation preselection, secant modulus : 1 %

### Test results:

| No. | E <sub>t</sub><br>MPa | E <sub>sec</sub><br>MPa | σ <sub>0.2</sub><br>MPa | σ <sub>T</sub><br>MPa | ε <sub>T</sub><br>% | ε <sub>T (corr.)</sub><br>% | σ <sub>B</sub><br>MPa | ε <sub>B</sub><br>% | ε <sub>B (corr.)</sub><br>% | σ <sub>B</sub><br>MPa | ε <sub>B</sub><br>% | ε <sub>B (corr.)</sub><br>% | h<br>mm | b<br>mm |
|-----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|---------|---------|
| 1   | 5290                  | -                       | 17,9                    | -                     | -                   | -                           | 17,9                  | 0,45                | 0,44                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 2   | 5450                  | -                       | 17,9                    | -                     | -                   | -                           | 17,9                  | 0,43                | 0,43                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 3   | 5020                  | -                       | 15,6                    | -                     | -                   | -                           | 15,6                  | 0,42                | 0,43                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 4   | 5520                  | -                       | 17,6                    | -                     | -                   | -                           | 17,6                  | 0,39                | 0,40                        | 17,6                  | 0,39                | 0,40                        | 4       | 6       |
| 5   | 5410                  | -                       | 17,2                    | -                     | -                   | -                           | 17,2                  | 0,39                | 0,39                        | 17,2                  | 0,39                | 0,39                        | 4       | 6       |
| 6   | 5230                  | -                       | 17,5                    | -                     | -                   | -                           | 17,5                  | 0,44                | 0,45                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |

| No. | A <sub>0</sub><br>mm <sup>2</sup> |
|-----|-----------------------------------|
| 1   | 24,00                             |
| 2   | 24,00                             |
| 3   | 24,00                             |
| 4   | 24,00                             |
| 5   | 24,00                             |
| 6   | 24,00                             |

Series graph:



Statistics:

| Series    | $E_t$ | $E_{t(0.01)}$ | $\sigma_{el}$ | $\sigma_y$ | $\sigma_r$ | $E_{t(0.01)}$ | $\sigma_{el}$ | $\sigma_r$ | $E_{t(0.01)}$ | $\sigma_{el}$ | $\sigma_r$ | $E_{t(0.01)}$ | $h$   |
|-----------|-------|---------------|---------------|------------|------------|---------------|---------------|------------|---------------|---------------|------------|---------------|-------|
| n = 6     | MPa   | MPa           | MPa           | MPa        | %          | %             | MPa           | %          | %             | MPa           | %          | %             | mm    |
| $\bar{x}$ | 5320  | -             | 17,3          | -          | -          | -             | 17,3          | 0,42       | 0,42          | 17,4          | 0,39       | 0,40          | 4     |
| s         | 181   | -             | 0,862         | -          | -          | -             | 0,859         | 0,026      | 0,021         | 0,283         | 0,0013     | 0,0047        | 0,000 |
| v         | 3,39  | -             | 4,99          | -          | -          | -             | 4,07          | 6,11       | 4,98          | 1,82          | 0,38       | 1,17          | 0,00  |

| Series    | b     | $A_0$           |
|-----------|-------|-----------------|
| n = 6     | mm    | mm <sup>2</sup> |
| $\bar{x}$ | 6     | 24,00           |
| s         | 0,000 | 0,00            |
| v         | 0,00  | 0,00            |

## Test report

Customer : Specimen type :  
 Job no. : Pre-treatment :  
 Test standard : ASTM D 638 Tester :  
 Type and designation : Note :  
 Material : Machine data :  
 Specimen removal :

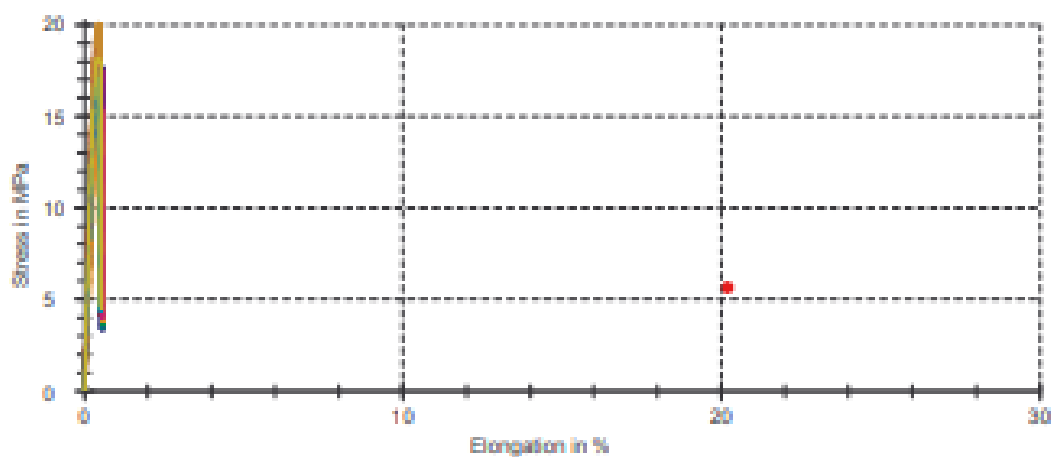
Pre-load : 0,1 MPa  
 Speed, tensile modulus : 5 mm/min  
 Test speed : 5 mm/min  
 Grip to grip separation at the start position : 405,00 mm  
 Elongation preselection, secant modulus : 1 %

## Test results:

| No. | E <sub>t</sub><br>MPa | E <sub>sec</sub><br>MPa | σ <sub>0.2</sub><br>MPa | σ <sub>y</sub><br>MPa | ε <sub>y</sub><br>% | ε <sub>y (par.)</sub><br>% | σ <sub>0.4</sub><br>MPa | ε <sub>0.4</sub><br>% | ε <sub>0.4 (par.)</sub><br>% | σ <sub>B</sub><br>MPa | ε <sub>B</sub><br>% | ε <sub>B (par.)</sub><br>% | h<br>mm | b<br>mm |
|-----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|---------|---------|
| 1   | 5290                  | -                       | 17,9                    | -                     | -                   | -                          | 17,9                    | 0,45                  | 0,44                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 2   | 5450                  | -                       | 17,9                    | -                     | -                   | -                          | 17,9                    | 0,43                  | 0,43                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 3   | 5020                  | -                       | 15,6                    | -                     | -                   | -                          | 15,6                    | 0,42                  | 0,43                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 4   | 5520                  | -                       | 17,6                    | -                     | -                   | -                          | 17,6                    | 0,39                  | 0,40                         | 17,6                  | 0,39                | 0,40                       | 4       | 6       |
| 5   | 5410                  | -                       | 17,2                    | -                     | -                   | -                          | 17,2                    | 0,39                  | 0,39                         | 17,2                  | 0,39                | 0,39                       | 4       | 6       |
| 6   | 5290                  | -                       | 17,5                    | -                     | -                   | -                          | 17,5                    | 0,44                  | 0,45                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 7   | 5240                  | -                       | 17,0                    | -                     | -                   | -                          | 17,0                    | 0,47                  | 0,48                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 8   | 6020                  | -                       | 19,5                    | -                     | -                   | -                          | 19,5                    | 0,41                  | 0,42                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 9   | 4830                  | -                       | 15,1                    | -                     | -                   | -                          | 15,2                    | 0,50                  | 0,49                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 10  | 4930                  | -                       | 16,7                    | -                     | -                   | -                          | 16,7                    | 0,41                  | 0,42                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 11  | 6080                  | -                       | 20,1                    | -                     | -                   | -                          | 20,1                    | 0,42                  | 0,43                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 12  | 5440                  | -                       | 17,4                    | -                     | -                   | -                          | 17,5                    | 0,37                  | 0,38                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 13  | 4550                  | -                       | 14,9                    | -                     | -                   | -                          | 14,9                    | 0,48                  | 0,48                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 14  | 5190                  | -                       | 17,0                    | -                     | -                   | -                          | 17,0                    | 0,47                  | 0,49                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 15  | 5070                  | -                       | 16,5                    | -                     | -                   | -                          | 16,5                    | 0,47                  | 0,47                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 16  | 5340                  | -                       | 17,1                    | -                     | -                   | -                          | 17,1                    | 0,40                  | 0,41                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 17  | 5140                  | -                       | 17,8                    | -                     | -                   | -                          | 17,8                    | 0,47                  | 0,45                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 18  | 4030                  | -                       | 15,3                    | -                     | -                   | -                          | 15,3                    | 0,54                  | 0,51                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 19  | 5520                  | -                       | 17,9                    | -                     | -                   | -                          | 18,0                    | 0,39                  | 0,40                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 20  | 5200                  | -                       | 17,1                    | -                     | -                   | -                          | 17,1                    | 0,44                  | 0,44                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |
| 21  | 5640                  | -                       | 18,1                    | -                     | -                   | -                          | 18,1                    | 0,41                  | 0,41                         | -                     | -                   | -                          | 4       | 6       |

| No. | A <sub>0</sub><br>mm <sup>2</sup> |
|-----|-----------------------------------|
| 1   | 24,00                             |
| 2   | 24,00                             |
| 3   | 24,00                             |
| 4   | 24,00                             |
| 5   | 24,00                             |
| 6   | 24,00                             |
| 7   | 24,00                             |
| 8   | 24,00                             |
| 9   | 24,00                             |
| 10  | 24,00                             |
| 11  | 24,00                             |
| 12  | 24,00                             |
| 13  | 24,00                             |
| 14  | 24,00                             |
| 15  | 24,00                             |
| 16  | 24,00                             |
| 17  | 24,00                             |
| 18  | 24,00                             |
| 19  | 24,00                             |
| 20  | 24,00                             |
| 21  | 24,00                             |

**Series graph:**



**Statistics:**

| Series    | E <sub>1</sub> | E <sub>lim</sub> | σ <sub>0.1</sub> | σ <sub>T</sub> | ε <sub>T</sub> | ε <sub>T (con.)</sub> | σ <sub>M</sub> | ε <sub>M</sub> | ε <sub>M (con.)</sub> | σ <sub>B</sub> | ε <sub>B</sub> | ε <sub>B (con.)</sub> | h     |
|-----------|----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|-------|
| n = 21    | MPa            | MPa              | MPa              | MPa            | %              | %                     | MPa            | %              | %                     | MPa            | %              | %                     | mm    |
| $\bar{x}$ | 5240           | -                | 17,2             | -              | -              | -                     | 17,2           | 0,44           | 0,44                  | 17,4           | 0,39           | 0,40                  | 4     |
| s         | 452            | -                | 1,30             | -              | -              | -                     | 1,29           | 0,042          | 0,035                 | 0,283          | 0,0013         | 0,0047                | 0,000 |
| v         | 8,61           | -                | 7,55             | -              | -              | -                     | 7,48           | 9,62           | 7,94                  | 1,62           | 0,33           | 1,17                  | 0,00  |

| Series    | b     | A <sub>0</sub>  |
|-----------|-------|-----------------|
| n = 21    | mm    | mm <sup>2</sup> |
| $\bar{x}$ | 6     | 24,00           |
| s         | 0,000 | 0,00            |
| v         | 0,00  | 0,00            |

## Test report

Customer : Specimen type :  
 Job no. : Pre-treatment :  
 Test standard : ASTM D 638 Tester :  
 Type and designation : Note :  
 Material : Machine data :  
 Specimen removal :

Pre-load : 0,1 MPa  
 Speed, tensile modulus : 5 mm/min  
 Test speed : 5 mm/min  
 Grip to grip separation at the start position : 405,00 mm  
 Elongation preselection, secant modulus : 1 %

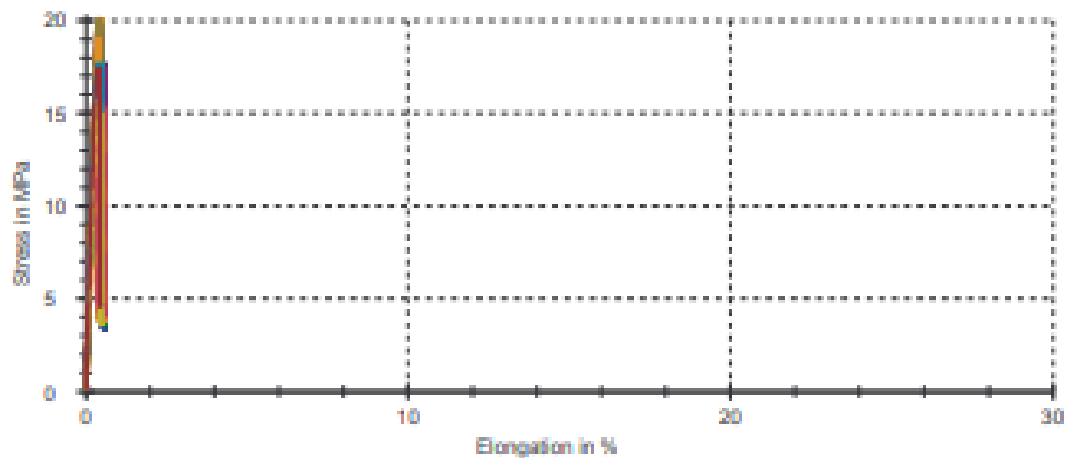
### Test results:

| No. | E <sub>t</sub><br>MPa | E <sub>sec</sub><br>MPa | σ <sub>0.1</sub><br>MPa | σ <sub>T</sub><br>MPa | ε <sub>T</sub><br>% | ε <sub>T (sec)</sub><br>% | σ <sub>M</sub><br>MPa | ε <sub>M</sub><br>% | ε <sub>M (sec)</sub><br>% | σ <sub>B</sub><br>MPa | ε <sub>B</sub><br>% | ε <sub>B (sec)</sub><br>% | h<br>mm | b<br>mm |
|-----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| 1   | 5290                  | -                       | 17,9                    | -                     | -                   | -                         | 17,9                  | 0,45                | 0,44                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 2   | 5450                  | -                       | 17,9                    | -                     | -                   | -                         | 17,9                  | 0,43                | 0,43                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 3   | 5020                  | -                       | 15,6                    | -                     | -                   | -                         | 15,6                  | 0,42                | 0,43                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 4   | 5520                  | -                       | 17,6                    | -                     | -                   | -                         | 17,6                  | 0,39                | 0,40                      | 17,6                  | 0,39                | 0,40                      | 4       | 6       |
| 5   | 5410                  | -                       | 17,2                    | -                     | -                   | -                         | 17,2                  | 0,39                | 0,39                      | 17,2                  | 0,39                | 0,39                      | 4       | 6       |
| 6   | 5230                  | -                       | 17,5                    | -                     | -                   | -                         | 17,5                  | 0,44                | 0,45                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 7   | 5240                  | -                       | 17,0                    | -                     | -                   | -                         | 17,0                  | 0,47                | 0,46                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 8   | 6020                  | -                       | 19,5                    | -                     | -                   | -                         | 19,5                  | 0,41                | 0,42                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 9   | 4830                  | -                       | 15,1                    | -                     | -                   | -                         | 15,2                  | 0,50                | 0,49                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 10  | 4930                  | -                       | 16,7                    | -                     | -                   | -                         | 16,7                  | 0,41                | 0,42                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 11  | 6080                  | -                       | 20,1                    | -                     | -                   | -                         | 20,1                  | 0,42                | 0,43                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 12  | 5440                  | -                       | 17,4                    | -                     | -                   | -                         | 17,5                  | 0,37                | 0,38                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 13  | 4550                  | -                       | 14,9                    | -                     | -                   | -                         | 14,9                  | 0,48                | 0,48                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 14  | 5190                  | -                       | 17,0                    | -                     | -                   | -                         | 17,0                  | 0,47                | 0,49                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 15  | 5070                  | -                       | 16,5                    | -                     | -                   | -                         | 16,5                  | 0,47                | 0,47                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 16  | 5340                  | -                       | 17,1                    | -                     | -                   | -                         | 17,1                  | 0,40                | 0,41                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 17  | 5140                  | -                       | 17,8                    | -                     | -                   | -                         | 17,8                  | 0,47                | 0,45                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 18  | 4020                  | -                       | 15,3                    | -                     | -                   | -                         | 15,3                  | 0,54                | 0,51                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 19  | 5520                  | -                       | 17,9                    | -                     | -                   | -                         | 18,0                  | 0,39                | 0,40                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 20  | 5200                  | -                       | 17,1                    | -                     | -                   | -                         | 17,1                  | 0,44                | 0,44                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 21  | 5640                  | -                       | 18,1                    | -                     | -                   | -                         | 18,1                  | 0,41                | 0,41                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 22  | 5480                  | -                       | 16,7                    | -                     | -                   | -                         | 16,8                  | 0,38                | 0,37                      | 16,8                  | 0,38                | 0,37                      | 4       | 6       |
| 23  | 3970                  | -                       | 11,2                    | -                     | -                   | -                         | 11,2                  | 0,36                | 0,38                      | 11,2                  | 0,36                | 0,38                      | 4       | 6       |
| 24  | 5060                  | -                       | 16,0                    | -                     | -                   | -                         | 16,0                  | 0,39                | 0,40                      | 16,0                  | 0,39                | 0,40                      | 4       | 6       |
| 25  | 5900                  | -                       | 18,6                    | -                     | -                   | -                         | 18,7                  | 0,38                | 0,39                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 26  | 6100                  | -                       | 19,6                    | -                     | -                   | -                         | 19,7                  | 0,38                | 0,39                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 27  | 5710                  | -                       | 18,4                    | -                     | -                   | -                         | 18,4                  | 0,41                | 0,40                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 28  | 6130                  | -                       | 20,0                    | -                     | -                   | -                         | 20,0                  | 0,39                | 0,40                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 29  | 5480                  | -                       | 17,1                    | -                     | -                   | -                         | 17,1                  | 0,39                | 0,40                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 30  | 5610                  | -                       | 18,1                    | -                     | -                   | -                         | 18,1                  | 0,41                | 0,41                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 31  | 5830                  | -                       | 17,8                    | -                     | -                   | -                         | 17,9                  | 0,37                | 0,38                      | 17,9                  | 0,37                | 0,38                      | 4       | 6       |
| 32  | 5910                  | -                       | 18,9                    | -                     | -                   | -                         | 19,0                  | 0,39                | 0,39                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 33  | 5170                  | -                       | 16,7                    | -                     | -                   | -                         | 16,7                  | 0,40                | 0,41                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 34  | 5570                  | -                       | 17,6                    | -                     | -                   | -                         | 17,7                  | 0,40                | 0,41                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 35  | 4830                  | -                       | 15,7                    | -                     | -                   | -                         | 15,7                  | 0,44                | 0,43                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |
| 36  | 5460                  | -                       | 17,5                    | -                     | -                   | -                         | 17,5                  | 0,42                | 0,43                      | -                     | -                   | -                         | 4       | 6       |



| No. | A <sub>0</sub><br>mm <sup>2</sup> |
|-----|-----------------------------------|
| 1   | 24,00                             |
| 2   | 24,00                             |
| 3   | 24,00                             |
| 4   | 24,00                             |
| 5   | 24,00                             |
| 6   | 24,00                             |
| 7   | 24,00                             |
| 8   | 24,00                             |
| 9   | 24,00                             |
| 10  | 24,00                             |
| 11  | 24,00                             |
| 12  | 24,00                             |
| 13  | 24,00                             |
| 14  | 24,00                             |
| 15  | 24,00                             |
| 16  | 24,00                             |
| 17  | 24,00                             |
| 18  | 24,00                             |
| 19  | 24,00                             |
| 20  | 24,00                             |
| 21  | 24,00                             |
| 22  | 24,00                             |
| 23  | 24,00                             |
| 24  | 24,00                             |
| 25  | 24,00                             |
| 26  | 24,00                             |
| 27  | 24,00                             |
| 28  | 24,00                             |
| 29  | 24,00                             |
| 30  | 24,00                             |
| 31  | 24,00                             |
| 32  | 24,00                             |
| 33  | 24,00                             |
| 34  | 24,00                             |
| 35  | 24,00                             |
| 36  | 24,00                             |

## Series graph:



## Statistics:

| Series    | $E_t$ | $E_{tsec}$ | $\sigma_{10}$ | $\sigma_T$ | $\sigma_T$ | $\sigma_T (con.)$ | $\sigma_B$ | $\epsilon_B$ | $\epsilon_B (con.)$ | $\sigma_B$ | $\epsilon_B$ | $\epsilon_B (con.)$ | h     |
|-----------|-------|------------|---------------|------------|------------|-------------------|------------|--------------|---------------------|------------|--------------|---------------------|-------|
| n = 38    | MPa   | MPa        | MPa           | MPa        | %          | %                 | MPa        | %            | %                   | MPa        | %            | %                   | mm    |
| $\bar{x}$ | 5340  | -          | 17,2          | -          | -          | -                 | 17,3       | 0,42         | 0,42                | 16,1       | 0,38         | 0,39                | 4     |
| s         | 505   | -          | 1,85          | -          | -          | -                 | 1,85       | 0,041        | 0,035               | 2,49       | 0,018        | 0,012               | 0,000 |
| v         | 9,44  | -          | 9,58          | -          | -          | -                 | 9,58       | 9,87         | 8,25                | 15,44      | 4,22         | 3,17                | 0,00  |

| Series    | b     | $A_0$           |
|-----------|-------|-----------------|
| n = 38    | mm    | mm <sup>2</sup> |
| $\bar{x}$ | 6     | 24,00           |
| s         | 0,000 | 0,00            |
| v         | 0,00  | 0,00            |

## Test report

Customer : Specimen type :  
 Job no. : Pre-treatment :  
 Test standard : ASTM D 638 Tester :  
 Type and designation : Note :  
 Material : Machine data :  
 Specimen removal :

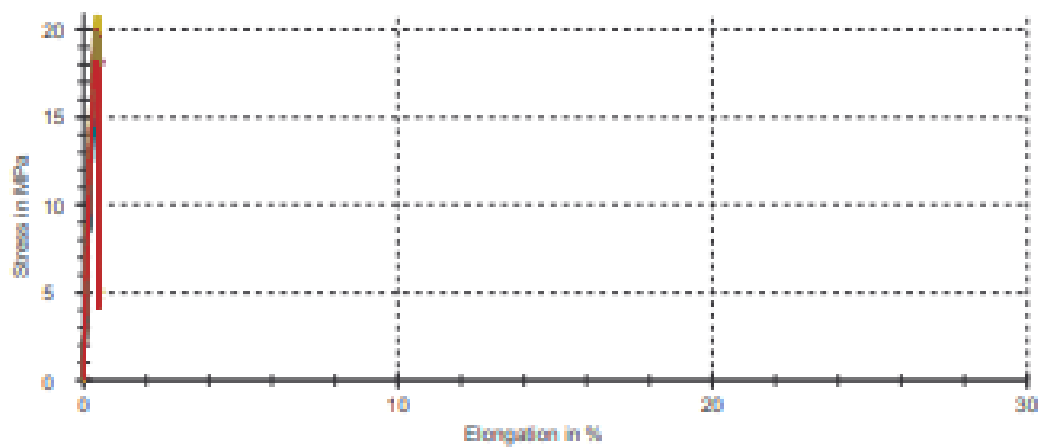
Pre-load : 0,1 MPa  
 Speed, tensile modulus : 5 mm/min  
 Test speed : 5 mm/min  
 Grip to grip separation at the start position : 407,00 mm  
 Elongation preselection, secant modulus : 1 %

### Test results:

| No. | E <sub>t</sub><br>MPa | E <sub>sec</sub><br>MPa | σ <sub>0.1</sub><br>MPa | σ <sub>y</sub><br>MPa | ε <sub>y</sub><br>% | ε <sub>y (corr.)</sub><br>% | σ <sub>M</sub><br>MPa | ε <sub>M</sub><br>% | ε <sub>M (corr.)</sub><br>% | σ <sub>B</sub><br>MPa | ε <sub>B</sub><br>% | ε <sub>B (corr.)</sub><br>% | h<br>mm | b<br>mm |
|-----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|---------|---------|
| 1   | 5380                  | -                       | 17,3                    | -                     | -                   | -                           | 17,3                  | 0,42                | 0,43                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 2   | 5510                  | -                       | 18,8                    | -                     | -                   | -                           | 18,8                  | 0,42                | 0,43                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 3   | 5180                  | -                       | 16,5                    | -                     | -                   | -                           | 16,5                  | 0,42                | 0,43                        | 18,5                  | 0,42                | 0,43                        | 4       | 6       |
| 4   | 5450                  | -                       | 17,8                    | -                     | -                   | -                           | 17,8                  | 0,42                | 0,42                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 5   | 5820                  | -                       | 18,2                    | -                     | -                   | -                           | 18,2                  | 0,39                | 0,40                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 6   | 5490                  | -                       | 18,0                    | -                     | -                   | -                           | 18,1                  | 0,42                | 0,43                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 7   | 6120                  | -                       | 20,7                    | -                     | -                   | -                           | 20,7                  | 0,42                | 0,43                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 8   | 6000                  | -                       | 19,9                    | -                     | -                   | -                           | 19,9                  | 0,39                | 0,40                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 9   | 5679                  | -                       | 19,1                    | -                     | -                   | -                           | 19,2                  | 0,42                | 0,42                        | -                     | -                   | •                           | 4       | 6       |
| 10  | 5090                  | -                       | 15,9                    | -                     | -                   | -                           | 15,9                  | 0,39                | 0,41                        | 15,9                  | 0,39                | 0,41                        | 4       | 6       |
| 11  | 5840                  | -                       | 18,9                    | -                     | -                   | -                           | 19,0                  | 0,42                | 0,42                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 12  | 6030                  | -                       | 19,1                    | -                     | -                   | -                           | 19,2                  | 0,39                | 0,38                        | 19,2                  | 0,39                | 0,38                        | 4       | 6       |
| 13  | 4850                  | -                       | -                       | -                     | -                   | -                           | 14,3                  | 0,35                | 0,36                        | 14,3                  | 0,35                | 0,36                        | 4       | 6       |
| 14  | 5870                  | -                       | 19,7                    | -                     | -                   | -                           | 19,8                  | 0,40                | 0,41                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |
| 15  | 5830                  | -                       | 18,1                    | -                     | -                   | -                           | 18,2                  | 0,39                | 0,40                        | -                     | -                   | -                           | 4       | 6       |

| No. | A <sub>0</sub><br>mm <sup>2</sup> |
|-----|-----------------------------------|
| 1   | 24,00                             |
| 2   | 24,00                             |
| 3   | 24,00                             |
| 4   | 24,00                             |
| 5   | 24,00                             |
| 6   | 24,00                             |
| 7   | 24,00                             |
| 8   | 24,00                             |
| 9   | 24,00                             |
| 10  | 24,00                             |
| 11  | 24,00                             |
| 12  | 24,00                             |
| 13  | 24,00                             |
| 14  | 24,00                             |
| 15  | 24,00                             |

## Series graph:



## Statistics:

| Series    | $E_c$ | $E_{flex}$ | $\sigma_{cl}$ | $\sigma_y$ | $\epsilon_y$ | $\epsilon_y (const)$ | $\sigma_{cl}$ | $\epsilon_{cl}$ | $\epsilon_{cl} (const)$ | $\sigma_{cl}$ | $\epsilon_{cl}$ | $\epsilon_{cl} (const)$ | $h$   |
|-----------|-------|------------|---------------|------------|--------------|----------------------|---------------|-----------------|-------------------------|---------------|-----------------|-------------------------|-------|
| n = 15    | MPa   | MPa        | MPa           | MPa        | %            | %                    | MPa           | %               | %                       | MPa           | %               | %                       | mm    |
| $\bar{x}$ | 5570  | -          | 18,4          | -          | -            | -                    | 18,2          | 0,40            | 0,41                    | 18,5          | 0,39            | 0,40                    | 4     |
| $s$       | 358   | -          | 1,31          | -          | -            | -                    | 1,87          | 0,021           | 0,020                   | 2,05          | 0,020           | 0,020                   | 0,000 |
| $v$       | 6,39  | -          | 7,12          | -          | -            | -                    | 9,19          | 5,30            | 4,92                    | 12,47         | 7,44            | 7,33                    | 0,00  |

| Series    | $b$   | $A_0$           |
|-----------|-------|-----------------|
| n = 15    | mm    | mm <sup>2</sup> |
| $\bar{x}$ | 6     | 24,00           |
| $s$       | 0,000 | 0,00            |
| $v$       | 0,00  | 0,00            |

## Test report

Customer : Specimen type :  
 Job no. : Pre-treatment :  
 Test standard : ASTM D 638 Tester :  
 Type and designation : Note :  
 Material : Machine data :  
 Specimen removal :

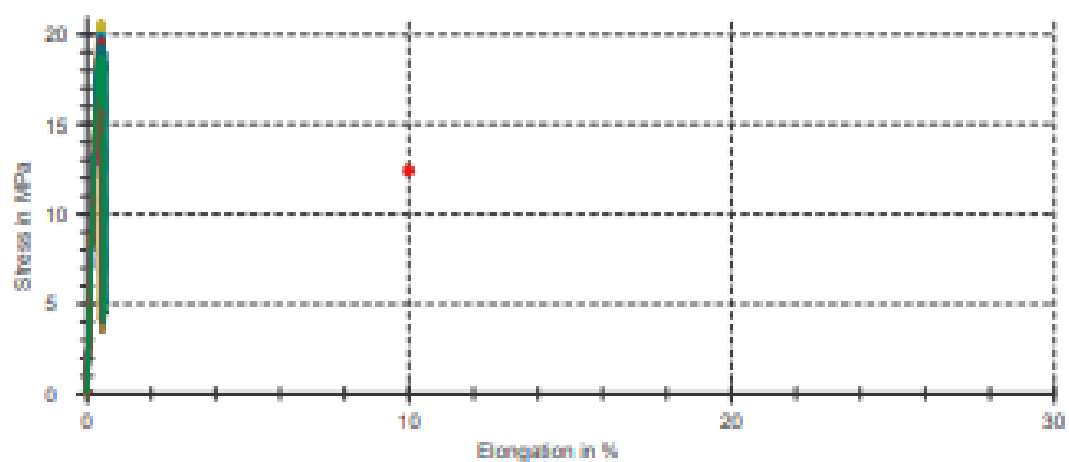
Pre-load : 0,1 MPa  
 Speed, tensile modulus : 5 mm/min  
 Test speed : 5 mm/min  
 Grip to grip separation at the start position : 407,00 mm  
 Elongation preselection, secant modulus : 1 %

### Test results:

| No. | E <sub>t</sub><br>MPa | E <sub>sec</sub><br>MPa | σ <sub>1%</sub><br>MPa | σ <sub>T</sub><br>MPa | ε <sub>T</sub><br>% | ε <sub>T (bars)</sub><br>% | σ <sub>0.2</sub><br>MPa | ε <sub>0.2</sub><br>% | ε <sub>0.2 (bars)</sub><br>% | σ <sub>0.2</sub><br>MPa | ε <sub>0.2</sub><br>% | ε <sub>0.2 (bars)</sub><br>% | h<br>mm | b<br>mm |
|-----|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|---------|---------|
| 1   | 5380                  | -                       | 17,3                   | -                     | -                   | -                          | 17,3                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 2   | 5510                  | -                       | 18,8                   | -                     | -                   | -                          | 18,8                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 3   | 5180                  | -                       | 16,5                   | -                     | -                   | -                          | 16,5                    | 0,42                  | 0,43                         | 16,5                    | 0,42                  | 0,43                         | 4       | 6       |
| 4   | 5450                  | -                       | 17,8                   | -                     | -                   | -                          | 17,8                    | 0,42                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 5   | 5620                  | -                       | 18,2                   | -                     | -                   | -                          | 18,2                    | 0,30                  | 0,40                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 6   | 5490                  | -                       | 18,0                   | -                     | -                   | -                          | 18,1                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 7   | 6120                  | -                       | 20,7                   | -                     | -                   | -                          | 20,7                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 8   | 6000                  | -                       | 19,9                   | -                     | -                   | -                          | 19,9                    | 0,30                  | 0,40                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 9   | 5670                  | -                       | 19,1                   | -                     | -                   | -                          | 19,2                    | 0,42                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 10  | 5090                  | -                       | 15,9                   | -                     | -                   | -                          | 15,9                    | 0,30                  | 0,41                         | 15,9                    | 0,30                  | 0,41                         | 4       | 6       |
| 11  | 5640                  | -                       | 18,9                   | -                     | -                   | -                          | 19,0                    | 0,42                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 12  | 6030                  | -                       | 19,1                   | -                     | -                   | -                          | 19,2                    | 0,30                  | 0,38                         | 19,2                    | 0,30                  | 0,38                         | 4       | 6       |
| 13  | 4850                  | -                       | -                      | -                     | -                   | -                          | 14,3                    | 0,35                  | 0,36                         | 14,3                    | 0,35                  | 0,36                         | 4       | 6       |
| 14  | 5870                  | -                       | 19,7                   | -                     | -                   | -                          | 19,8                    | 0,40                  | 0,41                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 15  | 5630                  | -                       | 18,1                   | -                     | -                   | -                          | 18,2                    | 0,30                  | 0,40                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 16  | 5730                  | -                       | 19,8                   | -                     | -                   | -                          | 19,6                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 17  | 5110                  | -                       | 17,3                   | -                     | -                   | -                          | 17,3                    | 0,45                  | 0,44                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 18  | 5590                  | -                       | 17,9                   | -                     | -                   | -                          | 17,9                    | 0,42                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 19  | 5210                  | -                       | 16,9                   | -                     | -                   | -                          | 16,9                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 20  | 5690                  | -                       | 20,0                   | -                     | -                   | -                          | 20,1                    | 0,43                  | 0,44                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 21  | 5310                  | -                       | 18,3                   | -                     | -                   | -                          | 18,3                    | 0,37                  | 0,39                         | 18,3                    | 0,37                  | 0,39                         | 4       | 6       |
| 22  | 5770                  | -                       | 19,7                   | -                     | -                   | -                          | 19,8                    | 0,44                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 23  | 5630                  | -                       | 18,8                   | -                     | -                   | -                          | 18,8                    | 0,44                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 24  | 5410                  | -                       | -                      | -                     | -                   | -                          | 16,7                    | 0,37                  | 0,38                         | 16,7                    | 0,37                  | 0,38                         | 4       | 6       |
| 25  | 5350                  | -                       | 17,3                   | -                     | -                   | -                          | 17,3                    | 0,41                  | 0,41                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 26  | 5010                  | -                       | 14,7                   | -                     | -                   | -                          | 14,7                    | 0,38                  | 0,38                         | 14,7                    | 0,36                  | 0,38                         | 4       | 6       |
| 27  | 5700                  | -                       | 19,3                   | -                     | -                   | -                          | 19,3                    | 0,44                  | 0,45                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 28  | 5150                  | -                       | 16,3                   | -                     | -                   | -                          | 16,3                    | 0,42                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 29  | 5220                  | -                       | 16,9                   | -                     | -                   | -                          | 16,9                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 30  | 5620                  | -                       | 18,7                   | -                     | -                   | -                          | 18,7                    | 0,43                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |

| No. | $A_0$<br>mm <sup>2</sup> |
|-----|--------------------------|
| 1   | 24,00                    |
| 2   | 24,00                    |
| 3   | 24,00                    |
| 4   | 24,00                    |
| 5   | 24,00                    |
| 6   | 24,00                    |
| 7   | 24,00                    |
| 8   | 24,00                    |
| 9   | 24,00                    |
| 10  | 24,00                    |
| 11  | 24,00                    |
| 12  | 24,00                    |
| 13  | 24,00                    |
| 14  | 24,00                    |
| 15  | 24,00                    |
| 16  | 24,00                    |
| 17  | 24,00                    |
| 18  | 24,00                    |
| 19  | 24,00                    |
| 20  | 24,00                    |
| 21  | 24,00                    |
| 22  | 24,00                    |
| 23  | 24,00                    |
| 24  | 24,00                    |
| 25  | 24,00                    |
| 26  | 24,00                    |
| 27  | 24,00                    |
| 28  | 24,00                    |
| 29  | 24,00                    |
| 30  | 24,00                    |

**Series graph:**



## Statistics:

| Series    | $E_t$ | $E_{lim}$ | $\sigma_{0.2}$ | $\sigma_y$ | $\sigma_f$ | $\sigma_f (const.)$ | $\sigma_B$ | $\sigma_B$ | $\sigma_B (const.)$ | $\sigma_B$ | $\sigma_B$ | $\sigma_B (const.)$ | $R$   |
|-----------|-------|-----------|----------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|------------|------------|---------------------|-------|
| n = 30    | MPa   | MPa       | MPa            | MPa        | %          | %                   | MPa        | %          | %                   | MPa        | %          | %                   | mm    |
| $\bar{x}$ | 5500  | -         | 18,1           | -          | -          | -                   | 18,0       | 0,41       | 0,42                | 18,2       | 0,38       | 0,39                | 4     |
| s         | 312   | -         | 1,46           | -          | -          | -                   | 1,60       | 0,025      | 0,021               | 1,61       | 0,023      | 0,022               | 0,006 |
| v         | 5,68  | -         | 8,05           | -          | -          | -                   | 8,02       | 6,18       | 5,08                | 9,93       | 6,11       | 5,72                | 0,00  |

| Series    | b     | $A_0$           |
|-----------|-------|-----------------|
| n = 30    | mm    | mm <sup>2</sup> |
| $\bar{x}$ | 6     | 24,00           |
| s         | 0,000 | 0,00            |
| v         | 0,00  | 0,00            |

## Test report

Customer : Specimen type :  
 Job no. : Pre-treatment :  
 Test standard : ASTM D 638 Tester :  
 Type and designation : Note :  
 Material : Machine data :  
 Specimen removal :

Pre-load : 0,1 MPa  
 Speed, tensile modulus : 5 mm/min  
 Test speed : 5 mm/min  
 Grip to grip separation at the start position : 407,00 mm  
 Elongation preselection, secant modulus : 1 %

### Test results:

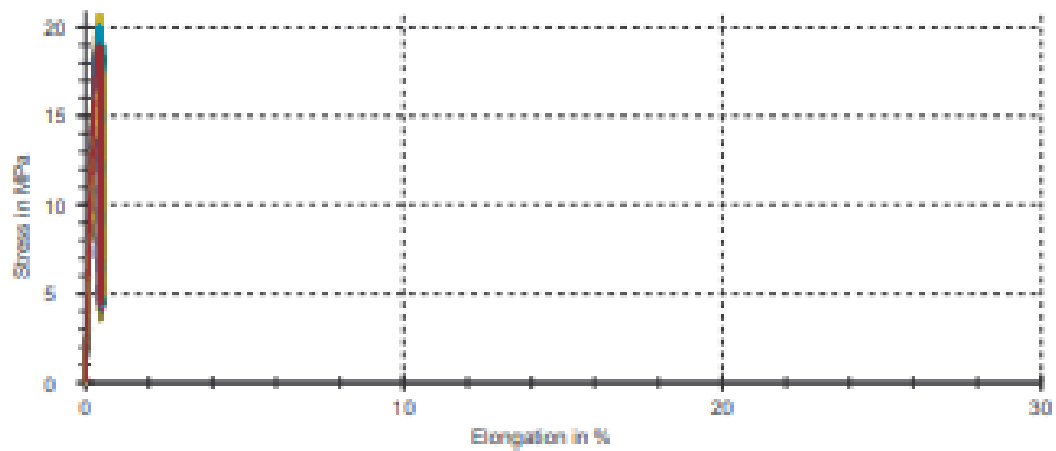
| No. | E <sub>t</sub><br>MPa | E <sub>sec</sub><br>MPa | σ <sub>0.2</sub><br>MPa | σ <sub>F</sub><br>MPa | ε <sub>F</sub><br>% | ε <sub>F (corr)</sub><br>% | σ <sub>0.4</sub><br>MPa | ε <sub>0.4</sub><br>% | ε <sub>0.4 (corr)</sub><br>% | σ <sub>0.5</sub><br>MPa | ε <sub>0.5</sub><br>% | ε <sub>0.5 (corr)</sub><br>% | h<br>mm | b<br>mm |
|-----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|---------|---------|
| 1   | 5380                  | -                       | 17,3                    | -                     | -                   | -                          | 17,3                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 2   | 5510                  | -                       | 18,8                    | -                     | -                   | -                          | 18,8                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 3   | 5180                  | -                       | 16,5                    | -                     | -                   | -                          | 16,5                    | 0,42                  | 0,43                         | 16,5                    | 0,42                  | 0,43                         | 4       | 6       |
| 4   | 5450                  | -                       | 17,8                    | -                     | -                   | -                          | 17,8                    | 0,42                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 5   | 5620                  | -                       | 18,2                    | -                     | -                   | -                          | 18,2                    | 0,39                  | 0,40                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 6   | 5490                  | -                       | 18,0                    | -                     | -                   | -                          | 18,1                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 7   | 6120                  | -                       | 20,7                    | -                     | -                   | -                          | 20,7                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 8   | 6000                  | -                       | 19,9                    | -                     | -                   | -                          | 19,9                    | 0,39                  | 0,40                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 9   | 5870                  | -                       | 19,1                    | -                     | -                   | -                          | 19,2                    | 0,42                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 10  | 5090                  | -                       | 15,9                    | -                     | -                   | -                          | 15,9                    | 0,39                  | 0,41                         | 15,9                    | 0,39                  | 0,41                         | 4       | 6       |
| 11  | 5840                  | -                       | 18,9                    | -                     | -                   | -                          | 19,0                    | 0,42                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 12  | 6030                  | -                       | 19,1                    | -                     | -                   | -                          | 19,2                    | 0,39                  | 0,38                         | 19,2                    | 0,39                  | 0,38                         | 4       | 6       |
| 13  | 4850                  | -                       | -                       | -                     | -                   | -                          | 14,3                    | 0,35                  | 0,36                         | 14,3                    | 0,35                  | 0,36                         | 4       | 6       |
| 14  | 5870                  | -                       | 19,7                    | -                     | -                   | -                          | 19,8                    | 0,40                  | 0,41                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 15  | 5630                  | -                       | 18,1                    | -                     | -                   | -                          | 18,2                    | 0,39                  | 0,40                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 16  | 5730                  | -                       | 19,8                    | -                     | -                   | -                          | 19,8                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 17  | 5110                  | -                       | 17,3                    | -                     | -                   | -                          | 17,3                    | 0,45                  | 0,44                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 18  | 5590                  | -                       | 17,9                    | -                     | -                   | -                          | 17,9                    | 0,42                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 19  | 5210                  | -                       | 16,9                    | -                     | -                   | -                          | 16,9                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 20  | 5690                  | -                       | 20,0                    | -                     | -                   | -                          | 20,1                    | 0,43                  | 0,44                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 21  | 5310                  | -                       | 16,3                    | -                     | -                   | -                          | 16,3                    | 0,37                  | 0,39                         | 16,3                    | 0,37                  | 0,39                         | 4       | 6       |
| 22  | 5770                  | -                       | 19,7                    | -                     | -                   | -                          | 19,8                    | 0,44                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 23  | 5630                  | -                       | 18,8                    | -                     | -                   | -                          | 18,8                    | 0,44                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 24  | 5410                  | -                       | -                       | -                     | -                   | -                          | 16,7                    | 0,37                  | 0,38                         | 16,7                    | 0,37                  | 0,38                         | 4       | 6       |
| 25  | 5350                  | -                       | 17,3                    | -                     | -                   | -                          | 17,3                    | 0,41                  | 0,41                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 26  | 5010                  | -                       | 14,7                    | -                     | -                   | -                          | 14,7                    | 0,36                  | 0,38                         | 14,7                    | 0,36                  | 0,38                         | 4       | 6       |
| 27  | 5700                  | -                       | 19,3                    | -                     | -                   | -                          | 19,3                    | 0,44                  | 0,45                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 28  | 5150                  | -                       | 16,3                    | -                     | -                   | -                          | 16,3                    | 0,42                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 29  | 5220                  | -                       | 16,9                    | -                     | -                   | -                          | 16,9                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 30  | 5820                  | -                       | 18,7                    | -                     | -                   | -                          | 18,7                    | 0,43                  | 0,42                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 31  | 5570                  | -                       | 17,8                    | -                     | -                   | -                          | 17,9                    | 0,41                  | 0,40                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 32  | 5330                  | -                       | 17,9                    | -                     | -                   | -                          | 17,9                    | 0,47                  | 0,47                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 33  | 5830                  | -                       | 18,9                    | -                     | -                   | -                          | 18,9                    | 0,40                  | 0,41                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 34  | 5780                  | -                       | 19,9                    | -                     | -                   | -                          | 19,9                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |
| 35  | 5380                  | -                       | 16,2                    | -                     | -                   | -                          | 16,2                    | 0,37                  | 0,38                         | 16,2                    | 0,37                  | 0,38                         | 4       | 6       |
| 36  | 5750                  | -                       | 19,0                    | -                     | -                   | -                          | 19,0                    | 0,42                  | 0,43                         | -                       | -                     | -                            | 4       | 6       |



| No. | A <sub>0</sub><br>mm <sup>2</sup> |
|-----|-----------------------------------|
| 1   | 24,00                             |
| 2   | 24,00                             |
| 3   | 24,00                             |
| 4   | 24,00                             |
| 5   | 24,00                             |
| 6   | 24,00                             |
| 7   | 24,00                             |
| 8   | 24,00                             |
| 9   | 24,00                             |
| 10  | 24,00                             |
| 11  | 24,00                             |
| 12  | 24,00                             |
| 13  | 24,00                             |
| 14  | 24,00                             |
| 15  | 24,00                             |
| 16  | 24,00                             |
| 17  | 24,00                             |
| 18  | 24,00                             |
| 19  | 24,00                             |
| 20  | 24,00                             |
| 21  | 24,00                             |
| 22  | 24,00                             |
| 23  | 24,00                             |
| 24  | 24,00                             |
| 25  | 24,00                             |
| 26  | 24,00                             |
| 27  | 24,00                             |
| 28  | 24,00                             |
| 29  | 24,00                             |
| 30  | 24,00                             |
| 31  | 24,00                             |
| 32  | 24,00                             |
| 33  | 24,00                             |
| 34  | 24,00                             |
| 35  | 24,00                             |
| 36  | 24,00                             |



## Series graph:

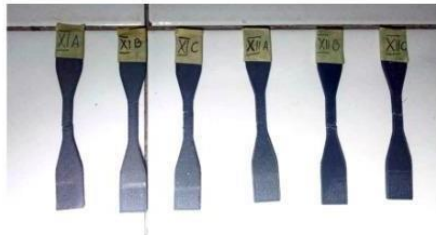
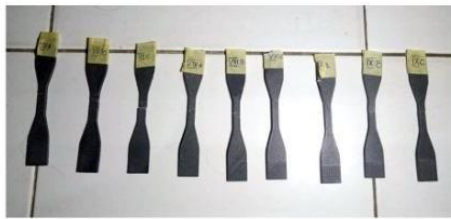


## Statistics:

| Series    | $E_t$ | $E_{t(ave)}$ | $\sigma_{0.2}$ | $\sigma_T$ | $\sigma_B$ | $\epsilon_T (mean)$ | $\epsilon_{0.2}$ | $\epsilon_B$ | $\epsilon_B (mean)$ | $\sigma_a$ | $\epsilon_a$ | $\epsilon_a (mean)$ | $\bar{h}$ |
|-----------|-------|--------------|----------------|------------|------------|---------------------|------------------|--------------|---------------------|------------|--------------|---------------------|-----------|
| n = 38    | MPa   | MPa          | MPa            | MPa        | %          | %                   | MPa              | %            | %                   | MPa        | %            | %                   | mm        |
| $\bar{x}$ | 5620  | -            | 18,2           | -          | -          | -                   | 18,0             | 0,41         | 0,42                | 18,2       | 0,38         | 0,39                | 4         |
| s         | 200   | -            | 1,41           | -          | -          | -                   | 1,54             | 0,028        | 0,022               | 1,40       | 0,022        | 0,021               | 0,000     |
| v         | 5,42  | -            | 7,78           | -          | -          | -                   | 8,55             | 6,43         | 5,32                | 0,10       | 5,75         | 5,33                | 0,00      |

| Series    | b     | $A_0$           |
|-----------|-------|-----------------|
| n = 38    | mm    | mm <sup>2</sup> |
| $\bar{x}$ | 8     | 24,00           |
| s         | 0,000 | 0,00            |
| v         | 0,00  | 0,00            |

**HASIL REPLIKASI PENGUJIAN TARIK 3D PRINTING**



### FOTO SUHU FILAMEN







## Turnitin Originality Report

Processed on: 19-Jan-2023 16:51 WIB  
 ID: 1995288023  
 Word Count: 9072  
 Submitted: 1

PA Riyan ASA 6 By Riyan Saputra

| Similarity Index | Similarity by Source  |
|------------------|---|
| 20%              | Internet Sources: 21%<br>Publications: 2%<br>Student Papers: 4% |

3% match (Internet from 28-Sep-2022)  
<https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/download/199/128/1490>

3% match (Internet from 05-Jan-2023)  
[https://www.researchgate.net/profile/Pristiansyah-Pristiansyah/publication/364225973\\_Pengaruh\\_Parameter\\_Proses\\_Pada\\_3D\\_Printing\\_FDM\\_Terhadap\\_Kekuatan\\_Tarik\\_Filament\\_ABS\\_CCTREE\\_Parameter-Proses-Pada-3D-Printing-FDM-Terhadap-Kekuatan-Tarik-Filament-ABS-CCTREE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Pristiansyah-Pristiansyah/publication/364225973_Pengaruh_Parameter_Proses_Pada_3D_Printing_FDM_Terhadap_Kekuatan_Tarik_Filament_ABS_CCTREE_Parameter-Proses-Pada-3D-Printing-FDM-Terhadap-Kekuatan-Tarik-Filament-ABS-CCTREE.pdf)

3% match (Internet from 28-Sep-2022)  
<https://123dok.com/document/y96xw0or-prosiding-seminar-nasional-inovasi-teknologi-terapan.html>

3% match (Internet from 28-Sep-2022)  
[http://repository.polman-babel.ac.id/eprint/415/1/11.%20ILHAM%20AKBAR\\_4TMMB\\_ANALISIS%20PENGUJIAN%20IMPAK%20METODE%20CHARPY%20MENGUJ](http://repository.polman-babel.ac.id/eprint/415/1/11.%20ILHAM%20AKBAR_4TMMB_ANALISIS%20PENGUJIAN%20IMPAK%20METODE%20CHARPY%20MENGUJ)

2% match (Internet from 28-Sep-2022)  
<https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/download/226/108/1497>

2% match ()  
 Mufarrih, AM., "Optimasi Multi Respon Dengan Metode Taguchi-Grey-Fuzzy Pada Proses Gurd Material Kevlar Fiber Reinforced Polymer (Kfrp) Yang Ditumpuk", 2015

2% match (Internet from 05-Jan-2023)  
<http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2396436&title=Optimasi+Parameter+Proses+pada+3D+Printing+FDM+terhadap+Akurasi+Dimensi+Filament+PLA+Food+Grade&v>

2% match (Internet from 22-Nov-2022)  
<https://core.ac.uk/download/pdf/225828155.pdf>

MAKALAH PROYEK AKHIR **ANALISA PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP KEKUATAN TARIK PRODUK HASIL 3D PRINTING** MENGGUNAKAN FILAMENT ASA ( Acrylonitrile Styrene Acrylate ) Diusulkan oleh WAHYU RIYAN SAPUTRA NIRM 1041960 POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG 2022 /2023 LEMBAR PERSETUJUAN MAKALAH JUDUL PROYEK AKHIR **ANALISA PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP KEKUATAN TARIK PRODUK HASIL 3D PRINTING** MENGGUNAKAN FILAMENT ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylonitrile) Diusulkan oleh WAHYU RIYAN SAPUTRA NIRM 1041960 MAKALAH INI TELAH DIKONSULTASIKAN DENGAN CALON DOSEN PEMBIMBING DAN SIAP UNTUK DISEMINARKAN Mengetahui, Pembimbing Utama : Pembimbing Pendamping : Pristiansyah, S.S.T.,M.Eng. Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T.,M.T. II PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT Yang bertanda tangan dibawah ini : Nama Mahasiswa : Wahyu Riyan Saputra Dengan Judul : **ANALISA PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP KEKUATAN TARIK PRODUK HASIL 3D PRINTING MENGGUNAKAN FILAMENT ASA** (Acrylonitrile Styrene Acrylonitrile) Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bahkan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku. Sungailat, 18,01,2023 Nama Mahasiswa Tanda Tangan 1. Wahyu Riyan Saputra Ili **ABSTRAK 3D Printing** artinya **Teknik additive manufacturing** bisa **digunakan** buat **membarui data computer aided design (CAD)** kemudian **dicetak dengan menambah material** hingga menghasilkan sebuah produk 3D. buat **mengetahui** dari sifat bahannya untuk mengadakan pengujian dengan bahan yang diuji, melakukan pengujian tarik berasal material tersebut. karena itu pengujian berasal bahan menggunakan metode 3d printing menggunakan uji tarik. sang sebab itu penelitan menggunakan metode taguchi yg digunakan berdasarkan penilaian berasal penelitian yang dilakukan buat **mengetahui** **impak terhadap respon** yg dilakukan. Maka **penelitian ini dilakukan** buat **mengoptimalkan parameter proses 3D printing**, menggunakan **filament asa terhadap kekuatan tarik** memakai **metode taguchi**, sistem FDM juga digunakan sebagai rapid prototyping dengan polimer sebagai materialnya. di penelitian ini filamen yg digunakan artinya filamen harapan (Acrylonitrile Styrene Acrylate), metode yg dipergunakan dalam studi optimasi parameter proses ini adalah metode Taguchi L9 OA. Filament harapan menggunakan parameter berbeda menggunakan metode taguchi,mengetahui seberapa pengaruhnya dalam percetakan dengan filament asa. akibat **penelitian menunjukkan parameter yang optimal terhadap uji tarik menggunakan filamen asa yaitu** : suhu nozzel(240°C), bed **temperature**(50°C), print speed (60mm/s), colling speed(50°C). **Penelitian ini bertujuan** buat **mengetahui parameter proses yang paling optimal** dengan parameter yg **digunakan**, sebab itu perlu dilakukan suatu pengujian buat **mengetahui besarnya kekuatan** di spesimen yg didapatkan teknologi 3D printing. 3D Printing artinya Teknik additive manufacturing bisa dipergunakan buat **mengubah data computer aided design (CAD)** lalu dicetak **dengan menambah material sampai** menghasilkan **sebuah produk 3D**. buat **mengetahui** dari sifat bahannya buat mengadakan pengujian dengan bahan yang diuji, melakukan pengujian tarik asal material tersebut. karena itu pengujian berasal bahan dengan metode 3d printing dengan uji tarik. sang karena itu penelitan menggunakan metode taguchi yg digunakan **berdasarkan evaluasi dari penelitian yang dilakukan** untuk **mengetahui** **impak terhadap respon yang iv dilakukan**. Maka **penelitian ini dilakukan** buat **mengoptimalkan parameter proses 3D printing**, memakai **filament asa terhadap kekuatan tarik menggunakan metode taguchi**, sistem FDM pula dipergunakan sebagai rapid prototyping dengan polimer sebagai materialnya. pada penelitian ini filamen yg dipergunakan merupakan filamen asa (Acrylonitrile Styrene Acrylate), metode yang digunakan dalam studi optimasi parameter proses ini artinya metode Taguchi L9 OA. Filament asa dengan parameter tidak sinkron menggunakan metode taguchi,mengetahui seberapa pengaruhnya dalam percetakan menggunakan filamen harapan. akibat penelitian memberikan parameter yg **optimal terhadap uji tarik menggunakan filamen asa yaitu** : suhu nozzel(240°C), bed **temperature**(50°C), print speed (60mm/s), colling speed(50°C). **Penelitian ini bertujuan** buat **mengetahui parameter proses yang paling optimal** dengan parameter yg dipergunakan, sebab itu perlu dilakukan suatu pengujian buat **mengetahui besarnya kekuatan** di spesimen yg didapatkan teknologi 3D printing. **ABSTRACT 3D Printing** means that **additive manufacturing techniques can be used to modify computer aided design (CAD) data and then print it by adding materials** to produce a 3D product. To find out from the properties of the material to do a test with the material being tested, do a tensile test of the material. because of that the test comes from the material using the 3d

SHOT ON OPPO



**JITT :**

**JURNAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN  
POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BANGKA BELITUNG**  
Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat – Bangka 33211, Telp (0717)93586, Fax (0717)93585  
website : <https://jitt.polman-babel.ac.id>

e-ISSN : XXXX-XXXX

**SURAT KETERANGAN**  
Nomor : 011/PL.28.C/PB/2023

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“PENGARUH PARAMETER TERHADAP KEKUATAN  
TARIK PRODUK HASIL 3D *PRINTING* MENGGUNAKAN  
FILAMENTASA (*ACRYLONITE STYRENE ACRYLATE*)”**

Atas nama :

Penulis : **WAHYU RIYAN SAPUTRA, ZALDY SIRWANSYAH SUZEN,  
PRISTIANSYAH**

Afiliasi : **POLITEKNIK MANUFaktur NEGERI BANGKA BELITUNG**

Telah mengirimkan artikel dengan status *Submit* di Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT)  
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada Tanggal 11 Januari 2023.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 12 Januari 2023  
Kepala P3KM,

**Dr. Parulian Silalahi, M.Pd D**  
NIP. 1901010201640006



# ANALISA PENGARUH PARAMETER TERHADAP UJI TARIK PRODUK HASIL 3D PRINTING MENGGUNAKAN FILAMENT ASA (ACRYLONITE STYRENE ACRYLATE)

Wahyu Rijan Saputra

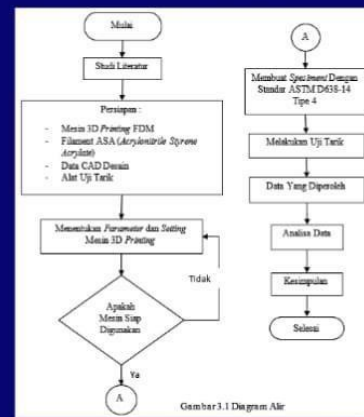
Dosen Pembimbing 1:  
Pristiansyah, S.S.T., M.Eng

Dosen Pembimbing 2:  
Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T

## LATAR BELAKANG

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, maka penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan parameter proses 3D printing dengan lima variasi parameter proses yaitu nozzle temperature (°C), bed temperature (°C), print speed (mm/s), cooling speed (°C), dan tebal layer (mm). Dengan menggunakan metode Taguchi L27 OA untuk mencetak produk menggunakan filament ASA dalam pengujian tarik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter proses optimal bagi mesin 3D printing FDM, penelitian ini menggunakan metode Taguchi, menurut (Soejanto, 2009). Metode Taguchi bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan sumber daya seminimal mungkin.

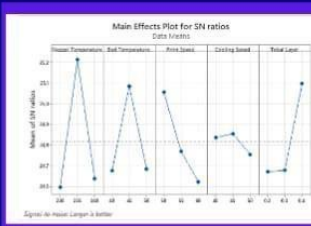
## METODE PENELITIAN



## PENGUJIAN

Grafik S/N Rasio :

|       | Nozzle Level | Bed Temperature | Print Speed | Cooling Speed | Tebal Layer |
|-------|--------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|
| 1     | 17,01        | 17,21           | 17,90       | 17,50         | 17,17       |
| 2     | 18,27        | 17,89           | 17,53       | 17,58         | 17,21       |
| 3     | 17,13        | 17,21           | 17,12       | 17,33         | 18,03       |
| Delta | 1,26         | 0,78            | 0,83        | 0,24          | 0,87        |
| Rank  | 1            | 4               | 3           | 5             | 2           |




## HASIL RATA-RATA PENGUJIAN

| No | A    | B    | C    | Rata-rata |
|----|------|------|------|-----------|
| 1  | 15,4 | 16,9 | 16,5 | 17,27     |
| 2  | 16,2 | 16,7 | 16,4 | 16,44     |
| 3  | 18,2 | 18,7 | 18,3 | 18,73     |
| 4  | 17,4 | 17,4 | 17,8 | 17,54     |
| 5  | 17,8 | 17,2 | 17,3 | 17,43     |
| 6  | 17,2 | 18,7 | 18,1 | 17,94     |
| 7  | 16,7 | 20,0 | 17,4 | 18,04     |
| 8  | 17,0 | 17,0 | 16,5 | 16,51     |
| 9  | 17,2 | 17,8 | 17,5 | 17,50     |
| 10 | 17,9 | 17,7 | 18,1 | 17,88     |
| 11 | 18,7 | 18,2 | 18,0 | 18,34     |
| 12 | 18,5 | 18,0 | 18,6 | 18,34     |
| 13 | 20,0 | 17,1 | 18,1 | 18,73     |
| 14 | 17,8 | 18,5 | 18,7 | 17,99     |
| 15 | 17,6 | 17,7 | 17,0 | 16,94     |
| 16 | 17,3 | 18,9 | 18,5 | 17,90     |
| 17 | 17,3 | 18,2 | 18,0 | 17,83     |
| 18 | 20,7 | 18,0 | 18,1 | 18,93     |
| 19 | 18,0 | 18,4 | 18,1 | 18,10     |
| 20 | 16,7 | 18,7 | 18,1 | 17,96     |
| 21 | 18,0 | 17,3 | 17,9 | 18,07     |
| 22 | 17,0 | 18,0 | 18,3 | 17,77     |
| 23 | 18,7 | 18,8 | 18,7 | 18,73     |
| 24 | 17,9 | 16,7 | 18,0 | 17,52     |
| 25 | 18,1 | 18,9 | 18,7 | 17,94     |
| 26 | 17,8 | 17,8 | 18,9 | 18,50     |
| 27 | 18,9 | 18,2 | 18,0 | 18,37     |

## HASIL & KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa hasil pengujian tarik dari 5 parameter proses yang diuji yaitu : nozzle temperature, bed temperature, print speed, cooling speed, tebal layer dengan tiga level faktor terdapat berpengaruh pada pengujian kekuatan tarik terhadap faktor tersebut. Urutan faktor paling berpengaruh terhadap filamen ASA berturut yaitu : Nozzle temperature, bed temperature, print speed, cooling speed, tebal layer. Nilai kekuatan tarik paling kuat terjadi pada spesimen ke 3 desain faktorial taguchi L27, yaitu nozzle temperature (240°C), bed temperature (50°C), print speed (60mm/s), cooling speed (50°C) dan tebal layer (0,4), dengan kekuatan tarik dari 3 pengujian sebesar 18, 64 Mpa.

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



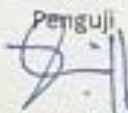
FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK  
2022 / 2023

JUDUL : Analisa Pengaruh Parameter Terhadap Kekuatan Tarik Paduk Hasil 3D Printing menggunakan Filamen ASA

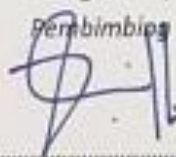

Nama Mahasiswa : 1. Wahya Rizki Saputra NIM: 1091560  
 2. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_

| Bagian yang direvisi   | Halaman |
|--|---------|
| 1. Perhatikan tulisan & typo   | 14 & 15 |
| 2. Konsistensi penyusunan bab/isi/istilah.                             | 15      |
| 3. Parameter salah alih. diperbaiki                                    |         |
| 4. Sample juga dalam 1 file saat rabi / video & gambar<br>ditawa juga. | ✓       |
| 5. Lihat makalah minggu = penguji.                                     | -0-     |
|  |         |
|  |         |
|  |         |

Sungailiat, 26-01-2023

Penguji  
  
 (.....PRISTIANSJAH.....)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

|   |  |
|---|--|
| Mengetahui,<br>Pembimbing<br><br>(.....) | Sungailiat, .....<br>Penguji<br><br>(.....) |
|---|--|

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



FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK  
2022 / 2023

JUDUL : Analisa Pengaruh Parameter terhadap Kekuatan Tensile Produk Hasil 3D Printing menggunakan Filamen PLA

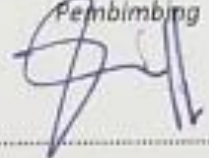

Nama Mahasiswa :  
1. Wahyu Rian Saputra NIM: 1041960  
2. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_  
3. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_  
4. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_  
5. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_

| Bagian yang direvisi | Halaman |
|----------------------|---------|
| Bab 1                |         |
| ↓                    |         |
|                      |         |
| Bab V                |         |
| kenapa               |         |
| Daptor Isi           |         |
| Daptor Lampiran      |         |

} Lihat pada masalah.

Sungailiat, 26-01-2023  
Penguji  
Zaldy Kurniawan

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

|   |   |
|---|---|
| Mengetahui,<br>Pembimbing<br><br><br>(.....) | Sungailiat, <u>7-2-2023</u><br>Penguji<br><br><u>Zaldy Kurniawan</u> |
|---|---|

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



FORM REVISI LAPORAN AKHIR  
TAHUN AKADEMIK

...../...../.....

JUDUL : Analisa pengaruh parameter balokap ketebalan Terek  
peredat hasil 30 prototipe menggunakan Plan  
ASA

Nama Mahasiswa : 1. Wahyu Kiyon Saputra NIM: 1011960  
 2. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_  
 3. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_  
 4. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_  
 5. \_\_\_\_\_ NIM: \_\_\_\_\_

| Bagian yang direvisi   | Halaman |
|--|---------|
| 1. Cat Perencanaan Proyek Akhir, sesuaikan.                    |         |
| 2. Bab III tambah metode penelitian.                           |         |
| 3. Lampiran ditambah (foto per eksperimen).                    |         |
| 4. Simulasi. <span style="float: right;">Sugra, Kpludai</span> |         |
| 5. Spanduk Plan ASA  |         |
| 6. Cek format dan layout                                       |         |
|  |         |
|  |         |
|  |         |

Sunggailiat, 26-1-2023  
 Penguji  
  
 (Mudi Oktomadi)

Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa

|  |  |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">Mengetahui,<br/>Pembimbing</p> <br>(.....) | <p style="text-align: center;">Sunggailiat, .....</p> <p style="text-align: center;">Penguji</p> <br>(Yudi Oktomadi) |
|--|--|

