



**ANALISIS KEMAMPUAN UJI TARIK DENGAN SPESIMENT PLA
MENGUNAKAN ALAT UJI TARIK MINI BERBASIS ARDUINO**

SKRIPSI

**FERNANDA AXEL HERLAMBANG
18650037**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
2024**



**ANALISA KEMAMPUAN UJI TARIK DENGAN SPESIMENT PLA
MENGUNAKAN ALAT UJI TARIK MINI BERBASIS ARDUINO**

SKRPSI

**Diajukan kepada Fakultas Teknik dan Informatika
Universitas PGRI Semarang Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

FERNANDA AXEL HERLAMBANG

NPM 18650037

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

2024

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

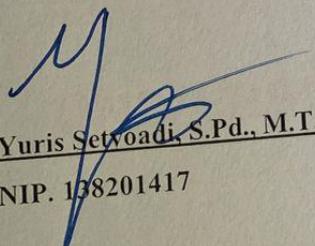
ANALISA KEMAMPUAN UJI TARIK DENGAN SPESIMENT PLA
MENGUNAKAN ALAT UJI TARIK MINI BERBASIS ARDUINO

Disusun dan diajukan oleh
FERNANDA AXEL HERLAMBANG
18650037

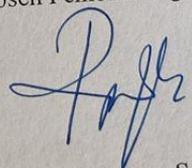
“Telah disetujui oleh pembimbing untuk dilanjutkan dihadapan Dewan Penguji”
Pada tanggal: 3 Juli 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I,


Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T.
NIP. 138201417

Dosen Pembimbing II,


Rifki Hermana, S.T., M.T.
NIP. 208001557

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA KEMAMPUAN UJI TARIK DENGAN SPESIMENT PLA
MENGUNAKAN ALAT UJI TARIK MINI BERBASIS ARDUINO

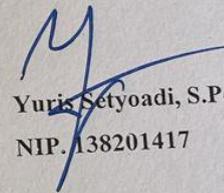
Disusun dan diajukan oleh
FERNANDA AXEL HERLAMBANG
18650037

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 11 Juli 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

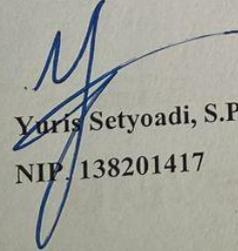


Abu Leo Husodo, S.T., M.T.
NIP. 136901387

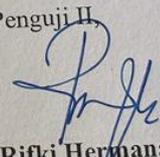
Sekretaris,


Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T.
NIP. 138201417

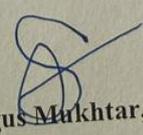
Penguji I,


Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T.
NIP. 138201417

Penguji II,


Rifki Hermiana, S.T., M.T.
NIP. 208001557

Penguji III,


Agus Mukhtar, S.Pd., M.T.
NIP. 0622088101

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

1. Hidup adalah pilihan, kita harus siap mempertanggungjawabkan pilihan tersebut apapun yang terjadi, terkadang kita harus mengalah dalam kondisi tertentu, karena mengalah belum tentu kita kalah, dan jadilah seperti air yang bisa mengikuti bentuk apapun wadahnya.
2. "Jadikanlah Sholat dan sabar sebagai penolongmu, Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang" yang khusyu'. (Q.S Al – Baqarah : 45).

Persembahan :

Ku persembahkan skripsi ini untuk :

1. Kedua Orang Tua tercinta, Adek-Adeku, serta keluarga yang lain.
2. Dosen Pembimbing, Wali Dosen, seluruh Dosen Telnin Mesin UPGRIS dan pengelola Laboratorium.
3. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 18
4. Almamater tercinta Universitas PGRI Semarang

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fernanda Axel Herlambang
Tempat/Tanggal Lahir : Semarang, 19 November 1999
Jenis Kelamin : Laki – laki
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik dan Informatika
Judul Skripsi : **ANALISA KEMAMPUAN UJI TARIK DENGAN
SPESIMENT PLA MENGGUNAKAN ALAT UJI
TARIK MINI BERBASIS ARDUINO**

Dosen Pembimbing

1. Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T.
2. Rifki Hermana, S.T., M.T.

Menyatakan bahwa karya ini adalah benar karya saya sendiri, bebas dari mengcopy/plagiatan. Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ternyata ditemukan ketidak benaran, maka saya bersedia dituntut di dalam maupun di luar pengadilan serta menanggung segala resikonya.

Demikian pernyataan ini saya buat sebagai tanggung jawab formal untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 30 Mei 2024

Yang bersangkutan,

Fernanda Axel Herlambang
18650037

ABSTRAK

Uji tarik merupakan salah satu pengujian mekanis yang paling umum digunakan dibandingkan dengan pengujian mekanis lainnya. Pada dasarnya untuk melakukan pengujian, selain diperoleh benda kerja yang rusak akibat proses *drawing*, juga dihasilkan kurva atau angka uji tarik. Dari latarbelakang pada penelitian ini muncul sebuah permasalahan yaitu mengetahui kualitas spesimen material PLA terhadap pengaruh suhu terhadap kekuatan tarik menggunakan alat uji tarik mini berbasis arduino type ASTM. Solusi dari penelitian adalah melakukan pengujian dengan beberapa variabel variasi suhu pencetakan spesimen PLA dengan 3D printer dan metode pengering *Dryer Box* dan *Non Dryer Box*. Hasil didapatkan dari penelitian ini adalah perbedaan *nozzle temperature* akan memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik produk 3D printing menggunakan filamen *polylactic acid* (PLA) dengan nilai kekuatan tarik tertinggi yang terdapat pada penelitian ini sebesar 17243.9 Pa yang menggunakan *nozzle temperature* 200°C. Sedangkan, nilai kekuatan tarik terendah sebesar 16615.7 Pa yang menggunakan *nozzle temperature* sebesar 210°C.

Kata kunci: Uji tarik, Spesimen, *Polylactic Acid* (PLA)

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, peneliti dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi dengan lancar. Skripsi yang berjudul “**Analisa Kemampuan Uji Tarik Dengan Spesiment PLA Menggunakan Alat Uji Tarik Mini Berbasis Arduino**” ini disusun untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Penyusun Skripsi ini tidak lepas dari hambatan dan rintangan serta kesulitankesulitan. Namun berkat bimbingan, bantuan, dan dorongan serta saran-saran dari berbagai pihak, khususnya pembimbing, segala hambatan dan rintangan serta kesulitan tersebut dapat teratasi dengan baik. Oleh karena itu dalam kesempatan ini dengan tulus hati penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu **Dr. Sri Suciati, M.Hum** Rektor Universitas PGRI Semarang yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu di Universitas PGRI Semarang.
2. **Ibnu Toto Husodo, S.T., M.T.**, Dekan Fakultas Teknik dan Informatika yang telah memberikan izin penulis untuk melakukan penelitian.
3. **Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T.**, Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang dan selaku pembimbing I yang telah menyetujui topik skripsi penulis serta selalu mengarahkan penulis dengan penuh ketekunan dan kecermatan.
4. **Rifki Hermana, S.T., M.T.** selaku pembimbing II yang telah membimbing penulis dengan penuh dedikasi yang tinggi.
5. Seluruh dosen Fakultas Teknik, khususnya Jurusan Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang atas segala ilmu yang diberikan.
6. Kedua Orang tua beserta saudara yang telah memberikan do'a dan dukungan selama proses penyusunan skripsi.
7. Teman-teman Prodi Teknik Mesin Angkatan 2018 yang senantiasa membantu penulis.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan.

Penulis mohon maaf atas segala kesalahan yang pernah dilakukan. Semoga skripsi dapat memberikan manfaat untuk mendorong penelitian-penelitian selanjutnya.

Semarang, 30 Mei 2024

Fernanda Axel Herlambang

NPM. 18650037

DAFTAR ISI

SAMPUL DEPAN	i
SAMPUL LUAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vi
ABSTRAK	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Perumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
1.7 Penegasan Istilah	5
1.8 Sistematik Skripsi	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Landasan Teori	10
2.3 Kerangka Berpikir	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Pendekatan Penelitian.....	29
3.2 Lokasi/Fokus Penelitian	29
3.3 Variabel Penelitian	30

3.4 Desain Penelitian	31
3.5 Proses Eksperimen.....	33
3.6 Teknik Pengumpulan Data	37
3.7 Teknik Analisa Data	39
3.8 Jadwal Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil.....	41
4.2 Pembahasan	46
BAB V PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Uji Tarik	12
Gambar 2.2 Filament PLA	13
Gambar 2.3 Diagram Blok dan Struktur Mikrokontroler.....	14
Gambar 2.4 Program Python.....	16
Gambar 2.5 Program PHP.....	17
Gambar 2.6 Program JavaScript	18
Gambar 2.7 Program Java.....	19
Gambar 2.8 Program Bahasa C.....	20
Gambar 2.9 Arduino Uno.....	21
Gambar 2.10 <i>Interface Arduino IDE</i>	22
Gambar 2.11 Modul HX711	23
Gambar 2.12 <i>Load Cell</i>	25
Gambar 2.13 Grafik Sumber Tegangan <i>Load Cell</i>	26
Gambar 2.14 <i>Dryer Box</i>	27
Gambar 2.15 Kerangka Berpikir	29
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	32
Gambar 3.2 Desain 3D.....	33
Gambar 3.3 Blok Diagram	35
Gambar 4.1 Alat Uji Tarik Mini Berbasis Arduino	39
Gambar 4.2 Dimensi Spesimen <i>Designation: D638 – 14</i>	40
Gambar 4.3 Pencetakan Spesimen Dengan <i>Software Repitier</i>	40
Gambar 4.4 Konfigurasi <i>Software Repitier</i>	41
Gambar 4.5 Grafik Kalibrasi <i>Load Cell</i>	42
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian <i>Nozzle Temperature 200°C</i>	44
Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian <i>Nozzle Temperature 205°C</i>	45
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian <i>Nozzle Temperature 210°C</i>	46
Gambar 4.9 Grafik Rata-rata Nilai Kekuatan Tarik.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi HX711	23
Tabel 2.2 Pin HX711	24
Tabel 3.1 Alat yang digunakan	34
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan	34
Tabel 3.3 Pengujian Spesiment PLA <i>Non Dryer</i>	37
Tabel 3.4 Pengujian Spesiment PLA dengan <i>Dryer</i> 40°C	37
Tabel 3.4 Pengujian Spesiment PLA dengan <i>Dryer</i> 50°C	37
Tabel 3.5 Jadwal Penelitian.....	38
Tabel 4.1 Pengujian Spesiment PLA <i>Non Dryer</i>	42
Tabel 4.2 Pengujian Spesiment PLA dengan <i>Dryer</i> 40°C	43
Tabel 4.3 Pengujian Spesiment PLA dengan <i>Dryer</i> 50°C	43

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L.1 Spesimen PLA <i>Non Dryer</i>	55
Gambar L.2 Spesimen PLA <i>Dryer</i> Suhu 40°C	55
Gambar L.3 Spesimen PLA <i>Dryer</i> Suhu 50°C	55
Gambar L.4 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 200°C (19063 MPa)	56
Gambar L.5 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 200°C (18991 MPa)	56
Gambar L.6 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 200°C (18774 MPa)	56
Gambar L.7 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 200°C (18002 MPa)	57
Gambar L.8 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 200°C (17091 MPa)	57
Gambar L.9 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 200°C	57
Gambar L.10 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 205°C (18737 MPa)	58
Gambar L.11 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 205°C (18230 MPa)	58
Gambar L.12 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 205°C (18067 MPa)	58
Gambar L.13 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 205°C (17960 MPa)	59
Gambar L.14 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 205°C (15976 MPa)	59
Gambar L.15 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 205°C	59
Gambar L.16 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 210°C (17606 MPa)	60
Gambar L.17 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 210°C (17343 MPa)	60
Gambar L.18 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 210°C (17464 MPa)	60
Gambar L.19 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 210°C (16385 MPa)	61
Gambar L.20 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 210°C (15663 MPa)	61
Gambar L.21 Hasil Uji Tarik <i>Non Dryer</i> Suhu <i>Extruder</i> 210°C	61
Gambar L.22 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C (17359 MPa) ...	62
Gambar L.23 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C (17296 MPa) ...	62
Gambar L.24 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C (16736 MPa) ...	62
Gambar L.25 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C (17078 MPa) ...	63
Gambar L.26 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C (16968 MPa) ...	63
Gambar L.27 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C	63
Gambar L.28 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C (17148 MPa) ...	64
Gambar L.29 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C (16862 MPa) ...	64

Gambar L.30 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C (17200 MPa) ...	64
Gambar L.31 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C (17070 MPa) ...	65
Gambar L.32 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C (14925 MPa) ...	65
Gambar L.33 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C.....	65
Gambar L.34 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C (17643 MPa) ...	66
Gambar L.35 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C (17023 MPa) ...	66
Gambar L.36 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C (17021 MPa) ...	66
Gambar L.37 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C (16841 MPa) ...	67
Gambar L.38 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C (16841 MPa) ...	67
Gambar L.39 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 40°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C.....	67
Gambar L.40 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C (16662 MPa) ...	68
Gambar L.41 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C (16378 MPa) ...	68
Gambar L.42 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C (16541 MPa) ...	68
Gambar L.43 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C (16186 MPa) ...	69
Gambar L.44 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C (15534 MPa) ...	69
Gambar L.45 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 200°C.....	69
Gambar L.46 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C (17095 MPa) ...	70
Gambar L.47 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C (16152 MPa) ...	70
Gambar L.48 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C (16367 MPa) ...	70
Gambar L.49 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C (15574 MPa) ...	71
Gambar L.50 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C (14448 MPa) ...	71
Gambar L.51 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 205°C.....	71
Gambar L.52 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C (15756 MPa) ...	72
Gambar L.53 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C (15918 MPa) ...	72
Gambar L.54 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C (16255 MPa) ...	72
Gambar L.55 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C (16166 MPa) ...	73
Gambar L.56 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C (16078 MPa) ...	73
Gambar L.57 Hasil Uji Tarik <i>Dryer</i> 50°C Suhu <i>Extruder</i> 210°C.....	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Uji tarik merupakan salah satu pengujian mekanis yang paling umum digunakan dibandingkan dengan pengujian mekanis lainnya. Pada dasarnya untuk melakukan pengujian, selain diperoleh benda kerja yang rusak akibat proses *drawing*, juga dihasilkan kurva atau angka uji tarik. Kurva ini merupakan gambaran proses pembebanan pada benda kerja dari penarikan awal hingga penghancuran benda kerja, kurva uji tarik ini dapat menghasilkan beberapa data tentang sifat mekanik material. Data-data tersebut adalah kekuatan tarik ultimit kekuatan luluh atau *yield strength elongasi elastisitas* dan reduksi luas. Pengujian tarik terutama dilakukan untuk melengkapi informasi desain dasar tentang kekuatan suatu material dan sebagai data pendukung untuk spesifikasi material khususnya pada penelitian ini adalah material filament PLA (*Polylactic Acid*). Pada pengujian tarik benda yang diuji menerima beban tarik aksial yang kontinyu dengan mengamati perpanjangan benda yang diuji data sifat mekanik material ini akan digunakan dalam desain uji tarik (Aslah et al., 2017).

Material PLA (*Polylactic Acid*) adalah poliester alifatik termoplastik bersifat biodegradable dan bioaktif yang berasal dari sumber daya alam terbarukan seperti jagung, tapioka, kentang, tepung kanji dan tebu. Pada tahun 2010, konsumsi PLA menduduki urutan tertinggi kedua diantara bioplastik di seluruh dunia (Pasaribu et al., 2021). Bioplastik adalah plastik atau polimer yang secara alamiah dapat dengan mudah terdegradasi baik melalui serangkaian mikroorganisme maupun oleh cuaca. Polimer sintetis seperti PLA dan Polyglycolida (PGA) memiliki sifat mekanik yang tinggi, meski demikian, interaksinya dengan sel sangat buruk serta memiliki produk degradasi asam (Gunatillake & Adhikari, 2003). Meskipun demikian, penggunaan beberapa kombinasi biokeramik dan polimer, komposit yang dioptimalkan dapat memanfaatkan keuntungan dari masing-masing material yang ditambahkan

dalam komposit tersebut. Selain itu dari sudut pandang biomimetik, komposit tulang sintetis harus menyerupai mimik alami tulang baik secara mekanik maupun sifat osteogenik untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Adapun beberapa penelitian yang membahas tentang optimalisasi dan pengaruh parameter proses mesin 3D printer untuk menghasilkan produk dengan kekuatan tarik yang optimal telah banyak dilakukan. (Nugroho, et al., 2019) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh parameter proses optimal terhadap sifat mekanik dari produk hasil pencetakan 3D Printing yang menggunakan filamen PLA. Parameter proses yang diujikan pada penelitian ini memiliki 3 level variasi, dengan parameter proses yang digunakan seperti: penanganan pada material mentah PLA dengan menggunakan *dryer* dan perbedaan nozzle temperature.

Berdasarkan permasalahan pada uraian latar belakang diatas penulis ingin merancang sebuah alat uji tarik berbasis arduino dengan nama **“Pengujian Kemampuan Uji Tarik Dengan Spesiment PLA Menggunakan Alat Uji Tarik Mini Berbasis Arduino”**. Dengan menggunakan sensor *Load Cell* yang berfungsi sebagai titik tumpu dalam proses uji tarik yang dapat melakukan pembacaan beban yang ditarik oleh motor. *Load Cell* menggunakan sistem perangkat elektronik pengolahan data yang menjadi sebuah kurva tegangan regangan. Data-data yang diperoleh tersebut berupa besarnya pembebanan, besarnya perpanjangan dan perubahan luas penampang yang terjadi pada benda kerja. Oleh karena itu bagaimanapun faktor manusia sangat dominan untuk memperoleh hasil dari pengujian ini. Pembebanan dan perubahan panjang benda kerja inilah yang nantinya akan dikonversikan ke dalam kurva uji tarik. Oleh karena itu penulis akan membahas masalah yang di hadapi oleh sebuah industri atau pribadi untuk menentukan material PLA dengan metode pengering menggunakan *Dryer Box* dan menggunakan tipe spesimen standarisasi Amerika yaitu ASTM E8 (Jamaludin, 2018).

Alat uji tarik disini menggunakan rancangan berbasis teknologi arduino merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Uji tarik

mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji dengan jenis ASTM E8/ASTM E8M (Tuerah et al., 2021).

ASTM E8/ASTM E8M mencantumkan spesimen data standar untuk logam lembaran dan logam lembaran tipis, untuk produk tubular, untuk pegangan spesimen khusus, dan spesimen bulat standar untuk produk logam lainnya, dan menentukan panjang pengukur awal yang sesuai yang dirujuk oleh semua nilai regangan. Dengan beberapa pengecualian, semua dimensi yang diperlukan untuk persiapan spesimen ditentukan, atau dimensi minimum ditunjukkan (Firmansyah, 2020).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan peneliti dapat diidentifikasi antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui kualitas spesimen material PLA terhadap pengaruh suhu.
2. Uji tarik menggunakan tipe ASTM menggunakan alat uji tarik mini berbasis arduino.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus dan tidak meluas dari pembahasan yang dimaksudkan oleh penulis, maka skripsi ini diberikan batasan antara lain:

1. Uji tarik menggunakan alat uji tarik mini berbasis arduino.
2. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kekuatan tarik pada material Polylactic Acid (PLA).
3. Spesimen yang digunakan menggunakan bahan PLA dengan metode pengering menggunakan *Dryer Box* dan non *Dryer Box*.
4. Pengaturan suhu *Dryer Box* menggunakan variasi suhu 40°C dan 50°C.

5. Proses pencetakan produk 3D printing menggunakan mesin 3D printer Anet ET4 dengan aplikasi atau software pendukung yaitu Ultimaker Cura 4.10.0.
6. Variasi parameter yang diujikan penelitian ini adalah *nozzle temperature* dan orientasi sudut pencetakan vertikal sebesar 0°.
7. Variasi parameter seperti *nozzle temperature* berada pada rentang spesifikasi temperatur sesuai dengan jenis filamen yang digunakan yaitu 200°C, 205°C dan 210°C.
8. Dimensi spesimen uji merujuk pada standar Amerika dengan ASTM E8.

1.4 Perumusan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, rumusan masalah yang dikemukakan adalah bagaimana pengaruh parameter proses optimal terhadap sifat mekanik dari produk hasil pencetakan 3D Printing terhadap kekuatan tarik dengan menggunakan filamen *polylactic acid* (PLA)?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas spesimen terhadap kekuatan tarik produk 3D printing dengan material filamen *Polylactic Acid* (PLA) tanpa *dryer* dan menggunakan *dryer* dengan suhu 40°C, 50°C. Dan dengan suhu *nozzle* 200°C, 205°C, 210°C.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi dunia pendidikan khususnya ilmu Teknologi dalam kawasan pengembangan perkembangan kemajuan saat ini dan pemanfaatan pengembangan media informasi di perpustakaan dalam memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas pembelajaran terutama dalam penyelesaian karya tulis ilmiah.

2. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang terkait dalam penelitian ini, diantaranya:

- a. Sebagai masukan bagi mahasiswa dalam pengembangan ilmu teknologi khususnya dalam pengembangan pusat sumber belajar yakni perpustakaan, terutama pemanfaatan *respository* sebagai media untuk memperlancar penyelesaian menulis skripsi
- b. Bagi peneliti diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat sebagai cara mengamalkan ilmu pada waktu kuliah dengan melakukan penelitian dalam rangka menyelesaikan pendidikan serta memberikan pengetahuan kepada peneliti mengenai pemanfaatan pada dunia teknologi.
- c. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti lain yang akan mengangkat tema yang sama namun dengan sudut pandang yang berbeda.

1.7 Penegasan Istilah

Untuk menghindari terjadinya pembahasan yang melebar, kesalahpahaman interpretasi serta memudahkan pemahaman tentang judul tersebut di atas, maka penulis merasa perlu untuk memberikan pembahasan istilah yang terdapat dalam judul ini:

1. Uji Tarik

Uji Tarik (*Tensile Test*) adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan (kekuatan tarik) suatu material/bahan dengan cara memberikan beban (gaya statistik) yang sesumbu dan diberikan secara lambat atau cepat. Diperoleh hasil sifat mekanik dari pengujian ini berupa kekuatan dan elastisitas dari material/bahan (Firmansyah, 2020).

2. Spesimen

Spesimen merupakan contoh atau keseluruhan bagian dari kelompok bahan yang akan diuji, pada penelitian ini spesimen yang akan digunakan adalah standar ASTM E8 dengan bahan filament PLA. Standar ASTM E8 / ASTM E8M menjelaskan pengujian tarik uniaksial logam pada suhu kamar

dan penentuan nilai karakteristik termasuk *yield strength*, *yield point*, pemanjangan titik luluh, *tensile strength*, *strain at break* dan *reduction area*. Nilai tersebut dapat digunakan untuk membuat prediksi tentang kekuatan dan ketangguhan material. (Azissyukhron & Hidayat, 2018)

3. *Polylactic Acid* (PLA)

Polylactic Acid (PLA) adalah poliester alifatik termoplastik bersifat biodegradable dan bioaktif yang berasal dari sumber daya alam terbarukan seperti jagung, tapioka, kentang, tepung kanji dan tebu. Pada tahun 2010, konsumsi PLA menduduki urutan tertinggi kedua diantara bioplastik di seluruh dunia (Pasaribu et al., 2021).

4. Alat Uji Tarik

Suatu alat yang memiliki suatu metode uji tarik atau metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Uji tarik mungkin adalah cara pengujian bahan yang paling mendasar. Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji. (Askeland, 1985)

1.8 Sistematik Skripsi

Gambaran mengenai keseluruhan skripsi dan pembahasannya dapat di jelaskan dalam sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan dasar-dasar penulisan skripsi seperti latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori dasar yang digunakan dalam penelitian, yaitu: alat uji tarik, spesimen PLA+, *dryer box*, rangkaian elektronika, perangkat arduino dan pemrograman.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metodologi penelitian yang membahas tentang menentukan langkah-langkah untuk merancang suatu alat uji tarik berbasis arduino.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembahasan bagaimana hasil dari alat uji tarik yang telah dirancang.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dari keseluruhan pembahasan dan saran- saran untuk pembaca.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Mengutip *Alacrity Journal of Education* yang diterbitkan LPPI Publishing, tinjauan pustaka merupakan sebuah aktivitas untuk meninjau atau mengkaji kembali berbagai literatur yang dipublikasikan oleh akademisi atau peneliti lain sebelumnya terkait topik yang akan diteliti. Menyusun tinjauan pustaka sama halnya dengan menyarikan penelitian terdahulu untuk mendapat gambaran tentang topik yang akan diteliti. Selain itu menyusun tinjauan pustaka juga untuk menjawab berbagai tantangan yang akan ditemui ketika memulai sebuah penelitian. (Mardiastuti, 2022)

Pada penelitian yang pertama dilakukan oleh (Comaro et al., 2020) yang berjudul “Perancangan Dan Pengembangan Alat Uji Tarik Mini Berbasis Arduino Untuk Spesimen Non-Ferro” merupakan eksperimen untuk mendesain dan membuat alat uji tarik dengan kapasitas kecil yang mampu menghasilkan alat perkakas yang lebih efisien, ekonomis, dan memiliki keakurasian yang tinggi dengan memanfaatkan perangkat keras dan lunak yang tersedia namun tetap memperhatikan dan menjaga keakurasian hasil produksi. Alat uji Tarik ini menggunakan motor stepper nema 17 sebagai motor penggerak, untuk mentransmisikan daya menggunakan 2 buah *ballscrew*, *belt*, dan *pulley*. Sensor *load cell* dan *digimatic* digunakan untuk membaca besaran dan perpanjangan dari spesimen yang dikontrol oleh mikrokontroler Arduino.

Pada penelitian yang kedua dilakukan oleh (Pratama et al., 2021) yang berjudul “Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Material Filamen PLA + Menggunakan Metode Taguchi” merupakan salah satu metode yang sering digunakan oleh peneliti dalam teknologi pencetakan 3D yang digunakan untuk mencetak produk filamen sebagai bahan, karena teknik pencetakan 3D yang mudah dengan biaya yang relatif rendah biaya produksi. Salah satu bahan yang dapat diolah dalam pencetakan 3D mesin

PLA+. Dari permasalahan tersebut diperlukan penelitian untuk mendapatkan parameter proses yang optimal mesin cetak 3D untuk mendapatkan nilai kuat tarik tertinggi menggunakan PLA+ filamen. Penelitian ini menggunakan metode taguchi. Penelitian bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tarik yang optimal. Dari penelitian hasilnya terdapat nilai kuat tarik yang optimal yaitu pada percobaan 10 dengan nilai parameter kecepatan pencetakan (35 mm/s), Suhu Nozzle (2150 C), Lapisan Ketebalan (0,10mm), Kecepatan Pendinginan (20%), dan Orientasi (450). dengan tarikan nilai kekuatan 48,1 MPa dari 3 kali ulangan.

Pada penelitian yang ketiga dilakukan oleh (Trisaplin et al., 2021) yang berjudul “Analisa Pada Proses 3d Printer Terhadap Pengujian Tarik Menggunakan Filamen Pla Pro” merupakan suatu produk 3D dengan kekuatan tarik secara ideal di Indonesia sangat minim, mengingat informasi tersebut sangat diperlukan dunia industri, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik serta parameter proses yang ideal dengan menggunakan filamen PLA PRO Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen faktorial. Hasil dari pengujian tarik tertinggi sebesar 44,2 yang terdapat pada eksperimen nomor 10 infill pattern 3D Honeycomb, *Nozzle Temperature* 210°C, sudut pencetakan vertikal 0°. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada eksperimen nomor 43 dengan parameter infill Pattern Archimedean Chord, *Nozzle Temperature* 220°C, sudut pencetakan vertikal 0°, dengan nilai kekuatan tarik sebesar 15,7 MPa. Sehingga dapat disimpulkan parameter proses tersebut mempengaruhi hasil dari pencetakan produk 3D printing.

Pada penelitian yang keempat dilakukan oleh (Syafa'at et al., 2022) yang berjudul “Analisa Pengaruh Bentuk Infill Terhadap Kekuatan Tarik Pada Spesimen Astm D638-14 Material Polylactic Acid Produk Mesin Cetak 3D” Penelitian ini bertujuan menganalisa kekuatan hasil cetakan 3D printer berbahan polylactic acid (PLA) dengan variasi densitas infill dan bentuk infill. Spesimen ASTM D638-14 dicetak menggunakan printer 3D dengan lima bentuk variasi infill, yaitu cubic, grid, gyroid, Hilbert curve dan honeycomb.

Masing-masing infill tersebut mempunyai densitas infill 30% dan 60%. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari masing-masing spesimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen dengan densitas infill 30% kekuatan tertinggi terjadi pada bentuk infill honeycomb dengan nilai 22,64 MPa dan terendah terjadi pada infill grid dengan nilai 19,81 MPa. Pada spesimen dengan densitas 60% kekuatan tertinggi terjadi pada infill honeycomb dengan nilai 27,52 MPa dan terendah terjadi pada infill Hilbert curve dengan nilai 22,04 MPa. Secara umum bentuk patahan hasil uji tarik membentuk sudut 60° untuk semua jenis infill. Semakin besar densitas infill material cenderung lebih getas dibandingkan densitas infill yang lebih kecil.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori secara umum dapat diartikan sebagai pernyataan yang disusun secara sistematis dan memiliki variabel yang kuat. Landasan teori secara isi memuat teori-teori dan hasil penelitian, dimana teori dan hasil penelitian yang digunakan ini digunakan sebagai kerangka teori peneliti untuk menyelesaikan penelitian. Atau landasan teori dapat pula diartikan sebagai pernyataan atau asumsi secara eksplisit terhadap sebuah teori yang akan dilakukan evaluasi dan penelitian kritis (Abdhul, 2022).

2.2.1 Uji Tarik

Uji tarik merupakan adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Salah satu cara untuk mengetahui besaran sifat mekanik dari logam adalah dengan uji tarik. Sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan dan elastisitas dari logam tersebut. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan.

Nilai kekuatan dan elastisitas dari material uji dapat dilihat dari kurva uji tarik (Nugroho, 2017)

Fungsi utama dalam uji tarik adalah untuk menentukan nilai karakteristik material secara andal dan dapat direproduksi dan mencapai keterbandingan internasional. Uji tarik uni-aksial adalah metode yang digunakan untuk menentukan nilai karakteristik untuk *yield point* atau *offset yield*, *tensile strength* dan regangan saat putus. Selain itu, titik leleh yang lebih rendah, ekstensi titik leleh, dan ekstensi pada gaya maksimum ditentukan. Dalam tensile testing pada metal, standar membedakan di antara empat rentang suhu tempat uji tarik dilakukan: suhu kamar, suhu tinggi, suhu rendah, dan suhu helium cair. Kisaran suhu yang berbeda dan media helium cair memberlakukan persyaratan yang sangat berbeda pada sistem pengujian dan metode pengujian, termasuk spesimen yang akan disiapkan. Oleh karena itu, standar ISO internasional dibagi menjadi empat bagian berbeda, yang masing-masing membahas salah satu rentang suhu yang disebutkan di atas:

- a. ISO 6892-1 *test method* pada *room temperature*
- b. ISO 6892-2 *test method* pada *elevated temperature*
- c. ISO 6892-3 *test method* pada *low temperatures*
- d. ISO 6892-4 *test method* di *liquid helium*

Selain standar ISO yang diterima secara internasional ini, standar nasional termasuk standar ASTM Amerika, standar EN Eropa, standar JIS Jepang dan standar GB / T Cina juga diterapkan secara internasional. Untuk bidang aplikasi khusus, yaitu dirgantara, standar khusus tambahan mungkin penting atau diperlukan. ASTM E8/ASTM E8M merupakan spesimen datar standar untuk logam lembaran dan logam lembaran tipis, untuk produk tubular, untuk pegangan spesimen khusus, dan spesimen bulat standar untuk produk logam lainnya, dan menentukan panjang pengukur awal yang sesuai yang dirujuk oleh semua nilai regangan. Dengan beberapa pengecualian, semua dimensi yang diperlukan untuk persiapan spesimen ditentukan, atau dimensi minimum ditunjukkan (Zwick & Roell, 2019).

Salah satu alat uji tarik yang sudah cukup terkenal yaitu Shimadzu merupakan mesin uji mekanik yang paling banyak digunakan diantara mesin-mesin uji mekanik yang lain. Alat ini umumnya digunakan untuk mengetahui kuat tarik (Ultimate tensile Strength) dan elongation suatu material, yang merupakan besaran karakteristik mekanik yang diperlukan dalam pembuatan konstruksi. Mesin uji tarik ber-merek Shimadzu ini memiliki kemampuan maksimum 100 kN dan dilengkapi alat perekam digital, sehingga dengan mudah diketahui hasil pengujiannya. berikut ini adalah merupakan salah satu mesin uji tarik yang biasa digunakan kebanyakan industry atau universitas.



Gambar 2.1 Alat Uji Tarik

Sumber : (www.hydraulicuniversaltestingmachine.com)

2.2.2 Polylactic Acid (PLA)

Aplikasi teknologi *printing* ini banyak digunakan terutama untuk membuat purwa rupa (*prototype*) pada industri telepon genggam, *jewellery*, penerbangan, otomotif, sepatu, desain industri, arsitektur, konstruksi, dental, industri medis, pendidikan, teknik sipil dan lainnya. Dengan memanfaatkan teknologi ini perancang akan dengan cepat mewujudkan kreasinya menjadi objek 3D, sehingga segera dapat dianalisa kelayakan suatu produk seperti ergonomi dan lainnya. Meskipun hasilnya belum berfungsi dengan sempurna seperti aslinya, para ahli terus mencoba membuat organ tubuh tiruan dengan

teknologi ini. Jika suatu saat nanti teknologi ini sukses, maka semakin banyak nyawa manusia dapat diselamatkan.



Gambar 2.2 Filament PLA

Sumber : (www.all3dp.com)

Beberapa jenis material dapat digunakan pada *3D printing*, namun yang paling banyak digunakan adalah *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dan *Polylactic acid* atau *Poly lactide* (PLA). Kedua material ini berasal dari kelompok termoplastik yang memiliki sifat mudah dibentuk ketika dipanaskan dan menjadi padat kembali ketika didinginkan. Kelebihan dari material termoplastik yaitu dapat didaur ulang atau diproses kembali secara berulang-ulang sehingga lebih ramah lingkungan.

Material PLA memiliki banyak pilihan warna baik *solid* maupun tembus pandang serta mengkilap sehingga menarik untuk ditampilkan. Jika pendinginannya tepat material ini memungkinkan dicetak dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan ABS. Material ini banyak digunakan untuk *home printing*, *hobby*, serta digunakan di sekolah-sekolah. PLA adalah material yang tepat bagi anda pengguna *3D printer* pemula. Dengan bantuan kipas pada *3D printer* yang tepat akan membantu proses pendinginan menjadi lebih baik dan mencegah terjadinya bengkok pada hasil printing dibandingkan material lainnya. Setelah *printing* anda dapat menyelesaikan model anda dengan pengamplasan atau dapat juga mengecat langsung ke PLA dengan cat jenis

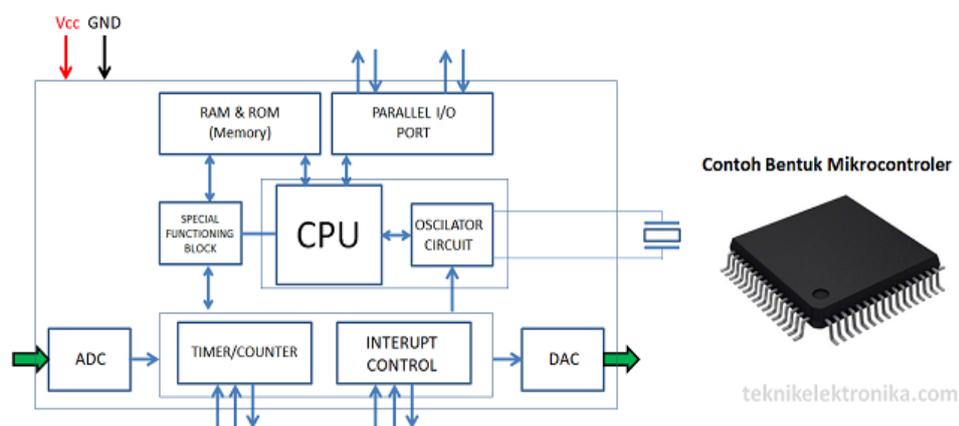
akrilik. Material ini bersifat ramah terhadap anak-anak dan lingkungan serta dapat dengan mudah terurai menjadi kompos (*Compostable*) karena berbahan dasar dari pati jagung (Triwibowo, 2015).

2.2.3 Alat Uji Tarik Mini Berbasis Arduino

a. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC (*Integrated Circuit*) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu. Pada dasarnya, sebuah IC Mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih Inti Prosesor (CPU), Memori (RAM dan ROM) serta perangkat INPUT dan OUTPUT yang dapat diprogram.

Dalam pengaplikasiannya, Pengendali Mikro yang dalam bahasa Inggris disebut dengan Microcontroller ini digunakan dalam produk ataupun perangkat yang dikendalikan secara otomatis seperti sistem kontrol mesin mobil, perangkat medis, pengendali jarak jauh, mesin, peralatan listrik, mainan dan perangkat-perangkat yang menggunakan sistem tertanam lainnya. Penggunaan Mikrokontroler ini semakin populer karena kemampuannya yang dapat mengurangi ukuran dan biaya pada suatu produk atau desain apabila dibandingkan dengan desain yang dibangun dengan menggunakan mikroprosesor dengan memori dan perangkat input dan output secara terpisah (Kho, 2022).



Gambar 2.3 Diagram Blok dan Struktur Mikrokontroler

Sumber : (Kho, 2022)

b. Program

Pada dasarnya, komputer akan dapat dioperasikan dengan baik apabila komponen yang ada didalamnya saling mendukung satu dengan lainnya. Bila perangkat keras (hardware) berhubungan dengan tampilan dan bentuk fisik dari komputer, maka ada komponen yang tidak kalah pentingnya yaitu program. Program adalah unsur yang menjadikan komputer dapat memiliki fungsi tujuan yang spesifik. Program bisa juga di artikan serangkaian instruksi yang ditulis untuk memberitahu apa yang harus dilakukan oleh komputer. Seorang programmer akan menuliskan program yang berupa serangkaian urutan instruksi menggunakan algoritma tertentu dan menuangkannya kedalam bahasa pemrograman (programming language) yang dibutuhkan. Selanjutnya, instruksi tersebut dieksekusi menggunakan utility bahasa pemrograman tersebut agar dapat dikenali oleh perangkat keras.

Pada umumnya, keberadaan program menjadi suatu hal yang diharapkan oleh komputer. Sebab, program dapat mengontrol perangkat keras (hardware) untuk dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Jika tidak ada program, maka komputer hanyalah sebuah mesin yang tidak dapat melakukan tugas apapun yang diinginkan oleh pengguna. Dari pengertian diatas sudah tampak bahwa fungsi utama program adalah mengendalikan komputer agar dapat melakukan tugas spesifik seperti yang dikehendaki oleh pengguna. Selain itu, program juga memiliki fungsi lain di komputer yang akan dijelaskan dibawah ini.

- 1) Program memiliki fungsi untuk mengatur hubungan antar hardware agar dapat bekerja secara bersamaan. Dengan begitu, hardware dapat bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing tanpa ada hambatan.
- 2) Program juga memiliki fungsi untuk menghubungkan antara program dengan hardware. Sebagai contoh, Device Manager yang berfungsi sebagai program untuk mengelola seluruh hardware yang dikenali oleh sistem operasi Windows

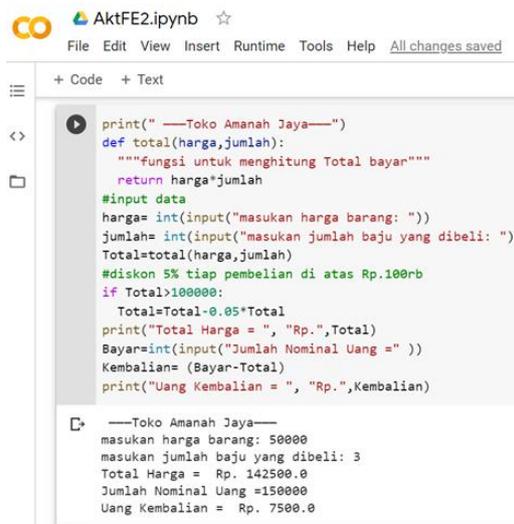
- 3) Program memiliki fungsi untuk menerjemahkan instruksi kedalam bahasa mesin. Contohnya adalah compiler dari bahasa pemrograman, seperti Visual Basic, Java, C++ dan lain sebagainya (Syafitri, 2022).

c. Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman C++ merupakan bahasa pengembangan dari bahasa pemrograman C. Bahasa ini dibuat pertama kali oleh Bjarne Stroustrup di Laboratorium AT&T Bell. C++ kompatibel dengan bahasa C sehingga mempunyai keuntungan memanfaatkan beberapa lingkungan bahasa C. C++ juga merupakan bahasa pemrograman berorientasi objek yang bisa menggerakkan komputer dengan membuat dan memanipulasi objek yang banyak digunakan pada game dan aplikasi smartphone dan pengembangan teknologi robot,serta memiliki fitur yang dapat memudahkan dalam pengembangan program. Ini Memiliki berbagai fungsi seperti multiple inheritance, template, kelebihan operator, penanganan pengecualian, dan lain-lain. C++ banyak digunakan dalam Pengembangan Game, Perhitungan Lanjut, dan Penyusun Grafik (Sari, 2021).

Ada beberapa contoh bahasa dalam pemrograman antara lain:

1) Python



```

AktFE2.ipynb
File Edit View Insert Runtime Tools Help All changes saved

+ Code + Text

print(" —Toko Amanah Jaya—")
def total(harga,jumlah):
    """fungsi untuk menghitung Total bayar"""
    return harga*jumlah
#input data
harga= int(input("masukan harga barang: "))
jumlah= int(input("masukan jumlah baju yang dibeli: "))
Total=total(harga,jumlah)
#diskon 5% tiap pembelian di atas Rp.100rb
if Total>100000:
    Total=Total-0.05*Total
print("Total Harga = ", "Rp.",Total)
Bayar=int(input("Jumlah Nominal Uang = " ))
Kembalian= (Bayar-Total)
print("Uang Kembalian = ", "Rp.",Kembalian)

—Toko Amanah Jaya—
masukan harga barang: 50000
masukan jumlah baju yang dibeli: 3
Total Harga = Rp. 142500.0
Jumlah Nominal Uang =150000
Uang Kembalian = Rp. 7500.0

```

Gambar 2.4 Program Python

Sumber: (rahmadya.com)

Bahasa pemrograman Python diciptakan oleh Guido Rossum pada tahun 1991 dan Python salah satu bahasa pemrograman Open Source. Bahasa pemrograman python kerap kali dianggap bahasa pemrograman sederhana,tapi memang begitu kenyataannya serta cocok untuk pemula karena sintaksnya yang mudah di tulis serta tanda kurung dan titik koma tidak banyak digunakan. Python merupakan bahasa kekinian atau populer di kalangan programmer. Python sendiri banyak digunakan dalam Data Science, Machine Learning, AI, Web Application, Data Visualization dan Big data dan banyak digunakan di perusahaan besar seperti Google, Instagram, Amazon dan banyak lainnya.Dengan kemajuan teknologi AI dalam beberapa tahun terakhir, perhatian Python yang memiliki kekuatan dalam pembelajaran mesin serta memiliki lingkungan yang terkait dengan kecerdasan buatan, ia memiliki fitur yang sering digunakan untuk pengembangan terkait kecerdasan buatan seperti pembelajaran mendalam dalam beberapa tahun terakhir.Kamu dapat dengan mudah membuat program karena ada banyak koleksi fungsi yang diperlukan untuk pengembangan program yang disebut perpustakaan(Library). Jika kamu tertarik dengan bidang AI seperti deep learning dan ingin mulai mempelajari “Python”, Kamu juga harus memperdalam pengetahuan matematika.

2) PHP

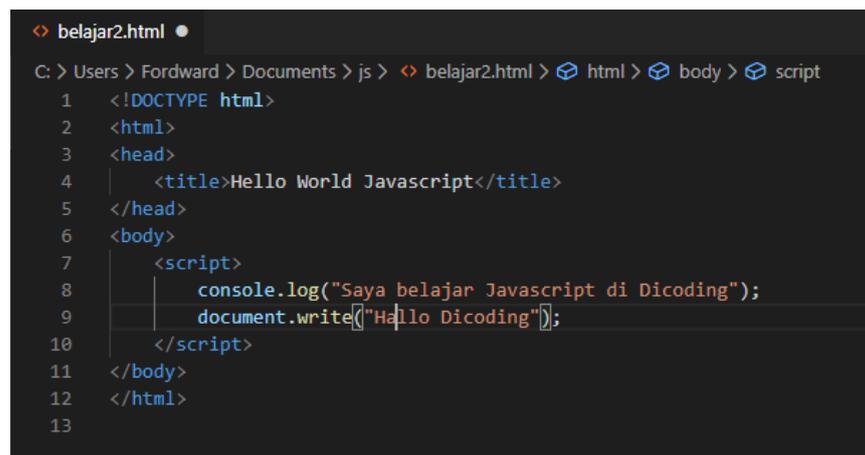
```
form.php > ...
1 <form name="form" action="proses.php" method="post">
2 Nilai : <input type="text" name="angka" /> </br>
3 Jurusan :
4 <select name="jurusan">
5     <option value = " "> </option>;
6     <option value = "TI">Teknik Informatika </option>;
7     <option value = "SI">Sistem Informasi </option>;
8     <option value = "MI ">Manajemen Informatika </option>;
9     <option value = "TK ">Teknik Komputer </option>;
10    <option value = "KA ">Komputerisasi Akuntansi </option>;
11 </select> <br/>
12
13 <input type="submit" value="SUBMIT"/>
14 </form>
```

Gambar 2.5 Program PHP

Sumber: (medium.com)

PHP merupakan singkatan dari Hypertext Preprocessor yang ditemukan oleh Rasmus Lerdorf pada tahun 1995. PHP adalah Bahasa server-side-scripting yang menyatu dengan HTML untuk membuat halaman web yang dinamis. Karena PHP merupakan server-side-scripting maka sintaks dan perintah-perintah PHP akan dieksekusi di server kemudian hasilnya akan dikirimkan ke browser dengan format HTML. Dengan demikian kode program yang ditulis dalam PHP tidak akan terlihat oleh user sehingga keamanan halaman web lebih terjamin. Sebagai bahasa yang lebih lama, PHP memiliki manfaat dari ekosistem pengguna yang besar yang telah menghasilkan kerangka kerja, pustaka, dan alat otomatisasi agar bahasa pemrograman akan mudah digunakan. PHP juga cukup kuat untuk Facebook dan WordPress. PHP juga bagus dalam bekerja dengan database. Oleh karena itu, ini akan sering digunakan untuk tujuan seperti menyimpan informasi yang dikumpulkan dari klien dalam database. PHP memiliki banyak database populer seperti MySQL, PostgreSQL, Oracle, Sybase, Informix, dan Microsoft Access (Microsoft SQL Server). Dapat diintegrasikan dengan (Database).

3) JavaScript

A screenshot of a code editor showing the source code of a file named 'belajar2.html'. The code is written in HTML and includes a JavaScript script. The code is as follows:

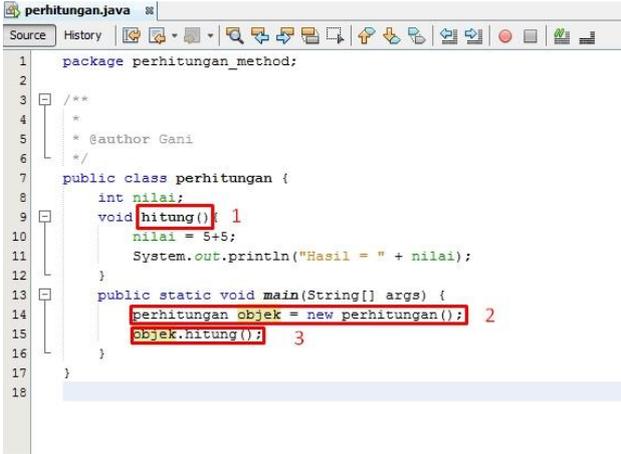
```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4   <title>Hello World Javascript</title>
5 </head>
6 <body>
7   <script>
8     console.log("Saya belajar Javascript di Dicoding");
9     document.write("Hallo Dicoding");
10  </script>
11 </body>
12 </html>
13
```

Gambar 2.6 Program JavaScript

Sumber: (www.dicoding.com)

JavaScript diciptakan oleh Brendan Eich pada tahun 1995 di Netscape saat menjadi seorang programmer. Awalnya namanya bukan JavaScript melainkan LiveScript namun diubah menjadi JavaScript. Kenapa Java? Mungkin itu merupakan taktik Netscape untuk mengenalkan bahasa mereka, karena bahasa pemrograman Java sangat populer saat itu. Namun pada tahun 1997 JavaScript menjadi standar ECMA yang mana ECMA-262 adalah nama resmi standar dan ECMAScript adalah nama resmi bahasa JavaScript. Bahasa satu ini kerap kali digunakan untuk pembuatan website yang artinya banyak digunakan web development. JavaScript membuat halaman website kita sendiri menjadi dinamis yang mana menerapkan perubahan pada gaya, menganimasikan menu, memvalidasi data yang dimasukkan ke dalam formulir tanpa memuat ulang. JavaScript tidak hanya berjalan di browser, tetapi di server juga bisa dengan menggunakan node.js. JavaScript saat ini sudah sangat berkembang menjadi library dan framework seperti jQuery, ReactJS, AngularJS, VueJS, EmberJS, dll. JavaScript juga bisa digunakan untuk apps development, web servers, apps servers, presentasi, mobile apps, machine learning, dan game development.

4) Java



```

1 package perhitungan_method;
2
3 /**
4  *
5  * @author Gani
6  */
7 public class perhitungan {
8     int nilai;
9     void hitung() { 1
10        nilai = 5+5;
11        System.out.println("Hasil = " + nilai);
12    }
13    public static void main(String[] args) {
14        perhitungan objek = new perhitungan(); 2
15        objek.hitung(); 3
16    }
17 }
18

```

Gambar 2.7 Program Java

Sumber: (www.masgani.com)

Java adalah bahasa pemrograman yang berorientasi objek (OOP) dan dapat dijalankan pada berbagai platform sistem operasi. Perkembangan Java tidak hanya terfokus pada satu sistem operasi, tetapi dikembangkan untuk berbagai sistem operasi dan bersifat open source. Bahasa pemrograman Java awalnya dibuat oleh James Gosling Saat dirinya berada di perusahaan Sun Microsystems dimana sekarang ini dikenal dengan nama Oracle dirinya membuat bahasa pemrograman JAVA dan dirilis pada tahun 1995. Java sendiri banyak mengadopsi sintaks atau perintah-perintah dari Bahasa pemrograman lainnya, seperti Bahasa C serta C++ namun dengan sintak model objek yang dibuat menjadi lebih sederhana. Java juga menawarkan API untuk berbagai aktivitas seperti koneksi Database, jaringan, penguraian XML, utilitas, dll serta Java banyak digunakan untuk mengembangkan aplikasi Android, aplikasi web, dan Big data (Sari, 2021).

d. Bahasa C

```

1  #include <stdio.h>
2
3  int main()
4  {
5      int tahun;
6
7      printf("Masukkan tahun: ");
8      scanf("%d", &tahun);
9
10     if(tahun%4 == 0)
11     {
12         if(tahun%100 == 0)
13         {
14             if(tahun%400 == 0)
15                 printf("%d adalah tahun kabisat.", tahun);
16             else
17                 printf("%d bukan tahun kabisat.", tahun);
18         }
19         else
20             printf("%d adalah tahun kabisat.", tahun);
21     }
22     else
23         printf("%d bukan tahun kabisat.", tahun);
24
25     return 0;
26 }
27

```

Gambar 2.8 Program Bahasa C

Sumber: (www.sigmasekai.com)

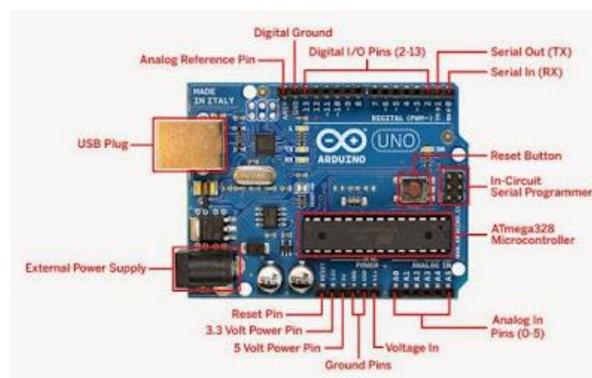
Bahasa Pemrograman C adalah sebuah bahasa pemrograman komputer yang bisa digunakan untuk membuat berbagai aplikasi (*general-purpose programming language*), mulai dari sistem operasi (seperti Windows atau Linux), antivirus, software pengolah gambar (*image*

processing), hingga compiler untuk bahasa pemrograman, dimana C banyak digunakan untuk membuat bahasa pemrograman lain yang salah satunya adalah PHP (Andre, 2018).

Meskipun termasuk *general-purpose programming language*, yakni bahasa pemrograman yang bisa membuat berbagai aplikasi, bahasa pemrograman C paling cocok merancang aplikasi yang berhubungan langsung dengan Sistem Operasi dan hardware. Ini tidak terlepas dari tujuan awal bahasa C dikembangkan. Bahasa pemrograman C dibuat pertama kali oleh Dennis M. Ritchie pada tahun 1972. Saat itu Ritchie bekerja di Bell Labs, sebuah pusat penelitian yang berlokasi di Murray Hill, New Jersey, Amerika Serikat.

Ritchie membuat bahasa pemrograman C untuk mengembangkan sistem operasi UNIX. Sebelumnya, sistem operasi UNIX dibuat menggunakan bahasa assembly (*assembly language*). Akan tetapi bahasa assembly sendiri sangat rumit dan susah untuk dikembangkan. Dengan tujuan mengganti bahasa assembly, peneliti di Bell Labs membuat bahasa pemrograman B. Namun bahasa pemrograman B juga memiliki beberapa kekurangan, yang akhirnya di lengkapi oleh bahasa pemrograman C. Dengan bahasa C inilah sistem operasi UNIX ditulis ulang. Pada gilirannya, UNIX menjadi dasar dari banyak sistem operasi modern saat ini, termasuk Linux, Mac OS (iOS), hingga sistem operasi Android.

e. Arduino



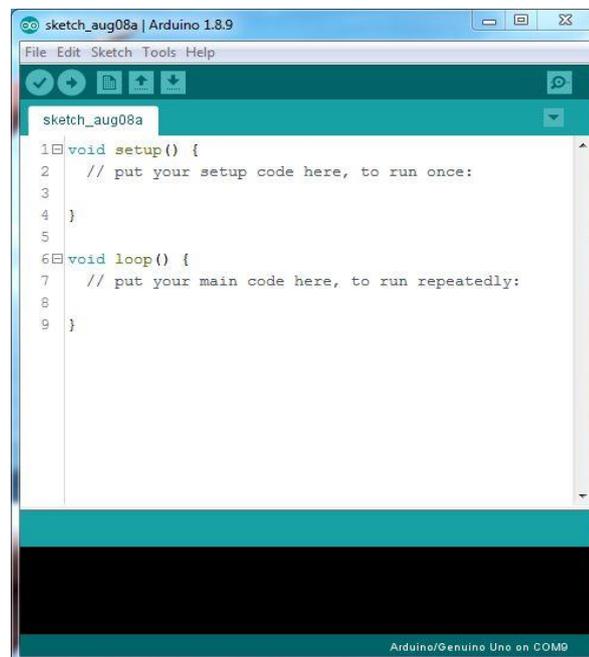
Gambar 2.9 Arduino Uno

Sumber: (www.arduinoindonesia.id)

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan (Syahwil, 2013).

f. *Software* Arduino IDE

Untuk memprogram board Arduino, kita butuh aplikasi IDE (Integrated Development Environment) bawaan dari Arduino. Aplikasi ini berguna untuk membuat, membuka, dan mengedit source code Arduino (Sketches, para programmer menyebut source code arduino dengan istilah "sketches"). Selanjutnya, jika kita menyebut source code yang ditulis untuk Arduino, kita sebut "sketch" juga ya :). Sketch merupakan source code yang berisi logika dan algoritma yang akan diupload ke dalam IC mikrokontroler (Arduino) (Santoso, 2015).



Gambar 2.10 *Interface* Arduino IDE.

Sumber : (www.arduino.cc).

g. Modul HX711

HX711 adalah sebuah komponen terintegrasi dari HX711 presisi 24-bit analog to digital converter (ADC) yang didesain untuk sensor timbangan digital dal industrial control aplikasi yang terkoneksi sensor jembatan. HX711 adalah modul timbangan, yang memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Modul melakukan komunikasi dengan computer/mikrokontroller melalui TTL232. Struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil danreliable, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat. Spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 2.10 Spesifikasi HX711 (Pambudi, 2018).

Tabel 2.1 Spesifikasi HX711

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Input Diferensial	$\pm 40\text{Mv}$
Akurasi Data	24 bit (chip konverter A / D 24)
Frekuensi	80 Hz
Tegangan Pengoprasian	5V DC
Operasi saat ini	<10 mA
Ukuran	38mm*21mm*10mm

Bentuk fisik dari modul HX711 dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6 Modul HX711.



Gambar 2.11 Modul HX711

Sumber : (www.cronyos.com)

Keterangan setiap pin pada modul HX711 dapat dilihat pada Tabel 2.4 Pin HX711

Tabel 2.2 Pin HX711

Pin	Keterangan
E+	Ch. E Positive Input (analog input)
E-	Ch. E Negative Input (analog input)
A-	Ch. A Negative Input (analog input)
A+	Ch. A Positive Input (analog input)
B-	Ch. B Negative Input (analog input)
B+	Ch. B Positive Input (analog input)
Gnd	Dihubungkan ke ground
DT	Digital Output
SCK	Digital Input
Vcc	Dihubungkan ke tegangan +5V

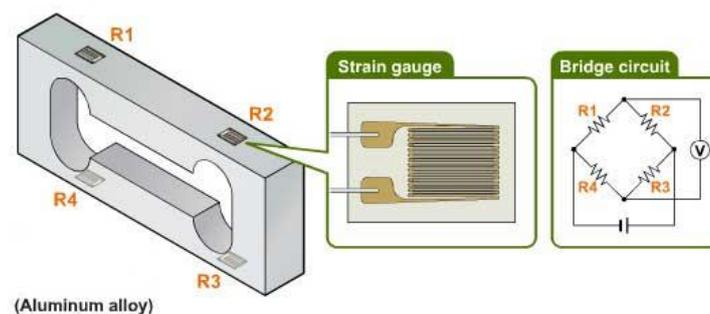
h. *Load Cell* 20Kg

Load Cell adalah alat *electromekanik* yang biasa disebut *Transducer*, yaitu gaya yang bekerja berdasarkan prinsip deformasi sebuah material akibat adanya tegangan mekanis yang bekerja, kemudian merubah gaya mekanik menjadi sinyal listrik. Untuk menentukan tegangan mekanis didasarkan pada hasil penemuan Robert Hooke, bahwa hubungan antara tegangan mekanis dan deformasi yang diakibatkan disebut regangan. Regangan ini terjadi pada lapisan kulit dari material sehingga memungkinkan untuk diukur menggunakan sensor regangan atau Strain Gauge.

Load cell terdiri dari beberapa tipe, diantaranya adalah *Load Cell Double Ended Beam*, *Load Cell Single Ended Beam*, *Load Cell S Beam*, *Load Cell single Point*, *Load Cell type Canister*, dan sebagainya. *Load Cell* yang paling sederhana adalah *load cell* yang terdiri dari *Bending beam* dan *strain gauge*.

Load Cell Bending Beam adalah tipe *load cell* yang paling banyak digunakan dalam timbangan. Selama proses penimbangan, beban yang diberikan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam pada *load cell* yang mengakibatkan perubahan bentuk secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan ini (positif dan negatif) di conversikan kedalam sinyal listrik oleh *strain gauge* (pengukur regangan) yang terpasang pada spring element.

Load cell yang paling sederhana adalah *load cell* yang terdiri dari *bending beam* dan *strain gauge*. Sering kali komponen tersebut dilengkapi dengan elemen tambahan (*housing, sealing, dll*) untuk melindungi elemen *strain gauge*.

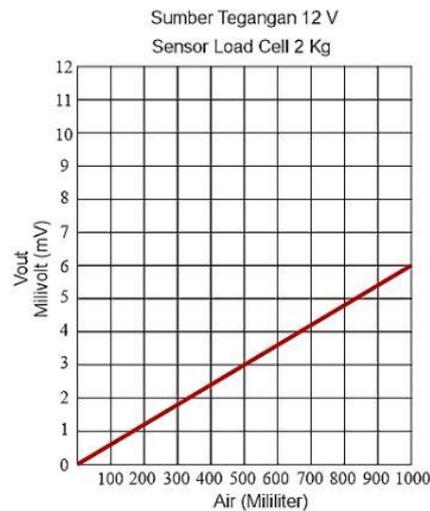


Gambar 2.12 *Load Cell*

Sumber: (www.kitomaindonesia.com)

Strain gauge merupakan konduktor yang diatur dalam pola zigzag pada permukaan sebuah membrane. Ketika membrane tersebut meregang, maka resistansinya akan meningkat.

Strain Gauge merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur berat atau beban dari suatu benda dalam ukuran besar. *Sensor strain gauge* ini banyak diaplikasikan pada jembatan timbang mobil/truk atau alat ukur berat dalam skala besar. Sensor *strain gauge* adalah grid metal foil tipis yang dilekatkan pada permukaan dari *Load Cell*. Apabila *Load cell* di beri beban, maka terjadi strain dan kemudian ditransmisikan ke foil grid. Tahanan *foil grid* berubah sebanding dengan *strain* induksi beban. (Rasyid, 2020)



Gambar 2.13 Grafik Sumber Tegangan *Load Cell*

Sumber: (www.samrasyid.com)

i. *Dryer Box*

Dryer box atau pengering filamen adalah peralatan yang dirancang khusus untuk menghilangkan kelembapan dari filamen. Prinsip di baliknya cukup sederhana: pengering filamen menahan gulungan filamen dalam wadah dengan pemanas terkontrol, yang menyebabkan molekul air dalam termoplastik menguap secara merata.

Saat ini, ada beberapa jenis pengering filamen di pasaran, termasuk produk *plug-and-play* sederhana untuk pasar hobi, dan sistem yang lebih canggih untuk pengguna profesional. Pengering filamen paling dasar terdiri dari wadah berpemanas yang muat untuk setidaknya satu gulungan filamen. Mesin yang lebih canggih hadir dengan fitur tambahan seperti rotasi gulungan dan aliran udara untuk distribusi panas yang merata. Selain itu, beberapa pengering filamen dirancang untuk mengeringkan seluruh gulungan filamen sekaligus, yang kemudian dapat dilepas dan dimuat ke printer 3D. Ada juga sistem lain, yang dikenal sebagai pengering filamen *in-line*, yang dirancang untuk mengeringkan filamen dan secara bersamaan memasukkannya ke dalam printer 3D, yang menghemat waktu.

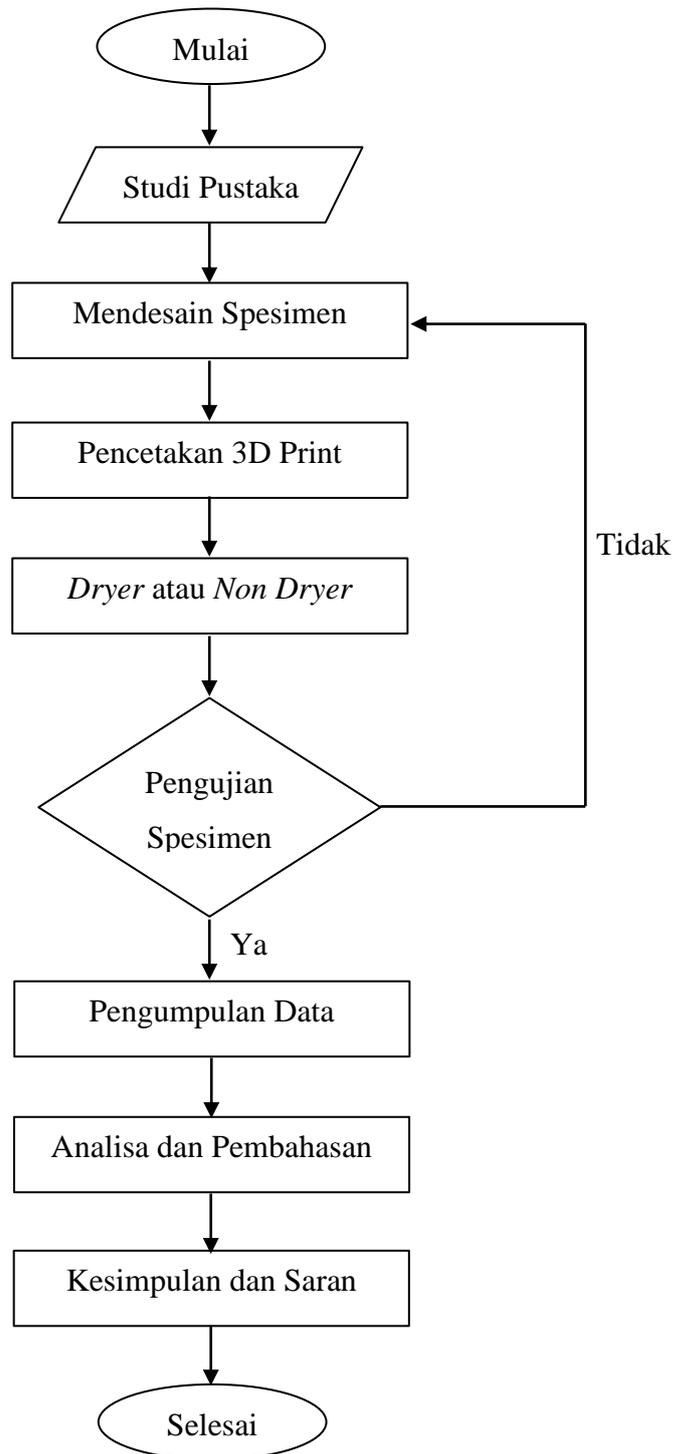


Gambar 2.14 *Dryer Box*

Sumber: (www.esun3d.com)

2.3 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan adalah dasar pemikiran dari penelitian yang disusun dari dasar fakta-fakta, observasi, dan kajian kepustakaan. Itulah sebabnya, saat menulis dan membuat penelitian, seseorang harus menyiapkan kerangka pemikiran.



Gambar 2.15 Kerangka Berpikir

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa kemampuan uji tarik PLA menggunakan metode pengering *dryer box* yang telah dikembangkan berbasis mikrokontroler arduino. Dalam penelitian ini digunakan sebuah pendekatan yang dikenal dengan pendekatan kualitatif yaitu prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis. Atau merupakan jenis penelitian yang menghasilkan penemuan-penemuan yang tidak dapat dicapai dengan menggunakan prosedur statistik. Adapun yang dimaksud dengan pendekatan penelitian ini adalah metode penelitian yang digunakan untuk menganalisa sebuah produk dan keefektifan produk tersebut. Untuk dapat menghasilkan produk digunakan yang bersifat Analisa kebutuhan (digunakan metode survey dan kualitatif) dan untuk menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat berfungsi di masyarakat luas, maka diperlukan penelitian untuk menguji keefektifan tersebut (digunakan metode eksperimen) (Sugiyono, 2015).

3.2 Lokasi/Fokus Penelitian

3.2.1 Lokasi

Lokasi penelitian adalah tempat dimana peneliti melakukan penelitian, terutama sekali dalam menangkap fenomena atau penelitian yang sebenarnya terjadi dari objek yang diteliti dalam rangka mendapatkan data penelitian yang akurat. Lokasi penelitian ini berada di Kampus 3 Universitas PGRI Semarang, Jl. Pawitan Luhur III No.1, Bendan Duwur, Gajahmungkur, Kota Semarang.

3.2.2 Fokus Penelitian

Fokus penelitian memuat rincian pertanyaan tentang cakupan atau topik-topik yang akan diungkap atau digali dalam penelitian. Fokus penelitian merupakan garis besar dari pengamatan penelitian, sehingga observasi dan

analisa hasil penelitian lebih terarah. Oleh sebab itu, digunakanlah indikator-indikator agar tidak terjadi pembahasan yang terlalu luas dan pada akhirnya tidak sesuai dengan apa yang menjadi judul penelitian. Fokus penelitian ini adalah merancang alat uji tarik berbasis mikrokontroler arduino dan menganalisa hasil ujir tarik menggunakan spesimen PLA dengan metode pendingin *dryer box*. Karena dari beberapa penelitian banyak pengujian pada spesimen berbahan PLA masih jarang ditemukan adapun pengujian tersebut tidak bersifat uji tarik. Maka diperlukan pengembangan alat dan analisa hasil untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, obyek, organisasi, atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2015). Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel independen (variabel bebas) dan variabel dependen (variabel terikat).

3.3.1 Variabel Independen (Variabel Bebas)

Variabel yang sering disebut sebagai variabel stimulus, prediktor, antecedent. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah pengujian spesimen dengan variasi suhu pencetakan spesimen PLA dengan 3D printer dan metode pengering *Dryer Box* dan *Non Dryer Box*.

3.3.2 Variabel Dependen (Variabel Terikat)

Variabel dependen atau terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah kualitas dan spesifikasi spesimen yang dihasilkan.

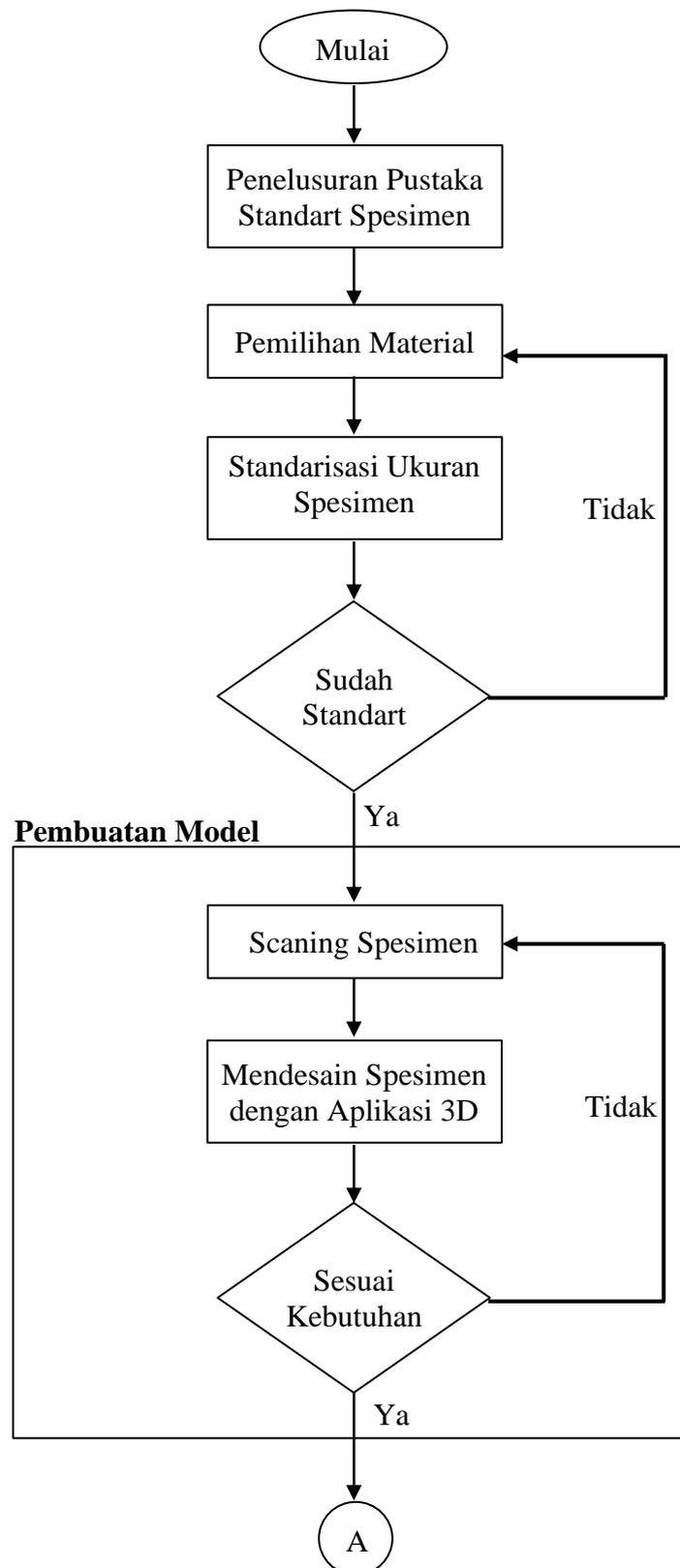
3.4 Desain Penelitian

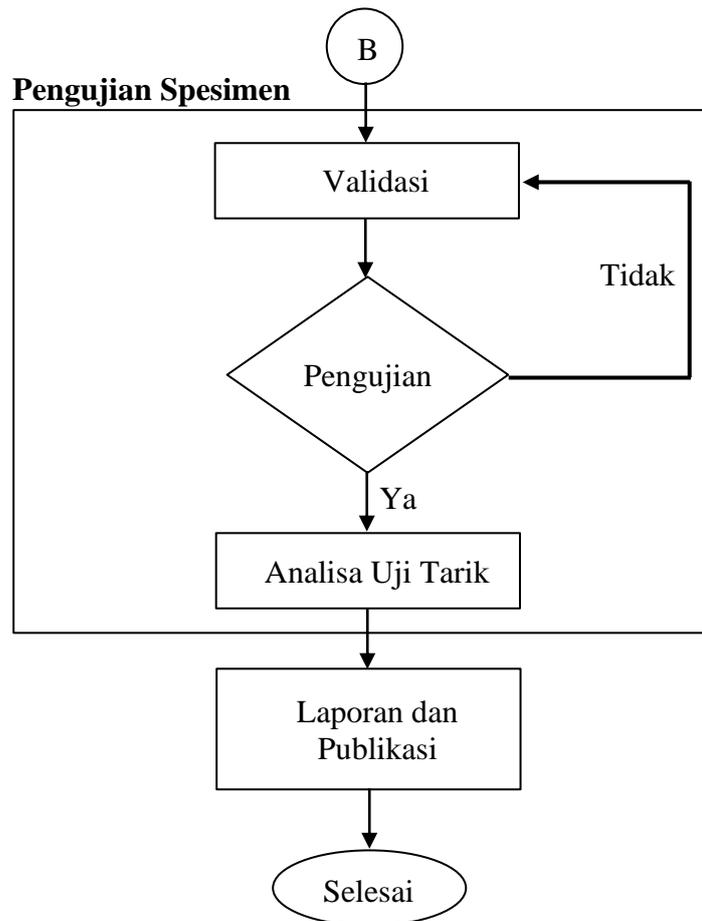
Desain penelitian merupakan rancangan penelitian yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan proses penelitian. Desain penelitian bertujuan untuk memberi pegangan yang jelas dan terstruktur kepada peneliti dalam melakukan penelitiannya. Menurut (Fachruddin, 2009) desain penelitian adalah kerangka atau perincian prosedur kerja yang akan dilakukan pada waktu meneliti, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran dan arah mana yang akan dilakukan dalam melaksanakan penelitian tersebut, serta memberikan gambaran jika penelitian itu telah jadi atau selesai penelitian tersebut diberlakukan.

Adapun proses desain penelitian yang dikemukakan oleh (Nasution, 2009) desain penelitian mencakup proses-proses sebagai berikut:

1. Identifikasi dan pemilihan masalah
2. Memformulasikan masalah penelitian dan membuat hipotesis
3. Membangun penyelidikan dan percobaan
4. Memilih dan mendefinisikan pengukuran variabel
5. Memilih prosedur dan teknik sampling yang digunakan
6. Menyusun alat serta teknik untuk mengumpulkan data
7. Membuat coding, serta mengadakan editing dan processing data
8. Menganalisa data dan pemilihan prosedur statistik
9. Penelitian laporan hasil penelitian

Berikut desain penelitian pada karya ilmiah ini yang dituangkan pada diagram alir oleh penulis:





Gambar 3.1 Desain Penelitian

3.5 Proses Eksperimen

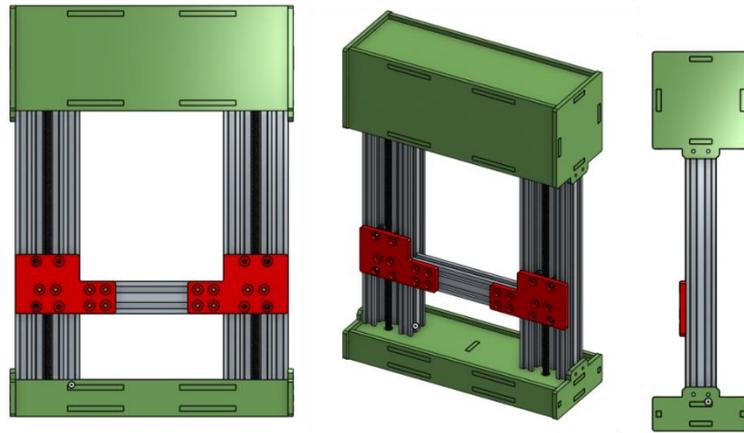
3.5.1 Persiapan Eksperimen

Sebelum memasuki tahap pembuatan alat, terlebih dahulu dilakukan persiapan yaitu membuat desain atau wujud alat yang ingin di buat salah satunya menggunakan *software* 3D fungsi ini untuk memudahkan peneliti untuk merakit alat yang akan dibuat karena sebagai acuan bentuk alat. Selanjutnya menulis kebutuhan dari segi alat dan bahan yang akan digunakan sesuai spesifikasi alat. Dan yang terakhir adalah dengan membuat blok diagram. Blok diagram rangkaian merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan alat untuk mempermudah konfigurasi yang diperlukan, hal ini sangat membantu dalam mengetahui kesalahan serta kelemahan jika terjadi

kegagalan dalam perancangan sistem tersebut. selain itu blok diagram juga akan membantu untuk memahami sistem yang akan dijalankan.

a. Pembuatan desain 3D

Pada tahap ini adalah proses pembuat desain 3 dimensi alat yang akan dibuat oleh peneliti. Fungsi dari pembuatan desain 3D ini adalah memberikan sebuah gambaran pada peneliti pada saat proses perakitan alat agar meminimalisir kesalahan khususnya dalam hal kerangka alat serta sebagai bahan acuan oleh penelitian-penelitian selanjutnya untuk pengembangan lebih lanjut alat uji tarik ini.



Gambar 3.2 Desain 3D

Sumber : (Dokumentasi Pribadi, 2023)

b. Kebutuhan alat dan bahan

Dalam melakukan sebuah penelitian dibutuhkan adanya persiapan untuk merancang sebuah konsep yang nantinya akan memperlancar sebuah penelitian yang akan dilaksanakan. Dalam proses ini yang dilakukan adalah perlunya mencatat kebutuhan alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang diperlukan pada penelitian ini yaitu:

Tabel 3.1 Alat yang digunakan

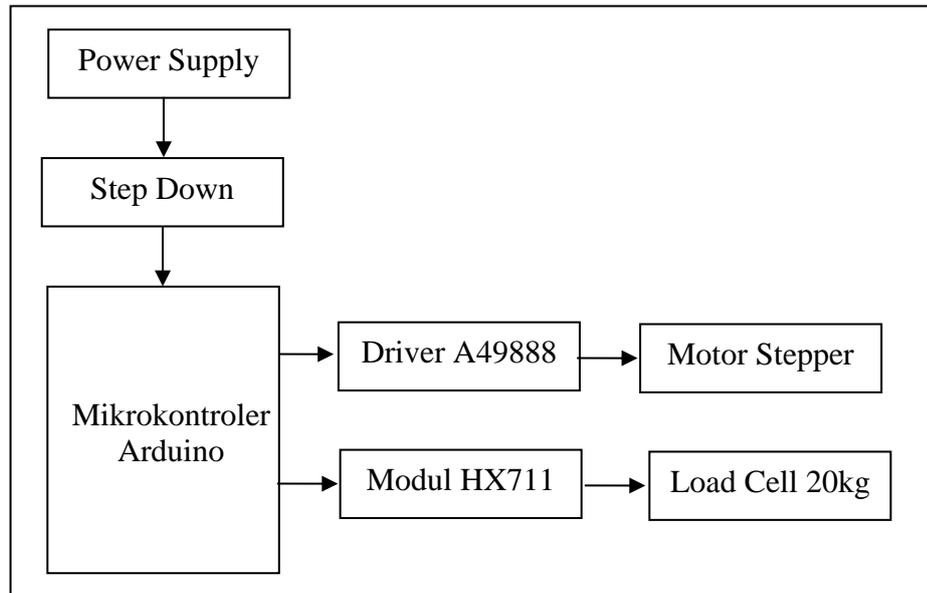
No.	Nama Alat	Jumlah
1.	Gerinda Potong	1 set
2.	Meteran	1 buah
3.	Penggaris Siku	1 buah
4.	Amplas	1 buah
5.	Mesin Cutting Akrilik	1 Set
6.	Mesin 3D Printer	1 Set
7.	Alumunium Profil 20x40	3 meter
8.	Akrilik	1 lembar
9.	Mur Baut	20 buah
10.	Coupler	1 buah
11.	Lead Screw	1 buah
12.	Nut Lead Screw	1 buah
13.	Motor Stepper Nema 23	1 buah
14.	Motor Driver Stepper A49888	1 buah
15.	Arduino Nano	1 buah
16.	Bluetooth HC-05	1 buah
17.	Power Supply	1 buah
18.	Kabel Jumper	1 set
19.	Kabel Data	1 buah
20.	Dryer Box	1 buah
21.	Laptop	1 buah
22.	Step Down	1 buah
23.	Load Cell 20kg	1 buah
24.	Modul HX711	1 buah

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan

No.	Nama Bahan	Jumlah
1.	Filament PLA (Spesimen)	1 kg

c. Blok Diagram

Blok diagram adalah sebuah diagram berbentuk kotak (blok) yang digunakan untuk menjelaskan suatu proses kerja pada ilmu rekayasa atau engineering. Diagram blok ini paling sering digunakan untuk menjelaskan proses kerja dari suatu alat yang dibuat pada ilmu engineering atau teknik.



Gambar 3.3 Blok Diagram

Sumber : (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Blok diagram ini mempunyai beberapa fungsi, antara lain:

1) Menjelaskan proses kerja suatu alat atau sistem

Pada suatu proses tugas akhir atau Skripsi mahasiswa teknik, maka Diagram Blok merupakan bagian yang wajib ada dan sangat penting untuk menjelaskan proses kerja suatu alat yang dibuat.

2) Sebagai rancangan awal alat sebelum dibuat

Blok diagram ini digunakan sebagai rancangan awal alat yang akan dibuat oleh mahasiswa teknik. Dengan adanya diagram blok maka semuanya akan terlihat jelas seperti komponen yang digunakan, Input dan Output sistem, Proses kerja sistem secara runtut dan lain lain

3.5.2 Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen adalah proses pembuatan alat uji tarik yang akan dibuat peneliti, adapun pelaksanaan eksperimen alat uji tarik berbasis mikrokontroler arduino ini memiliki beberapa tahapan yaitu:

- a. Pembuatan rangkaian alat secara keseluruhan (*Wirring*) menggunakan *software* Fritzing
- b. Pembuatan logika program (*Coding*) menggunakan *software* Arduino IDE
- c. Pengoprasian alat serta pengujian menggunakan spesimen bahan PLA dengan menggunakan standart pengujian material uji tarik yaitu standart amerika ASTM E8

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah metode yang dipakai untuk mengumpulkan data-data penelitian. Artinya, dalam menulis maupun membuat karya ilmiah, penulis harus menentukan teknik pengumpulan data yang sesuai dan tepat. Dalam penelitian, teknik pengumpulan data diperlukan untuk meminimalisir terjadinya kesalahan, hambatan, atau permasalahan. Tidak hanya tepat, teknik pengumpulan data sebaiknya bersifat sistematis. (Sitanggang, 2022)

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan beberapa perbedaan perlakuan pada material filament PLA dan saat proses pencetakan spesimen. Pada material filament PLA diberikan perlakuan berbeda yaitu tanpa menggunakan *dryer box* atau tanpa melakukan proses pengeringan dan perlakuan dengan menggunakan *dryer box*. Pada perlakuan menggunakan *dryer box* ada dua perbedaan yaitu dengan suhu 40°C dan 50°C. Dan ada lagi perbedaan dalam proses pencetakan specimen yaitu dengan perbedaan *temperature extruder* yaitu dengan suhu 200°C, 205°C dan 210°C.

Dari hasil perancangan alat uji berbasis arduino dan berdasarkan variabel yang ditentukan, maka pengumpulan data pada penelitian ini adalah:

Tabel 3.3 Pengujian Spesiment PLA *Non Dryer*

No.	Variabel	Temperatur		
		200°C	205°C	210°C
1.	<i>Non Dryer</i>			
2.				
3.				
4.				
5.				

Tabel 3.4 Pengujian Spesiment PLA dengan *Dryer 40°C*

No.	Variabel	Temperatur		
		200°C	205°C	210°C
1.	<i>Dryer 40°C</i>			
2.				
3.				
4.				
5.				

Tabel 3.5 Pengujian Spesiment PLA dengan *Dryer 50°C*

No.	Variabel	Temperatur		
		200°C	205°C	210°C
1.	<i>Dryer 50°C</i>			
2.				
3.				
4.				
5.				

Pengujian dilakukan dengan 2 metode yang berbeda yaitu dengan metode pendingin menggunakan *dryer box* dan tanpa menggunakan metode pendingin. Pada setiap pengujian dilakukan peneliti menyiapkan 3 sampel atau spesimen

yang dengan bahan yang dasar filament PLA yang dicetak pada 3D printer menggunakan standart uji tarik amerika yaitu ASTM E8 dengan dimensi 200mm x 20mm x 10mm sebanyak 6 spesimen.

3.7 Teknik Analisa Data

Teknik analisa data ini menggunakan Metode Analisa Deskriptif. Analisa Deskriptif adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui keberadaan variabel mandiri, baik hanya pada satu variabel atau lebih (variabel yang berdiri sendiri) tanpa membuat perbandingan dan mencari hubungan variabel itu dengan variabel yang lain. (Sugiyono, 2015) Sehingga pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa metode analisa deskriptif dengan pendekatan kuantitatif merupakan metode yang bertujuan menggambarkan secara sistematis dan faktual tentang fakta-fakta serta hubungan antar variabel yang diselidiki dengan cara mengumpulkan data, mengolah, dan menginterpretasi data dalam pengujian hipotesis statistik

3.8 Jadwal Penelitian

Tabel 3.6 Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan Ke-					
		1	2	3	4	5	6
1.	Mencari jurnal yang berkaitan dengan alat uji tarik						
2.	Pembuatan Proposal Skripsi						
3.	Seminar Proposal						
4.	Mempersiapkan kebutuhan alat dan bahan						
5.	Merakit alat uji tarik						

6.	Penyusunan Laporan hasil penelitian						
7.	Seminar Hasil						
8.	Sidang Skripsi						

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Alat Uji Tarik

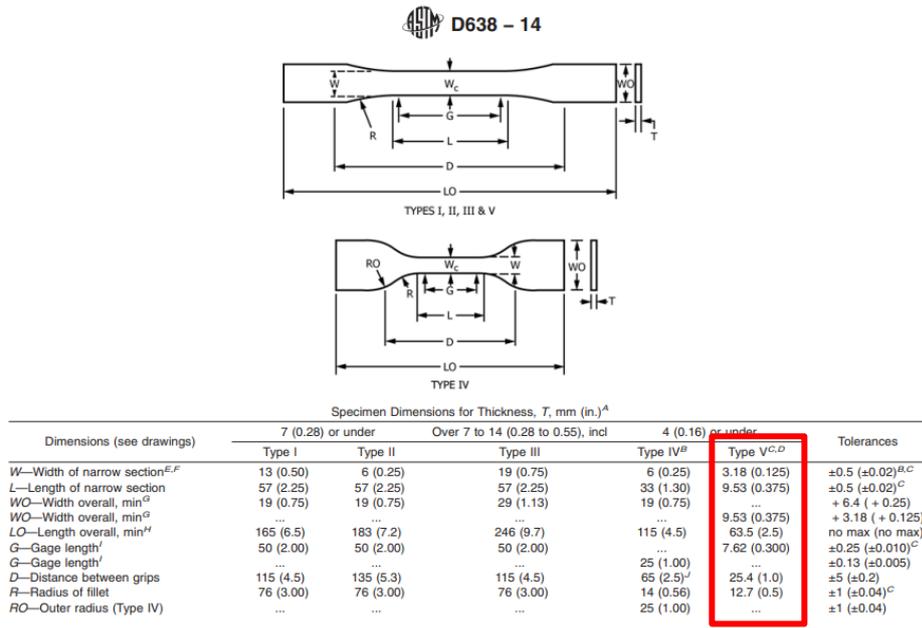
Penelitian ini merupakan analisa kualitas dari spesimen material PLA dengan menggunakan alat uji tarik mini berbasis mikrokontroler arduino. Pada alat yang telah dirancang dibawah ini oleh peneliti yaitu sesuai dengan namanya uji tarik yaitu alat ini dapat menarik spesimen yang telah ditempatkan pada holder. Kemudian alat akan menarik kebawah sehingga pada tampilan LCD atau layar akan menampilkan nilai dari daya tarik yang dihasilkan.



Gambar 4.1 Alat Uji Tarik Mini Berbasis Arduino

4.1.2 Spesifikasi Spesimen

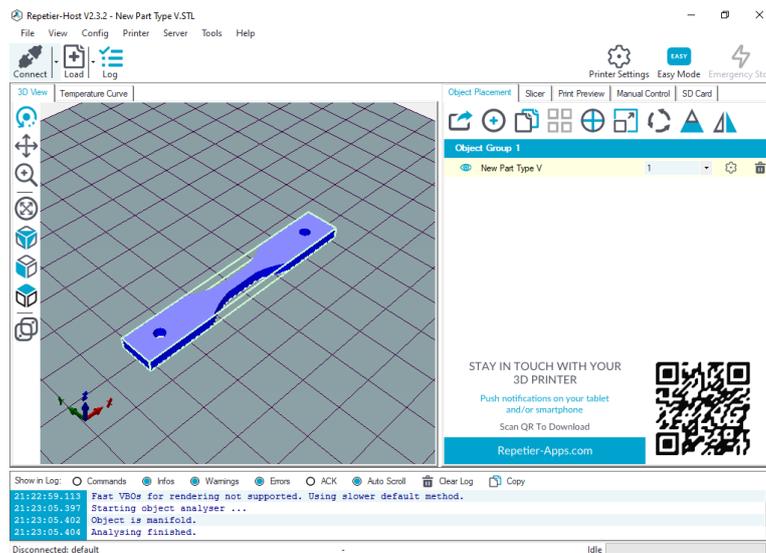
Desain spesimen untuk uji tarik sesuai standar ASTM D-638 tipe V dengan menggunakan *software* 2D. Dimensi dari spesimen ini ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Dimensi Spesimen *Designation: D638 – 14*

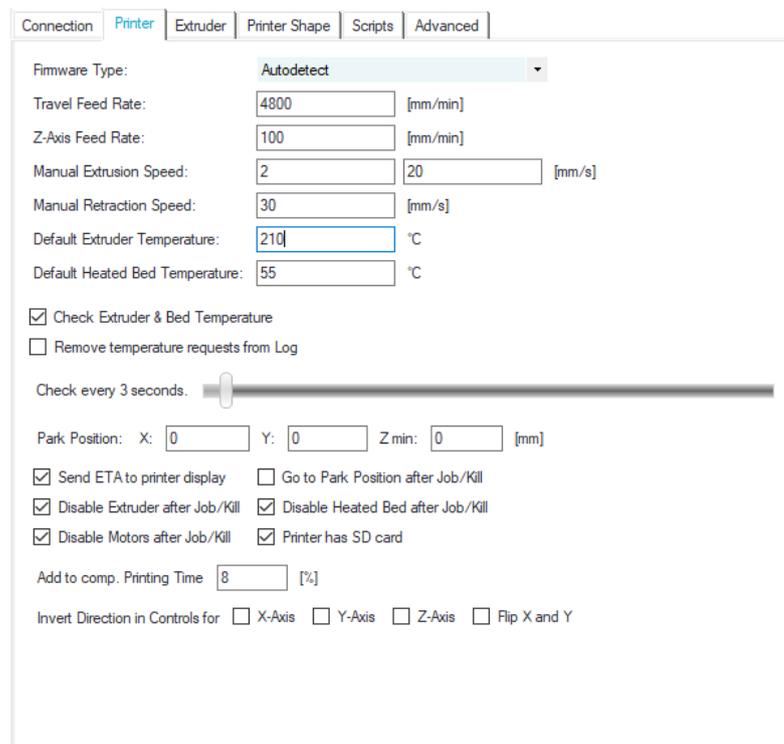
4.1.3 Proses Pencetakan Spesimen

Pengaturan parameter pencetakan dilakukan berdasarkan parameter proses yang telah ditentukan dan parameter tersebut diolah menggunakan software slicing yaitu Repitier. Setelah dilakukan slicing, file di-export dengan format G-code yang kemudian akan ditransfer ke dalam mesin 3D printer menggunakan micro-SD card.



Gambar 4.3 Pencetakan Spesimen Dengan *Software Repitier*

Setelah mendapatkan G-Code yang akan digunakan maka lakukan persiapan pencetakan spesimen uji menggunakan mesin 3D printer merek Anet ET4 seperti: melakukan kalibrasi mesin 3D printer untuk menghasilkan permukaan yang datar pada bed, memindahkan G-Code dari PC ke dalam mesin menggunakan MicroSD, memanaskan nozzle dan bed hingga ke suhu yang di inginkan dan memasang filamen yang digunakan ke dalam mesin. Setelah selesai melakukan persiapan maka langkah selanjutnya adalah mencetak spesimen uji hingga 45 spesimen dengan variasi suhu *nozzle*, *dryer box* yang berbeda-beda sebagai variabel pembanding.



The screenshot shows the 'Printer' configuration window in Repitier software. The 'Printer' tab is active, and the settings are as follows:

- Connection: Printer
- Extruder: Extruder
- Printer Shape: Printer Shape
- Scripts: Scripts
- Advanced: Advanced
- Firmware Type: Autodetect
- Travel Feed Rate: 4800 [mm/min]
- Z-Axis Feed Rate: 100 [mm/min]
- Manual Extrusion Speed: 2 [mm/s] (with a secondary value of 20 [mm/s])
- Manual Retraction Speed: 30 [mm/s]
- Default Extruder Temperature: 210 °C
- Default Heated Bed Temperature: 55 °C
- Check Extruder & Bed Temperature
- Remove temperature requests from Log
- Check every 3 seconds. (Slider set to 3)
- Park Position: X: 0 Y: 0 Z min: 0 [mm]
- Send ETA to printer display Go to Park Position after Job/Kill
- Disable Extruder after Job/Kill Disable Heated Bed after Job/Kill
- Disable Motors after Job/Kill Printer has SD card
- Add to comp. Printing Time: 8 [%]
- Invert Direction in Controls for: X-Axis Y-Axis Z-Axis Flip X and Y

Gambar 4.4 Konfigurasi *Software* Repitier

4.1.4 Proses Pengambilan Data

Setelah semua spesimen uji tercetak dan telah diberi tanda maka selanjutnya menyiapkan mesin uji tarik yang akan digunakan, selanjutnya memasang dan mengatur titik nol pada benda uji dalam cekam mesin uji, dan

melakukan pengujian dengan menekan tombol TEST pada alat untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik dari spesimen yang telah dicetak.

Kalibrasi merupakan proses yang bertujuan untuk menentukan nilai yang terkait dengan suatu peralatan atau sistem. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan atau sistem dapat memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan dalam pengukuran atau pengolahan data. Kalibrasi *Load Cell* yaitu merubah hasil pembacaan dari berupa signal VDC menjadi berat (Kg) yang dapat di lihat pada gambar 2.13. Kemudian sesuai dengan proses pengujian pada spesimen dengan metode uji tarik yaitu merubah hasil dari berat (Kg) menjadi sebuah satuan Pascal (Pa).

4.1.5 Hasil Pengujian

Pengujian tarik yang telah dilakukan menggunakan mesin uji tarik mini berbasis mikrokontroler arduino akan menghasilkan nilai kekuatan tarik. Di mana nilai kekuatan yang dihasilkan sesuai dengan tujuan penelitian ini. Hasil pengujian tarik ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1 Pengujian Spesiment PLA *Non Dryer*

No.	Variabel	Temperatur		
		200°C	205°C	210°C
1.	<i>Non Dryer</i>	190.63 Pa	187.37 Pa	176.06 Pa
2.		189.91 Pa	182.30 Pa	173.43 Pa
3.		187.74 Pa	180.67 Pa	174.64 Pa
4.		180.02 Pa	179.60 Pa	163.85 Pa
5.		170.91 Pa	159.76 Pa	156.63 Pa
Rata-rata (Pa)		183.84	177.94	168.92

Tabel 4.2 Pengujian Spesiment PLA dengan *Dryer* 40°C

No.	Variabel	Temperatur		
		200°C	205°C	210°C
1.	<i>Dryer</i> 40°C	173.59 Pa	171.48 Pa	176.43 Pa
2.		172.96 Pa	168.62 Pa	170.23 Pa
3.		167.36 Pa	172.00 Pa	170.21 Pa
4.		170.78 Pa	170.70 Pa	168.41 Pa
5.		169.68 Pa	149.25 Pa	160.74 Pa
Rata-rata (Pa)		170.87	166.41	169.20

Tabel 4.3 Pengujian Spesiment PLA dengan *Dryer* 50°C

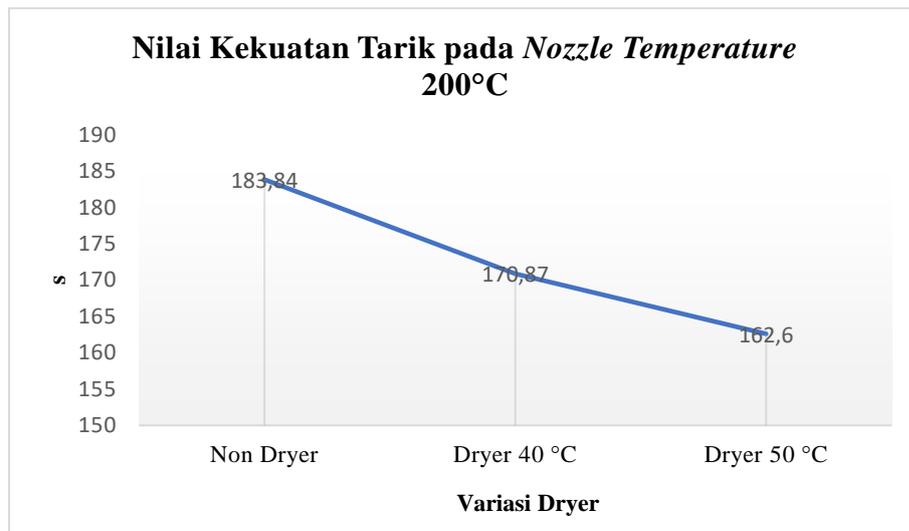
No.	Variabel	Temperatur		
		200°C	205°C	210°C
1.	<i>Dryer</i> 50°C	166.62 Pa	170.95 Pa	157.56 Pa
2.		163.78 Pa	161.52 Pa	159.18 Pa
3.		165.41 Pa	163.67 Pa	162.55 Pa
4.		161.86 Pa	155.74 Pa	161.66 Pa
5.		155.34 Pa	144.48 Pa	160.78 Pa
Rata-rata (Pa)		162.60	159.27	160.34

Dari tabel di atas diperoleh data yang menunjukkan bahwa variasi parameter yang digunakan akan mempengaruhi nilai kekuatan tarik dari setiap spesimen uji di mana data tersebut menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Dengan orientasi pencetakan yang berbeda maka terlihat bahwa orientasi pencetakan akan berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik produk 3D printing.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa Hasil Pengujian Tarik pada *Nozzle Temperature* 200°C

Untuk mengetahui perbedaan nilai kekuatan tarik pada *nozzle temperature* 205°C di setiap infill pattern yang digunakan, maka grafik hasil pengujian tarik pada *nozzle temperature* 205°C dapat digunakan untuk melihat perbedaan nilai kekuatan tarik yang ditunjukkan pada Gambar 4.6.

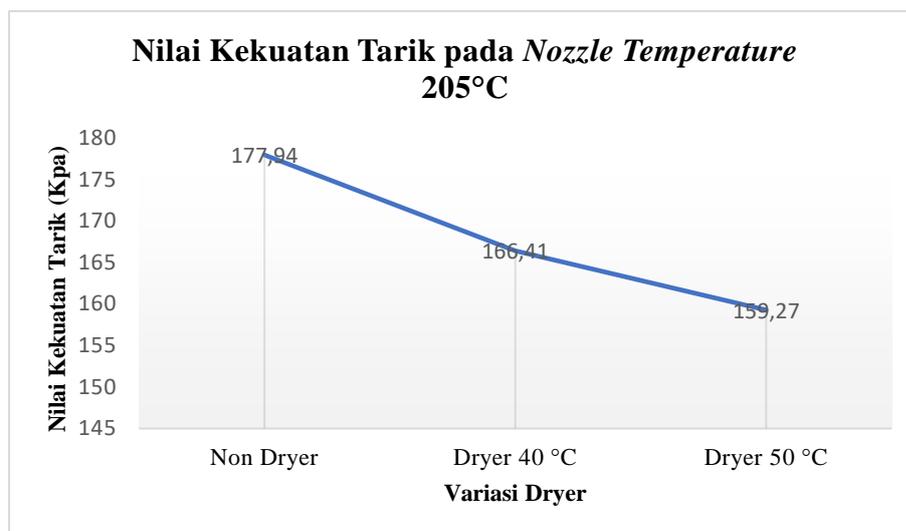


Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian *Nozzle Temperature* 200°C

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai kekuatan tarik pada spesimen uji yang menggunakan *nozzle temperature* sebesar 205°C memiliki perbedaan. Perbedaan ini menyebabkan adanya nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah. Nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada spesimen uji *Non Dryer* atau tanpa menggunakan *Dryer* memiliki kekuatan tarik sebesar 183.84 Pa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah sebesar 162.60 Pa yang menggunakan *Dryer* dengan suhu 50°C.

4.2.2 Analisa Hasil Pengujian Tarik pada *Nozzle Temperature* 205°C

Nilai kekuatan tarik spesimen uji yang menggunakan *nozzle temperature* sebesar 205°C memiliki perbedaan pada setiap variabel yang digunakan. Perbedaan kekuatan tarik ini menyebabkan adanya nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah. Perbedaan nilai kekuatan tarik ini dapat dilihat pada grafik hasil pengujian tarik pada *nozzle temperature* 205°C yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.



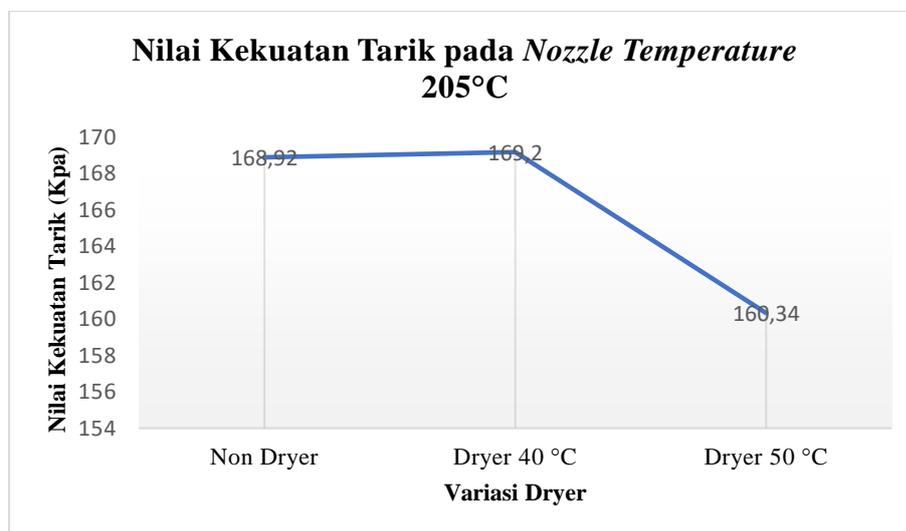
Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian *Nozzle Temperature* 205°C

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai kekuatan tarik pada spesimen uji yang menggunakan *nozzle temperature* sebesar 205°C memiliki perbedaan. Perbedaan ini menyebabkan adanya nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah. Nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada spesimen uji *Non Dryer* atau tanpa menggunakan *Dryer* memiliki kekuatan tarik sebesar 177.94 Pa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah sebesar 159.27 Pa yang menggunakan *Dryer* dengan suhu 50°C.

4.2.3 Analisa Hasil Pengujian Tarik pada *Nozzle Temperature* 210°C

Nilai kekuatan tarik spesimen uji yang menggunakan *nozzle temperature* sebesar 210°C memiliki perbedaan pada setiap variabel yang digunakan. Perbedaan kekuatan tarik ini menyebabkan adanya nilai kekuatan tarik

tertinggi dan terendah. Perbedaan nilai kekuatan tarik ini dapat dilihat pada grafik hasil pengujian tarik pada *nozzle temperature* 210°C yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.



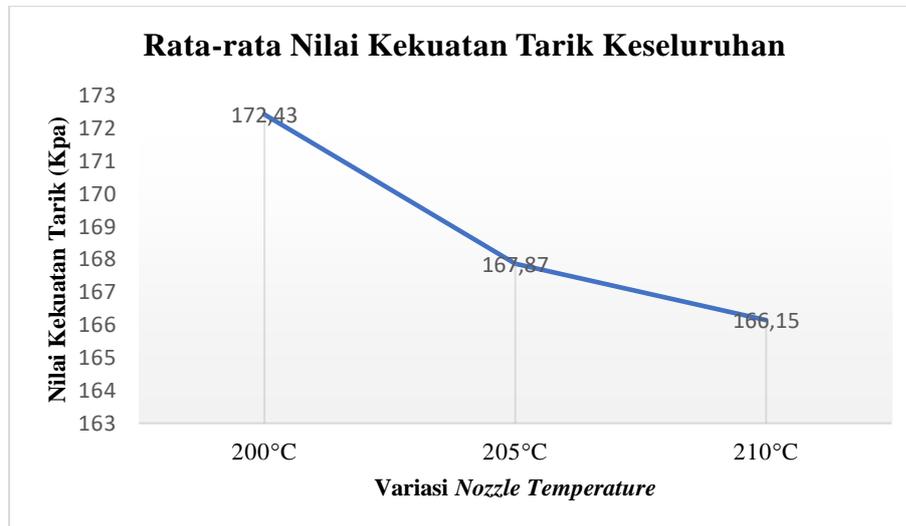
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian *Nozzle Temperature* 210°C

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai kekuatan tarik pada spesimen uji yang menggunakan *nozzle temperature* sebesar 210°C memiliki perbedaan. Perbedaan ini menyebabkan adanya nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah. Nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada spesimen uji menggunakan *Dryer* dengan suhu 50°C memiliki kekuatan tarik sebesar 169.20 Pa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah sebesar 160.34 Pa yang menggunakan *Dryer* dengan suhu 50°C.

4.2.4 Analisa Hasil Pengujian Tarik pada *Nozzle Temperature* 200°C, 205°C dan 210°C

Untuk mengetahui apakah *nozzle temperature* memiliki pengaruh terhadap hasil pengujian tarik dari spesimen yang di cetak menggunakan mesin 3D printing, maka hasil dari pengujian tarik akan di kumpulkan dan di rata-ratakan sesuai dengan suhu pada *nozzle* yang digunakan. Perhitungan rata-rata nilai kekuatan tarik pada *nozzle temperature* 200°C, 205°C, dan 210°C terdapat pada Lampiran 2. Hasil dari rata-rata pengujian tarik sesuai dengan varian level

nozzle temperature memiliki perbedaan nilai kekuatan tarik di setiap suhunya yang dapat dilihat pada grafik rata-rata nilai kekuatan tarik pada nozzle temperature 200°C, 205°C dan 210°C yang ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Rata-rata Nilai Kekuatan Tarik

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa nozzle temperature memiliki pengaruh terhadap nilai kekuatan tarik pada proses pengeprinan spesimen menggunakan mesin 3D printing dengan orientasi pengeprinan vertikal sebesar 90°. Semakin tinggi temperatur yang digunakan pada nozzle maka akan semakin rendah pula rata-rata nilai kekuatan tarik yang dihasilkan. Dimana pada saat suhu pada nozzle sebesar 200°C maka rata-rata nilai kekuatan tarik yang dihasilkan sebesar 172.43 Pa, pada saat suhu pada nozzle dinaikan menjadi 205°C pada proses pengeprinan maka rata-rata nilai kekuatan tarik berkurang sebesar 8.56 Pa dan pada suhu 210°C nilai rata-rata kekuatan kembali dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 166.15 Pa.

Berkurangnya nilai kekuatan tarik yang dipengaruhi oleh semakin tingginya suhu yang digunakan pada nozzle dapat menunjukkan bahwa *nozzle temperature* dapat mempengaruhi nilai dari kekuatan tarik produk 3D printing.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan perbedaan *nozzle temperature* akan memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik produk 3D printing dengan orientasi sudut pencetakan vertikal sebesar 90° menggunakan filamen *polylactic acid* (PLA). Adapun hasil yang didapat dari uji tarik ini adalah:

1. Dari hasil yang didapat tanpa menggunakan *dryer* dengan suhu *nozzle* 200°C nilai terendah sebesar 170.91 Pa dan nilai tertinggi sebesar 190.63 Pa. Pada pengujian dengan suhu *nozzle* 205°C nilai terendah sebesar 159.76 Pa dan nilai tertinggi sebesar 187.37 Pa. Pada pengujian dengan suhu *nozzle* 210°C nilai terendah sebesar 156.63 Pa dan nilai tertinggi sebesar 176.06 Pa.
2. Dari hasil yang didapat menggunakan *dryer* 40°C dengan suhu *nozzle* 200°C nilai terendah sebesar 167.36 Pa dan nilai tertinggi sebesar 173.59 Pa. Pada pengujian dengan suhu *nozzle* 205°C nilai terendah sebesar 149.25 Pa dan nilai tertinggi sebesar 172.00 Pa. Pada pengujian dengan suhu *nozzle* 210°C nilai terendah sebesar 160.74 Pa dan nilai tertinggi sebesar 176.43 Pa.
3. Dari hasil yang didapat menggunakan *dryer* 50°C dengan suhu *nozzle* 200°C nilai terendah sebesar 15534 Pa dan nilai tertinggi sebesar 16662 Pa. Pada pengujian dengan suhu *nozzle* 205°C nilai terendah sebesar 14448 Pa dan nilai tertinggi sebesar 17095 Pa. Pada pengujian dengan suhu *nozzle* 210°C nilai terendah sebesar 157.56 Pa dan nilai tertinggi sebesar 162.55 Pa.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, penulis menyadari bahwa penelitian ini masih dapat dikembangkan lagi karena masih terdapat beberapa

jenis filamen termoplastik, parameter proses, dan jenis pengujian lainya yang dapat digunakan pada penelitian selanjutnya sehingga hasil pencetakan produk 3D printing dapat di aplikasikan pada suatu produk khususnya yang dapat bermanfaat di bidang industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdhul, Y. (2022). *Landasan Teori: Pengertian, Isi, Langkah Membuat dan Contoh*. <https://deepublishstore.com/blog/landasan-teori/>
<https://deepublishstore.com/blog/landasan-teori/>
- Andre. (2018). *Tutorial Belajar C Part 1: Pengertian Bahasa Pemrograman C*. www.duniaikom.com. <https://www.duniaikom.com/tutorial-belajar-c-pengertian-bahasa-pemrograman-c/>
- Askeland, D. (1985). *The Science and Engineering of Material (Alternate)*. PWS Engineering.
- Aslah, T. Y., Wowor, H. F., Tulenan, V., & Taufanaslahgmailcom, E. (2017). *Perancangan Animasi 3D Objek Wisata Museum Budaya Watu Pinawetengan*. 11(1).
- Azissyukhron, M., & Hidayat, S. (2018). *Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite*. 1–5.
- Comaro, J., Malik, I., & Karmin. (2020). *Perancangan Dan Pengembangan Alat Uji Tarik Mini Berbasis Arduino Untuk Spesimen Non-Ferro*. 1(1), 55–62.
- Fachruddin, I. (2009). *Desain Penelitian*. Jurusan Matematika, Fakultas Saints Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
- Firmansyah. (2020). *Tensile Test: Pengertian, Prosedur, Acceptance dan Standard*. <https://www.detech.co.id/tensile-test/>
<https://www.detech.co.id/tensile-test/>
- Gunatillake, P. A., & Adhikari, R. (2003). Biodegradable synthetic polymers for tissue engineering. *Eur Cells and Materials*, 5:1-16.
- Jamaludin. (2018). *Analisa Perhitungan Dan Pemilihan Load Cell Pada Rancang Bangun Alat Uji Tarik Kapasitas 3 Ton*. 2(1).
- Kho, D. (2022). *Pengertian Mikrokontroler (Microcontroller) dan Strukturnya*. Teknik Elektro. <https://teknikelektronika.com/pengertian-mikrokontroler-microcontroller-struktur-mikrokontroler/>
- Mardiastuti, A. (2022). *Pengertian Tinjauan Pustaka Adalah: Manfaat dan Cara*

- Membuatnya*. Www.Detik.Com. [https://www.detik.com/jabar/berita/d-6238975/pengertian-tinjauan-pustaka-adalah-manfaat-dan-cara-membuatnya#:~:text=Tinjauan pustaka \(literature review\) adalah,yang dibutuhkan untuk proposal penelitian.](https://www.detik.com/jabar/berita/d-6238975/pengertian-tinjauan-pustaka-adalah-manfaat-dan-cara-membuatnya#:~:text=Tinjauan%20pustaka%20(literature%20review)%20adalah,yang%20dibutuhkan%20untuk%20propos%20al%20penelitian.)
- Nasution. (2009). *Metode Research (Penelitian Ilmiah)*. Jakarta: Bumi Aksara. *Permendiknas No. 22 Tahun 2006 Tentang Standar Isi*.
- Nugroho, F. J. (2017). *Proses Menandai Sample Uji Tarik Besi Baja*. <Http://Sipil.Polines.Ac.Id/Sipil/Node/126>.
<http://sipil.polines.ac.id/sipil/node/126>
- Pambudi, G. W. (2018). *Cara Menggunakan modul sensor berat / loadcell hx711 dengan Arduino*. Www.Cronyos.Com. <https://www.cronyos.com/cara-menggunakan-modul-sensor-berat-loadcell-hx711-dengan-arduino/>
- Pasaribu, M. J., Romaji, B. Y. S., Rahmawati, Y., & Taufany, F. (2021). *Pra Desain Pabrik Poly Lactic Acid (PLA) dari Porang*. 10(2).
- Pratama, W. H., Hasdiansah, & Husman. (2021). *Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Material Filamen PLA + Menggunakan Metode Taguchi*. 3(1), 39–45.
- Rasyid, A. (2020). *Pengertian Sensor Beban Load Cell*. Elektro. <https://www.samrasyid.com/2020/12/pengertian-sensor-beban-load-cell.html>
- Sari, A. M. (2021). *Apa Itu Bahasa Pemrograman dan 5 Contoh Bahasa Pemrograman*. Fikti.Umsu.Ac.Id. <https://fikti.umsu.ac.id/apa-itu-bahasa-pemrograman-dan-5-contoh-bahasa-pemrograman/>
- Sitanggang, D. D. K. P. (2022). *Jenis Teknik Pengumpulan Data beserta Pengertian dan Contohnya*. Www.Detik.Com. [https://www.detik.com/jabar/berita/d-6202830/jenis-teknik-pengumpulan-data-beserta-pengertian-dan-contohnya#:~:text=Teknik pengumpulan data adalah metode,data yang sesuai dan tepat.](https://www.detik.com/jabar/berita/d-6202830/jenis-teknik-pengumpulan-data-beserta-pengertian-dan-contohnya#:~:text=Teknik%20pengumpulan%20data%20adalah%20metode,data%20yang%20sesuai%20dan%20tepat.)
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D* (A. Bandung (ed.)).
- Syafa'at, I., Setyawan, P., & Mujiarto, I. (2022). *Analisis Pengaruh Bentuk Infill*

Terhadap Kekuatan Tarik Pada Spesimen Astm D638-14 Material Polylatic Acid Produk Mesin Cetak 3D. 18(2), 113–118.

Syafitri, I. (2022). *Pengertian Program dan Fungsinya Beserta Contoh-Contoh Program.* Www.Nesabamedia.Com.

<https://www.nesabamedia.com/pengertian-program/>

Trisaplin, R. D., Suzen, Z. S., & Subkhan. (2021). *Analisis Pada Proses 3d Printer Terhadap Pengujian Tarik Menggunakan Filamen Pla Pro. 2(12), 2107–2117.*

Tuerah, F., Umboh, M., & Rondonuwu, I. (2021). *Automasi Alat Uji Tarik Tipe Terco Mt 3017 Berbasis Microcontroller. 9(1), 10–21.*

Zwick, & Roell. (2019). *ASTM E8 / ASTM E8M Metode uji standar untuk pengujian tarik bahan logam.* <https://Www.Zwickroell.Com/Id/Perusahaan/Sejarah/>.
<https://www.zwickroell.com/id/perusahaan/sejarah/>

LAMPIRAN





































