



**RANCANG BANGUN 3D *PRINTER DELTA* DENGAN *PRINTING*
SIZE 160 X 180 MM MENGGUNAKAN KONTROLLER
ARDUINO MEGA 2560 DAN FIRMWARE MARLIN**

SKRIPSI

FAHRIZA DWIKI SAPUTRA

18650020

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

2022



**RANCANG BANGUN 3D *PRINTER DELTA* DENGAN *PRINTING*
SIZE 160 X 180 MM MENGGUNAKAN KONTROLLER
ARDUINO MEGA 2560 DAN FIRMWARE MARLIN
SKRIPSI**

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

FAHRIZA DWIKI SAPUTRA

18650020

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

2022

LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN 3D *PRINTER DELTA* DENGAN *PRINTING* *SIZE 160 X 180 MM* MENGGUNAKAN KONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 DAN FIRMWARE MARLIN

Disusun dan diajukan oleh

Fahriza Dwiki Saputra

18650020

Semarang, 16 September 2022

Pembimbing I



Yuris Setyabadi, S.Pd., M.T

NIP/NPP. 138201417

Pembimbing II



Rifki Hermana, S.T., M.T

NIP/NPP. 208001557

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN 3D *PRINTER DELTA* DENGAN *PRINTING* *SIZE 160 X 180 MM* MENGGUNAKAN KONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 DAN FIRMWARE MARLIN

Di susun dan diajukan oleh

Fahriza Dwiki Saputra

18650020

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 22 September 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

Ketua



Dr. Slamet Supriyadi, M. Env. St

NIP/NPP 195912281986031003


Sekretaris



Aan Burhanudin, S.T., M.T

NIP/NPP 1483301458

Penguji I



Aan Burhanudin, S.T., M.T

NIP/NPP 1483301458

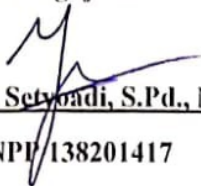
Penguji II



Agus Mukhtar, S.Pd., M.T

NIP/NPP 1481011429

Penguji III



Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T

NIP/NPP 138201417

MOTO DAN PERSEMBAHAN

Moto :

1. Terwujud ataupun tidak terwujud, tetaplah bersujud. Allah maha adil, janganlah khawatir terhadap hasil.
2. Setiap manusia punya caranya masing-masing untuk menikmati proses hidup. Maka dari itu, jangan berusaha merusaknya dengan menyamakan perbedaan itu, Bersama tak harus sama.

Persembahan :

Kupersembahkan skripsi ini untuk :

1. Allah SWT yang selalu memberikan kenikmatan kepada kita semua.
2. Ibu Sri Astutik, Bapak Muntasir dan anggota keluarga tercinta.
3. Keluarga teknik mesin angkatan 2018.
4. Almamaterku Universitas PGRI Semarang.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fahriza Dwiki Saputra

NPM : 18650020

Progdi : Teknik Mesin S1

Fakultas : Teknik dan Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya buat ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan plagiatisme.

Apabila pada kemudian hari skripsi ini terbukti hasil plagiatisme, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Semarang, 22 September 2022

Yang membuat pernyataan



Fahriza Dwiki Saputra

NPM. 18650020

ABSTRAK

3D *printer* merupakan sebuah mesin untuk mencetak produk berbentuk 3 dimensi, mesin ini memiliki ketelitian yang tinggi, oleh karena itu, dalam proses percetakan yang dilakukan mesin ini akan memperoleh hasil yang maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses perancangan mesin 3D Printer Delta dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan *kontroller* arduino mega 2560 dan firmware marlin, serta untuk mengetahui kepresisian hasil cetakan antara 3D Printer Delta dengan *printing size* 160 x 180 mm dan 3D Printer Delta Dobot Mooz 3. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen (*experimental*) yang bertujuan agar data hasil pengujian alat menjadi standarisasi kelayakan dari alat 3D Printer Delta dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan *kontroller* arduino mega 2560 dan firmware marlin.

Dari 10 kali proses *printing* kedua 3D *print* dengan toleransi ukuran 0.05 mm. 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm didapat nilai yang melebihi batas toleransi atau kegagalan di panjang pada angka 29.75 mm, untuk nilai *error* sebesar 2,2%, di lebar pada angka 20.14 mm dan 19.90 mm, untuk nilai *error*nya 1,8%, sedangkan pada tinggi diangka 14.91 mm nilai *error*nya 1%. sedangkan mesin 3D *print delta Dobot Mooz 3* didapat nilai yang melebihi batas toleransi atau kegagalan di panjang pada angka 30.10 mm untuk nilai *error*nya 1,2%, di lebar pada angka 20.06 mm dan 19.91 mm, nilai *error*nya 1,3%, sedangkan pada tinggi diangka 15.08 mm dan 15.11 mm nilai *error*nya 1,2%.

Kata kunci : *3D Printer, Arduino Mega 2560, Repetier Host.*

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang atas segala nikmat yang telah diberikan untuk penulis. Tiada alasan bagi penulis untuk berhenti bersyukur, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Skripsi yang berjudul “Rancang Bangun 3D *Printer Delta* Dengan *Printing Size* 160 X 180 mm Menggunakan Kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin”. ini disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Penyusunan skripsi ini memang tidak mudah. Namun berkat bimbingan, bantuan, nasihat 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. Dr. Sri Suciati, M.Hum selaku Rektor Universitas PGRI Semarang.
2. Dr. Slamet supriyad M.Env. S.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
3. Aan Burhanudin, S.Pd., M.T. Selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
4. Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T. Selaku pembimbing I dalam skripsi ini.
5. Rifki Hermana S.T., M.T. Selaku pembimbing II dalam skripsi ini.
6. Semua Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang yang telah memberikan ilmunya untuk kami selama menempuh perkuliahan.
7. Ayah dan Ibunda tercinta beserta semua keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan bimbingan kepada kami.
8. Teman-teman kelas A Teknik Mesin yang telah membantu dalam kelancaran skripsi ini.
9. Bapak Ridwan yang memberikan pengalaman tentang konfigurasi perakitan *3D Printer Delta*.
10. Semua pihak yang telah membantu, sehingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis yakin, tanpa bantuan dari berbagai pihak terkait, skripsi ini tidak akan berjalan dengan lancar. Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kemajuan bersama. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya dan serta dapat menambah wawasan keilmuan bersama.

Semarang, 22 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MOTO DAN PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
ABSTRAK.....	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan Skripsi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Kajian Pustaka.....	5
2.2. Mesin 3D <i>Printing</i>	6
2.3. Jenis-jenis <i>Printer 3D</i>	9
2.4. Filament PLA (Poly Lactic Acid)	11
2.5. Arduino Mega 2560	12
2.6. Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	13
2.7. Motor Stepper.....	14
2.8. Power Supply	15
2.9. Firmware Marlin	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1. Deskripsi Alat.....	17
3.2. Pendekatan Penelitian	17

3.3.	Lokasi Penelitian.....	18
3.4.	Variabel Penelitian.....	18
3.5.	Bahan dan Alat Penelitian.....	19
3.6.	Perancangan Blok Diagram.....	19
3.7.	Spesifikasi Alat.....	21
3.8.	Rangkaian <i>Circuit</i> Diagram Keseluruhan.....	21
3.9.	Diagram Alir Penelitian.....	22
3.10.	Desain Alat.....	25
3.11.	Proses Perancangan.....	26
3.12.	Material dan Desain yang akan di Uji Coba.....	29
3.13.	Proses Membuat Desain Menggunakan Software Solidwork2018.....	31
3.14.	Persiapan File Siap Cetak.....	32
3.15.	Simulasi Percetakan.....	32
3.16.	Toleransi Umum.....	35
3.17.	Nilai Standart Error.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1.	Hasil Perancangan Alat.....	36
4.2.	Pencetakan 3D <i>Printer Delta</i> dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm.....	36
4.3.	Percetakan Mesin 3D Printer Delta Dobot Mooz 3.....	37
4.4.	Hasil dan Pembahasan Pengujian Eksperimen.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		49
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....		50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Frame 3D Printer.....	7
Gambar 2.2	Print head 3D printer.....	7
Gambar 2.3	Nozzle 3d printer.....	8
Gambar 2.4	Build platform atau bed 3D printer.....	8
Gambar 2.5	Electronics Control 3D printer.....	9
Gambar 2.6	Mesin <i>3D Printer</i> Model Delta.....	10
Gambar 2.7	3D Printer model Cartesian.....	10
Gambar 2.8	3D Printer CoreXY.....	11
Gambar 2.9	Filament/bahan PLA (Poly Lactic Acid).....	12
Gambar 2.10	Arduino Mega 2560.....	13
Gambar 2.11	Motor Stepper.....	15
Gambar 2.12	Power Suplly.....	15
Gambar 3.1	Blok diagram perancangan.....	20
Gambar 3.2	Rangkaian diagram keseluruhan sistem yang terhubung.....	22
Gambar 3.3	Flow Chart alir penelitian.....	23
Gambar 3.4	Flow chart perancangan alat.....	24
Gambar 3.5	Proses desain menggunakan solidwork.....	25
Gambar 3.6	Hasil jadi desain 3D printer delta.....	25
Gambar 3.7	Proses pemotongan dan perakitan alas.....	26
Gambar 3.8	Proses pemotongan dan perakitan dudukan lengan.....	26
Gambar 3.9	Hasil jadi dudukan lengan.....	27

Gambar 3.10 Hasil perakitan perkabelan.....	27
Gambar 3.11 Proses perakitan lengan ayun, <i>hotten</i> , dan <i>fan</i>	28
Gambar 3.12 Proses perakitan lengan ayun, pada <i>frame</i> dan <i>limit switch</i>	28
Gambar 3.13 Hasil jadi alat serta proses uji coba.....	29
Gambar 3.14 Pembuatan balok dengan $p = 30$ mm, $\ell = 20$ mm, $t = 15$ mm.....	31
Gambar 3.15 Proses merubah format file bentuk (.stl).....	31
Gambar 3.16 Membuka file (.stl) dengan repetier host	32
Gambar 3.17 File format (.stl) ke software repetier host balok dengan Panjang = 30 mm, $\ell = 20$ mm, $t = 15$ mm.....	33
Gambar 3.18 Mengatur print speed 50 mm/s di repetier host	33
Gambar 3.19 Mengatur temperature pada repetier host	34
Gambar 3.20 Simulasi hasil akhir.....	34
Gambar 4.1 Hasil akhir 3D <i>Printer Delta</i>	36
Gambar 4.2 Hasil pencetakan 3D Printer Delta dengan printing size 160 x 180 mm... ..	37
Gambar 4.3 Hasil percetakan menggunakan 3D Printer Delta Dobot Mooz 3.....	37
Gambar 4.4 Grafik batas toleransi panjang balok 3D <i>printer delta</i> dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm	40
Gambar 4.5 Grafik batas toleransi lebar balok 3D <i>printer delta</i> dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm.....	41
Gambar 4.6 Grafik batas toleransi tinggi balok 3D <i>printer delta</i> dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm.....	43
Gambar 4.7 Grafik toleransi panjang balok 3D <i>printer delta Dobot Mooz 3</i>	44

Gambar 4.8 Grafik toleransi lebar balok 3D <i>printer delta Dobot Mooz 3</i>	45
Gambar 4.9 Grafik toleransi tinggi balok 3D <i>printer delta Dobot Mooz 3</i>	46
Gambar 4.10 Grafik nilai gagal pencetakan.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560	13
Tabel 3.1 Fungsi Komponen Blok Diagram	20
Tabel 3.2 Spesifikasi dari 3D Printer	21
Tabel 3.3 Pengujian Spesimen 3D <i>Printer Delta</i> dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm.....	30
Tabel 3.4 Pengujian Spesimen 3D <i>Printer Delta Dobot Mooz 3</i>	30
Tabel 3.5 Variasi Penyimpangan Toleransi Umum.....	35
Tabel 4.1 Parameter Percetakan Terbaik 3D <i>Printer Delta</i> dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin dan 3D <i>Printer Delta Dobot Mooz 3</i> dengan <i>Specimen Benda Balok</i>	38
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Benda Balok dengan 3D <i>Printer Delta</i> dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm.....	39
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Benda Balok dengan 3D <i>Printer Delta Dobot Mooz 3</i>	39
Tabel 4.4 Nilai <i>standart error</i> panjang 3D <i>printer delta</i> dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm.....	41
Tabel 4.5 Nilai <i>standart error</i> lebar 3D <i>printer delta</i> dengan <i>printing size</i> 160 x 180mm.....	42
Tabel 4.6 Nilai <i>standart error</i> tinggi 3D <i>printer delta</i> dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm.....	44
Tabel 4.7 Nilai <i>standart error</i> panjang 3D <i>printer delta</i> Dobot Mooz 3.....	45
Tabel 4.8 Nilai <i>standart error</i> lebar 3D <i>printer delta</i> Dobot Mooz 3.....	46

Tabel 4.9 Nilai <i>standart error</i> tinggi 3D <i>printer delta</i> Dobot Mooz 3.....	47
Tabel 4.10 Nilai gagal saat pencetakan.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil pengukuran Specimen 3D Printer Delta Dobot Mooz 3.....	53
Lampiran 2 Hasil pengukuran Specimen 3D Printer Delta dengan <i>Printing Size</i> 160 x 180mm.....	55
Lampiran 3 Lembar bimbingan skripsi Dosen Pembimbing I.....	56
Lampiran 4 Lembar bimbingan skripsi Dosen Pembimbing II.....	57
Lampiran 5 Desain 3D Printer Delta dengan printing size 160 x 180 mm.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini mengalami peningkatan yang sangat pesat. Pada revolusi industri 4.0 manusia menciptakan software dan alat yang canggih untuk membantu melakukan aktivitas sehari-hari khususnya dalam sektor industri. Perusahaan di bidang manufaktur di era revolusi industri 4.0 mengalami perkembangan yang sangat pesat. Industri manufaktur seiring berembangnya zaman dalam memproduksi barang jadi dari bahan baku mentah menjadi produk jadi harus memperhatikan kualitas desain dan inovasi terbaru untuk memperoleh hasil yang berkualitas sehingga dapat bersaing untuk mendapat pasar penjualan. (Sumantri, 2012).

3D *printing* merupakan *printer* yang memiliki teknologi canggih dan memiliki kemampuan khusus mencetak benda 3D objek dengan kemiripan hampir 100%. 3D *printer* adalah *printer* pengolah file digital dalam bentuk cetak, sebuah perusahaan manufaktur dalam melakukan produksi massal yang jumlahnya banyak untuk efisiensi waktu dan tenaga dibutuhkan alat cepat untuk membuat *prototype* sehingga mempermudah manusia dalam melakukan pekerjaannya salah satu alternatifnya adalah menggunakan 3D *printer*. (Ngo et al., 2018).

Ada beberapa tipe mesin 3D Printing yang digunakan, salah satu dari bentuk mesin 3D Printing yaitu tipe delta. Printer yang terdiri dari tower, top plate dan bottom plate sebagai komponen utama yang digerakan oleh motor, kemudian dihubungkan melalui idler pulley, sehingga mampu menggerakkan 3 lengan yang disambungkan pada carrier. Dengan bentuk segitiga untuk menopang platform setiap lengan yang saling bergerak x, y dan z untuk menentukan titik dengan mengubah sudut antara lengan. (Grutle, etc. 2015)

Pada proses pengembangan produk, merealisasikan desain menjadi sebuah *prototype* sangatlah penting khususnya dalam bidang manufaktur, pada umumnya pembuatan *prototype* membutuhkan waktu yang cukup lama,

sehingga industri membutuhkan mesin dengan ketelitian yang baik dan waktu pembuatan yang cepat dalam membuat *prototype*, salah satu keuntungan penggunaan 3D *printer* untuk membuat *prototype* adalah dapat membuat *prototype* dengan waktu yang sangat singkat. 3D *printer* menjadi alat penting yang dibutuhkan dalam dunia industri untuk mempercepat proses pembuatan *prototype*. 3D Printing merupakan salah satu terobosan inovasi terbaru dalam dunia teknologi. (Amri dan Sumbodo, 2018).

Penulis bermaksud merancang bangun 3D printer *delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin dengan tujuan untuk membuat 3D *printer delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm, yang lebih luas dari 3D *printer delta* Dobot Mooz 3 dengan *printing size* 100 x 100 mm , serta dengan dimensi alat yang tidak memakan banyak tempat.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang telah ditentukan dalam penelitian ini kemudian dirumuskan menjadi :

- a. Bagaimana proses rancang bangun 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin?
- b. Bagaimanakah perbandingan kepresisian hasil cetakan antara 3D *Printer Delta* dengan luas area cetak berdiameter 160 mm dan tinggi 180 mm dengan 3D *Printer Delta Dobot Mooz 3* yang ada di kampus Universitas PGRI Semarang ?

1.3. Batasan Masalah

Adapun hal-hal yang menjadi pokok batasan masalah yaitu :

- a. Luas area cetak hanya berdiameter 160 dengan tinggi 180mm.
- b. Hanya satu warna *fillament* saat pencetakan dengan jenis *fillament* PLA.
- c. *Temperature fillament* antara 190°C hingga 230°C.
- d. Sistem kontrol menggunakan Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memecahkan masalah dan menjawab rumusan masalah tentang perancangan 3D *Printer Delta* menggunakan sistem kontrol arduino mega 2560.

- a. Mengetahui proses rancang bangun 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin.
- b. Mengetahui kepresisian hasil cetakan antara 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin dengan 3D *Printer Delta Dobot Mooz 3* yang ada di kampus Universitas PGRI Semarang.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Manfaat bagi mahasiswa
Sebagai salah satu upaya memberikan pengetahuan dan menambah ilmu dalam proses perakitan *printer* 3D.
2. Manfaat bagi Fakultas dan Universitas
Tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat untuk ilmu pengetahuan dan teknologi sehingga dapat menambah ilmu kepustakaan yang telah ada.
3. Manfaat bagi masyarakat
Dapat membantu masyarakat yang bergerak di bidang modeling plastik agar dapat memanfaatkan 3D *printer* ini.

1.6. Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan yang akan dilakukan pada proses ini adalah meliputi 5 bab, yaitu terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang dan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang teori pendukung yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan metode eksperimen yang digunakan dan diagram penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang perbandingan hasil dari pengujian dan menganalisis hasil simulasi yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Pada bagian ini berisi tentang kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat ditarik setelah melakukan pengujian serta beberapa saran yang dapat diberikan untuk melancarkan dan menyempurnakan alat dimasa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang telah dilakukan guna menunjang penelitian tugas akhir dalam perancangan pengontrolan program 3D Printer Delta dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin , antara lain :

Menurut Faris Dwi Mulyanto (2022) Printer 3D merupakan hasil pengembangan teknologi pemesinan otomatis, yang berkembang dari pembuatan desain hingga pencetakan suatu produk dengan bentuk yang kompleks dan presisi tinggi untuk hasil pencetakan yang optimal. Proses desain printer 3D diawali dengan pembuatan desain untuk menentukan dimensi mesin, dilanjutkan dengan penentuan spesifikasi motor yang dibutuhkan, desain wiring kelistrikan untuk memilih spesifikasi kontroler, dan terakhir pengujian alat. Dalam penelitian ini adalah membandingkan akurasi hasil cetakan antara 3D Printer corexy dengan 3D Printer Cartesian.

Menurut Romario A Wicaksono dkk (2021) menyatakan bahwa proses perancangan dan pembuatan model printer 3D Cartesian berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) dilakukan untuk menghasilkan mesin printer 3D yang dapat melakukan proses pencetakan secara akurat dan cepat. Pada penelitian ini proses dibagi menjadi tiga tahap yaitu perancangan menggunakan software Computer-Aided Design (CAD), pencetakan dan perakitan komponen mesin printer 3D, dan analisis struktur mekanik mesin printer 3D. Printer 3D ini didesain untuk melakukan proses pencetakan dengan luas 180 x 180 x 150 mm. Beberapa komponen mesin cetak 3D menggunakan Polylactic Acid (PLA). Hasil simulasi berdasarkan Metode Elemen Hingga menunjukkan bahwa mesin printer 3D layak untuk menghasilkan pencetakan dengan massa 40% dari beban maksimum yang mungkin.

Menurut Maulana Abdul Malik Amrullah (2018) menyatakan bahwa Seiring berkembangnya teknologi, Printer 3D muncul sebagai tren baru dalam

dunia modelling. Printer 3D merupakan salah satu teknik Additive Manufacturing yaitu teknik mencetak objek tiga dimensi (3D) dengan menambahkan material secara berlapis dimana salah satu teknik additive manufacturing bernama Fused Deposition Modelling (FDM) yang menggunakan material padat seperti plastik dengan mesin berkendali numerik atau Computer Numerical Control (CNC). Cartesian merupakan salah satu tipe printer yang menggunakan arah sumbu X, Y dan Z yang bergerak secara searah. Penelitian dilakukan dari tahap perancangan, perakitan hingga pengujian sistem. Perancangan dan pembangunan sistem minimum 3D printer dengan sistem mekanik yang disesuaikan kebutuhan dibutuhkan agar sistem 3D printer dapat berjalan sehingga menghasilkan purwarupa yang dapat digunakan untuk mencetak objek tiga dimensi.

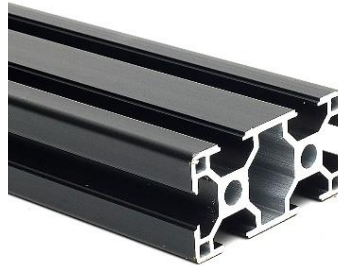
2.2. Mesin 3D Printing

Mesin 3D *printing* atau sering juga disebut sebagai *additive manufacturing* adalah suatu proses pembuatan suatu obyek *solid* 3 dimensi dari suatu model digital. Proses pencetakan 3D dikerjakan dengan proses aditif, dimana obyek dibuat dengan cara meletakkan/menambahkan material lapis demi lapis. Metode pencetakan 3D sangat berbeda dengan teknik pemesinan tradisional yang lebih dikenal dengan proses subtraktif dimana pembuatan produk dengan cara mengurangi material awal melalui proses penyayatan. 3D *printing* pertama kali dipublikasikan oleh Hideo Kodama dari Nagoya Municipal Industrial Research Institute pada 1982. Pertama kali 3D *printer* dapat bekerja atas hasil karya Charles W. Hull dari 3D Systems Corp. pada tahun 1984 (Zhao et al., 2020).

Berikut adalah bagian-bagian mesin 3D *printing* :

- a. *Frame* merupakan salah satu kerangka atau komponen dalam mesin cetak tiga dimensi yang bertugas untuk menahan komponen lain secara bersamaan. Dengan kata lain, fungsi frame sangat penting untuk stabilitas

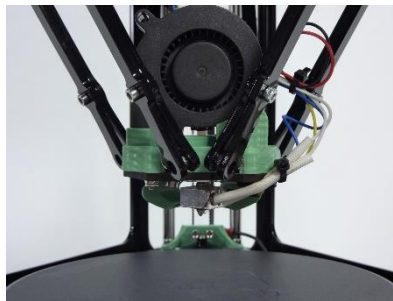
dan daya tahan dari mesin printer 3D. Saat ini, printer 3D menggunakan frame yang terbuat dari metal atau akrilik. (www.teknikece.com)



Gambar 2. 1 *Frame 3D Printer*

(sumber : <https://alexnlld.com>)

- b. *Print Head* adalah bagian dari *printing* yang berguna untuk melelehkan dan menggerakkan *filament*. *Print head* terdiri dari *nozzle*, *heater*, dan *fan*. (www.teknikece.com)



Gambar 2. 2 *Print head 3D printer*

(sumber : <http://reprapltd.com>)

- c. *Nozzle* adalah bagian untuk mengeluarkan bahan yang berbentuk semi-solid setelah melewati *heater*. *Nozzle* printer 3D menempel pada blok pemanas untuk memasukkan plastik cair melalui lubang kecil dan membuat bagian 3D. Diameter lubang yang paling umum di nozel adalah 0,4 mm. (<https://3dprintscape.com>)



Gambar 2. 3 *Nozzle 3d printer*

(sumber : www.adaptway.com)

- d. *Build platform* atau *Print Bed* pada mesin cetak tiga dimensi menjadi komponen tempat proses pencetakan dilakukan dan tersusun atas beberapa bagian. Bagian-bagian dari *Print Bed* ini antara lain kaca, elemen pemanas dan beberapa jenis lapisan. Lapisan-lapisan ini nantinya akan membantu saat proses pencetakan. *Print Bed* ini menjadi bagian penting dalam proses pencetakan. (www.teknikece.com)



Gambar 2. 4 *Build platform* atau *bed 3D printer*

(sumber : www.3dpmav.com)

- e. *Electronics Control* terdiri dari mikroprosesor dan sebuah *board* sebagai kontrol untuk program pada mesin 3D *printing*. Sebagian besar *printing 3D* adalah sistem loop terbuka.



Gambar 2. 5 *Electronics Control 3D printer*

(sumber : www.Roboink.com)

2.3. Jenis-jenis *Printer 3D*

2.3.1. *3D Printer Delta*

Printer Delta dibuat untuk pencetakan cepat, dengan motor berat dan *extruder* dipasang di sisi atas kepala alat dan dibuat sangat ringan dan minimal sehingga printer dapat mempertahankan akurasi tinggi pada kecepatan tinggi. *Bed printer delta* biasanya berbentuk lingkaran, bukan persegi panjang, dan tidak harus bergerak. Meskipun ukuran *bed* rata-rata cukup kecil, tinggi bangunan *Printer Delta* ini cenderung jauh lebih tinggi daripada *Printer Cartesian*. Dengan demikian, *3D printer delta* memiliki ruang cetak yang terlihat seperti silinder tinggi. Printer FDM gaya *Delta* dan *Cartesian* memiliki bagian utama yang sama, seperti *extruder*, *bed*, atau motor, hanya saja diatur dan ditempatkan secara berbeda. *Printer Delta* juga mencetak dengan filamen yang sama persis, seperti PLA, ABS, dan filamen lainnya. (<https://all3dp.com>).

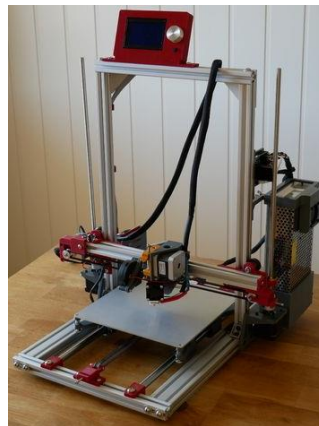


Gambar 2. 6 Mesin 3D *Printer Model Delta*

(sumber : <https://all3dp.com>)

2.3.2. 3D *Printer Cartesian*

3D *Printer Cartesian* merupakan 3D *printer classic*. 3D *Printer Cartesian* bekerja dalam 3 dimensi (sumbu X, Y di rail ke kiri-kanan, dan sumbu Z ke atas-bawah) bed 3D *Printer Cartesian* berbentuk segiempat. Secara terstruktur model *cartesian* pada sumbu X dan Y disalurkan melalui *belt* dan *pulley* sedangkan pada sumbu Z didorong ke *leadscrew* (Li et al., 2019)



Gambar 2. 7 3D *Printer model Cartesian*

(sumber : <https://i.pinimg.com>)

2.3.3. 3D *Printer CoreXY*

3D *Printer CoreXY* memiliki desain kartesius persegi dimana *print bed* hanya bergerak pada sumbu Z vertical (Scherick et al., 2021). Dinamakan 3D *Printer CoreXY* karena *nozzle* bergerak secara

horizontal kearah X dan Y dan sebagai penggerak menggunakan *motor stepper*. Prinsip kerja dari 3D Printer *CoreXY* sama seperti 3D Printer *Cartesian* dimana perbedaannya terdapat pada sumbu X dan Y yang disalurkan melalui *belt* dan *pulley* dimana *CoreXY* menggunakan 2 *motor stepper* untuk menjalankan sumbu X dan Y secara bersamaan sedangkan pada 3D Printer *Cartesian* menggunakan satu *motor stepper*.



Gambar 2. 8 3D Printer *CoreXY*

(sumber : <https://5.imimg.com>)

2.4. Filament PLA (Poly Lactic Acid)

PLA (*Polylactic Acid*) adalah jenis filamen yang paling sering digunakan karena kemudahannya. PLA penyusutannya sangat sedikit, maka banyak orang mencetak PLA tanpa *Heat Bed* dengan printer yang terbuka. Ini artinya PLA bisa dicetak dengan printer yang lebih murah dan sederhana. PLA dibuat dari bahan organik. Bau yang muncul saat pencetakan tidak mengganggu. ABS dibuat dari bahan dasar petroleum sehingga baunya sedikit mengganggu. PLA punya kekuatan tarik (*tensile strength*) sedikit lebih baik dibanding ABS. Tetapi *Elongation at Break* nya sama. *Elongation at Break* adalah panjang maksimum yang bisa dicapai sebelum putus. PLA juga punya daya rekat antar layer yang lebih baik ketimbang ABS. (www.rajawali3d.com)

Plastik PLA cenderung sulit untuk dimanipulasi karena kecepatan pendinginan dan pematatannya yang tinggi. Penting juga untuk diketahui bahwa produk atau model yang dihasilkan dapat rusak saat bersentuhan dengan air. material PLA mempunyai kekuatan yang lebih dibandingkan material ABS (Camargo et al., 2019).



Gambar 2. 9 *Filament*/bahan PLA (*Poly Lactic Acid*)

(sumber : www.rajawali3d.com)

2.5. Arduino Mega 2560

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah *Board* Arduino yang menggunakan ic Mikrokontroler ATmega 2560. Board ini memiliki Pin I/O yang relatif banyak, 54 digital Input / Output, 15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai output PWM, 16 buah analog Input, 4 UART. Arduino Mega 2560 di lengkapi kristal 16. Mhz. Untuk penggunaan relatif sederhana tinggal menghubungkan power dari USB ke PC / Laptop atau melalui Jack DC pakai adaptor 7-12 V DC. (www.labelektronika.com)



Gambar 2. 10 Arduino Mega 2560

(Sumber : www.labelektronika.com)

2.6. Spesifikasi Arduino Mega 2560

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	<u>ATmega2560</u>
Tegangan Operasional	5V
Tegangan <i>Input (recommend)</i>	7-12V
Tegangan <i>Input (limit)</i>	6-20V
<i>Pin Digital I/O</i>	54 (of which 15 provide PWM output)
<i>Pin Analog Input</i>	16
Arus DC per Pin I/O	20 mA
Arus DC untuk Pin 3.3 V	50 mA
<i>Memory Flash</i>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
<i>LED BUILTIN</i>	13
Panjang	101.52 mm

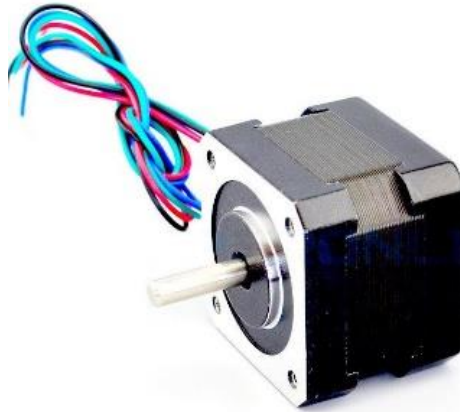
Lebar	53.3 mm
Berat	37 g

(Sumber : www.labelektronika.com)

2.7. Motor Stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. *Motor stepper* bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendalian *motor stepper* yang membangkitkan pulsa – pulsa periodik. Penggunaan *motor stepper* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa. (www.kelaselektronika.com).

Motor stepper merupakan motor DC yang tidak mempunyai komutator. Umumnya *motor stepper* hanya mempunyai kumparan pada bagian stator sedangkan pada bagian rotor merupakan magnet permanen (*bahan ferromagnetic*). karena kontruksi inilah maka *motor stepper* dapat diatur posisinya pada posisi tertentu dan berputar kea rah yang diinginkan, apakah searah jarum jam atau sebaliknya. Ada tiga jenis *motor stepper* : *motor stepper* magnet permanen, *Variablereluctance* dan *Hybrid*. Semua jenis tersebut melalukan fungsi dasar yang 18 sama, tetapi mempunyai perbedaan penting pada beberapa aplikasi, dibawah ini merupakan motor stepper yang biasa digunakan pada industri. (www.elektronika-dasar.web.id).



Gambar 2. 11 *Motor Stepper*

(Sumber : www.elektronika-dasar.web.id)

2.8. Power Supply

Power supply adalah perangkat yang berfungsi sebagai penyedia utama daya tegangan DC bagi *CNC Controller*, *Motor Stepper*, dan *Tool/Spindle*. Fungsi dasar dari *power supply* adalah merubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Daya yang dihasilkan oleh *power supply* ini dijaga konstan agar memberikan suplai yang optimal bagi motor. *Power supply* yang digunakan pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 2.11 (www.elektronika-dasar.web.id)



Gambar 2. 12 *Power Supply*

(sumber : www.elektronika-dasar.web.id)

2.9. Firmware Marlin

Marlin adalah *firmware open source* untuk keluarga RepRap yang mereplikasi prototipe cepat dikenal dengan *3D Printer*. Marlin dilisensikan di bawah GPLv3 dan gratis untuk semua aplikasi. Marlin dibuat untuk penggemar RepRap agar menjadi *driver printer* yang mudah dan handal. Marlin berjalan pada pengontrol mikro Atmel AVR 8-bit yang murah. Marlin 2.x telah menambahkan dukungan untuk papan 32-bit. *Chip* ini berada di tengah *Platform Arduino / Genuino open source* yang populer. *Platform* referensi untuk Marlin adalah Arduino Mega2560 dengan RAMPS 1.4 dan Re-Arm dengan Ramps 1.4. (<https://marlinfw.org>)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Deskripsi Alat

Printer Delta dibuat untuk pencetakan cepat, dengan motor berat dan *extruder* dipasang di sisi dan atas kepala alat dibuat sangat ringan dan minimal sehingga printer dapat mempertahankan akurasi tinggi pada kecepatan tinggi. *Bed printer delta* biasanya berbentuk lingkaran, bukan persegi panjang, dan tidak harus bergerak. Meskipun ukuran *bed* rata-rata cukup kecil, tinggi bangunan *Printer Delta* ini cenderung jauh lebih tinggi daripada *Printer Cartesian*. Dengan demikian, *3D printer delta* memiliki ruang cetak yang terlihat seperti silinder tinggi. *Printer FDM* gaya *Delta* dan *Cartesian* memiliki bagian utama yang sama, seperti *extruder*, *bed*, atau motor, hanya saja diatur dan ditempatkan secara berbeda. *Printer Delta* juga mencetak dengan filamen yang sama persis, seperti PLA, ABS, dan filamen lainnya. (<https://all3dp.com>).

Dalam penelitian ini, penulis merancang *3D Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroller Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin sebagai pusat kontrol bekerjanya mesin.

3.2. Pendekatan Penelitian

Penulis melakukan penelitian dengan merancang *3D Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroller Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin. Dalam melakukan penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan penelitian eksperimen untuk mendapatkan kebenaran ilmiah. Menurut sugiyono (1994: 4) “penelitian dengan pendekatan eksperimen adalah penelitian untuk berusaha mencari pengaruh variable tertentu terhadap variabel lain dalam kondisi yang terkontrol ketat.

3.3. Lokasi Penelitian

a. Lokasi

Lokasi penelitian berada di Universitas PGRI Semarang. Jl. Sidodadi Timur No. 24 / Dr. Cipto Semarang

b. Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini adalah membandingkan keakurasian hasil cetakan 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan controller Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin dengan 3D *Printer Delta Dobot Mooz 3* yang ada di kampus Universitas PGRI Semarang maka perlu dilakukan percetakan menggunakan kedua alat tersebut untuk mengetahui hasil keakurasian kedua alat tersebut demi menunjang proses praktikum yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang.

3.4. Variabel Penelitian

Amat Jaedun (2011), Variabel adalah gejala atau fakta (data) yang harganya berubah-ubah atau bervariasi. Variabel penelitian dalam hal ini mengacu pada sumber data. Arikunto (2006 : 129) menjelaskan bahwa sumber data penelitian adalah subjek dari mana diperoleh.

Variabel yang diambil pada penelitian adalah :

a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

1. Variasi bentuk ukuran desain.
2. Kecepatan (*speed*) dalam proses percetakan

b. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah :

1. Perbandingan kepresisian hasil cetakan balok pada 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan *controller* Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin dengan 3D *Printer Delta Dobot Mooz 3* yang dimiliki kampus.

c. Variabel kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah Arduino mega 2560.

3.5. Bahan dan Alat Penelitian

Dalam penyusunan tugas akhir ini digunakan beberapa alat dan bahan untuk melakukan perancangan dan desain dari alat ini

1. Peralatan Penelitian

Adapun bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop yang berfungsi untuk membuat desain 3D objek. Selain itu laptop digunakan untuk menjalankan *software* yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Jangka sorong digital.
3. Beberapa software seperti Solidworks 2018 dan Repetier Host.

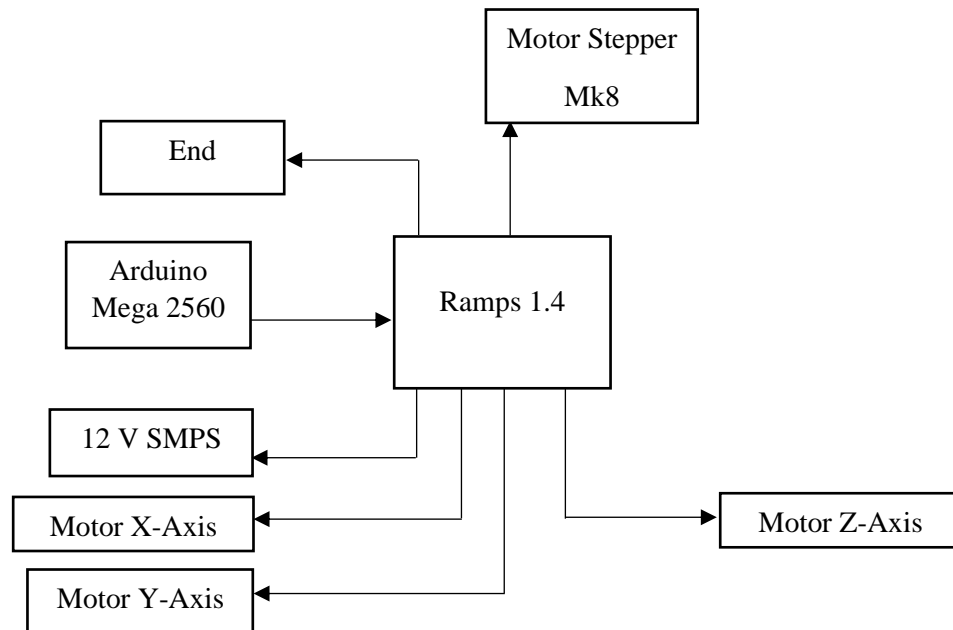
2. Bahan-bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan penelitian ini adalah :

1. 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroller Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin.
2. 3D *Printer Delta Dobot Mooz 3* yang ada di Universitas PGRI Semarang.

3.6. Perancangan Blok Diagram

Sebelum memasuki tahap perancangan alat, perlu dibuat blok diagram untuk mempermudah dalam memahami cara kerja dan perbaikan alat yang akan dirancang. 3D *printer* menggunakan teknik *Additive Manufacturing* (AM) yang sistem kerjanya mencetak produk dengan penambahan bahan lapis demi lapis.



Gambar 3. 1 Blok diagram perancangan

Pada gambar 3.1 terdapat beberapa komponen membuat 3D printer menggunakan mikrokontroler Atmega 2560.

Tabel 3.1 Fungsi Komponen Blok Diagram

No	Komponen	Penjelasan
1.	Arduino 2560	Sebagai kontroler 3D printer
2.	Ramps 1.4	Sebagai <i>motherboard</i> yang akan mengoneksikan semua motor yang dipakai
3.	<i>Motor Stepper</i>	Untuk menggerakkan <i>extruder</i>
4.	<i>Extruder</i>	Sebagai aktuator untuk mengatur mengeluarkan <i>filament</i>
5.	<i>Power supply 12 V</i>	Untuk mengonversi tegangan AC ke DC
6.	Motor XYZ	Sebagai penggerak untuk mencetak objek

3.7. Spesifikasi Alat

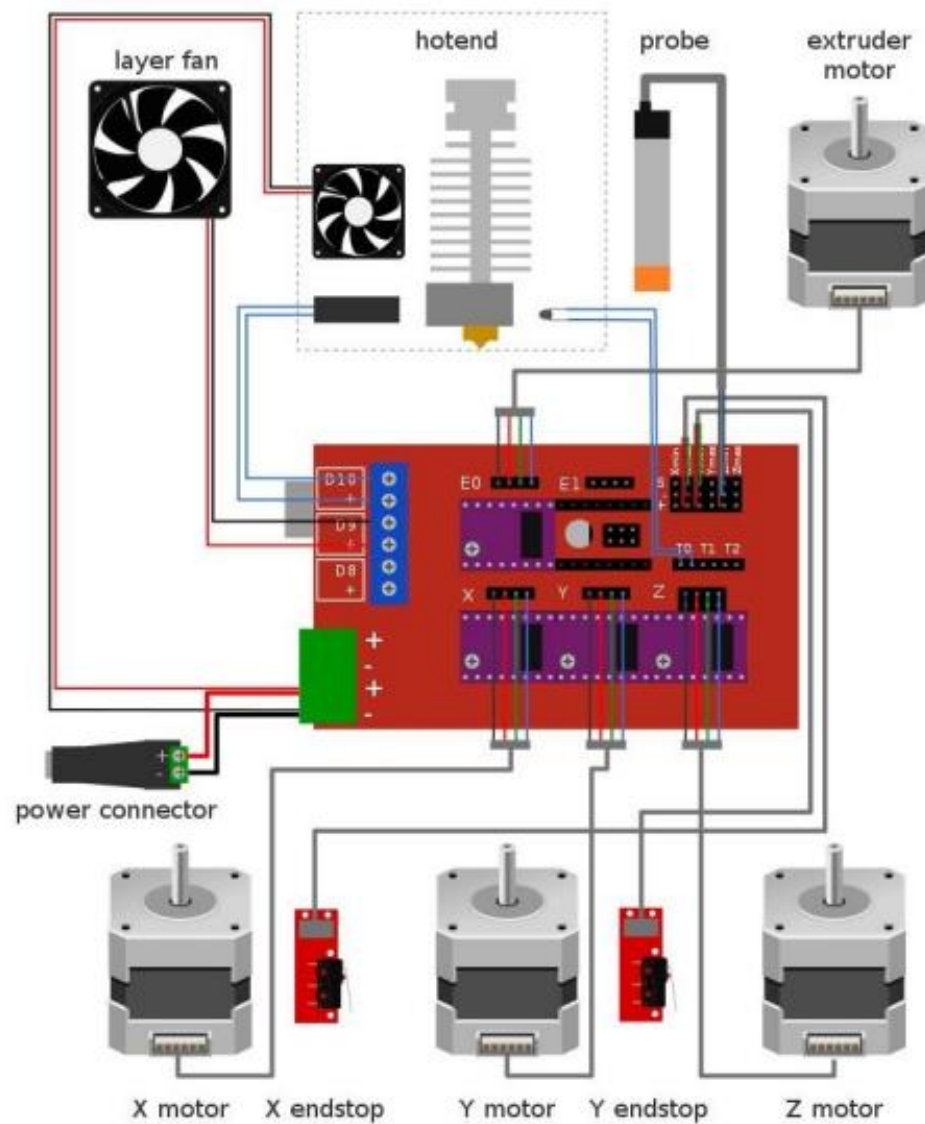
Berikut ini adalah beberapa spesifikasi alat dari 3D printer yang akan dijelaskan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi dari 3D Printer

No	Model	Bahan
1.	Bahan <i>filament</i>	PLA
2.	Diameter <i>filament</i>	1,75 mm
3.	Diameter <i>nozzle</i>	0,4 mm
4.	Kecepatan print	3000 mm/s
5.	Dimensi print	<i>Bed Diameter</i> 160 mm, sumbu Z 180 mm
6.	Operasi sistem	win 10
7.	Software	Solidwork2018, Repetier Host
8.	Format file	(.stl), G-code

3.8. Rangkaian *Circuit Diagram* Keseluruhan

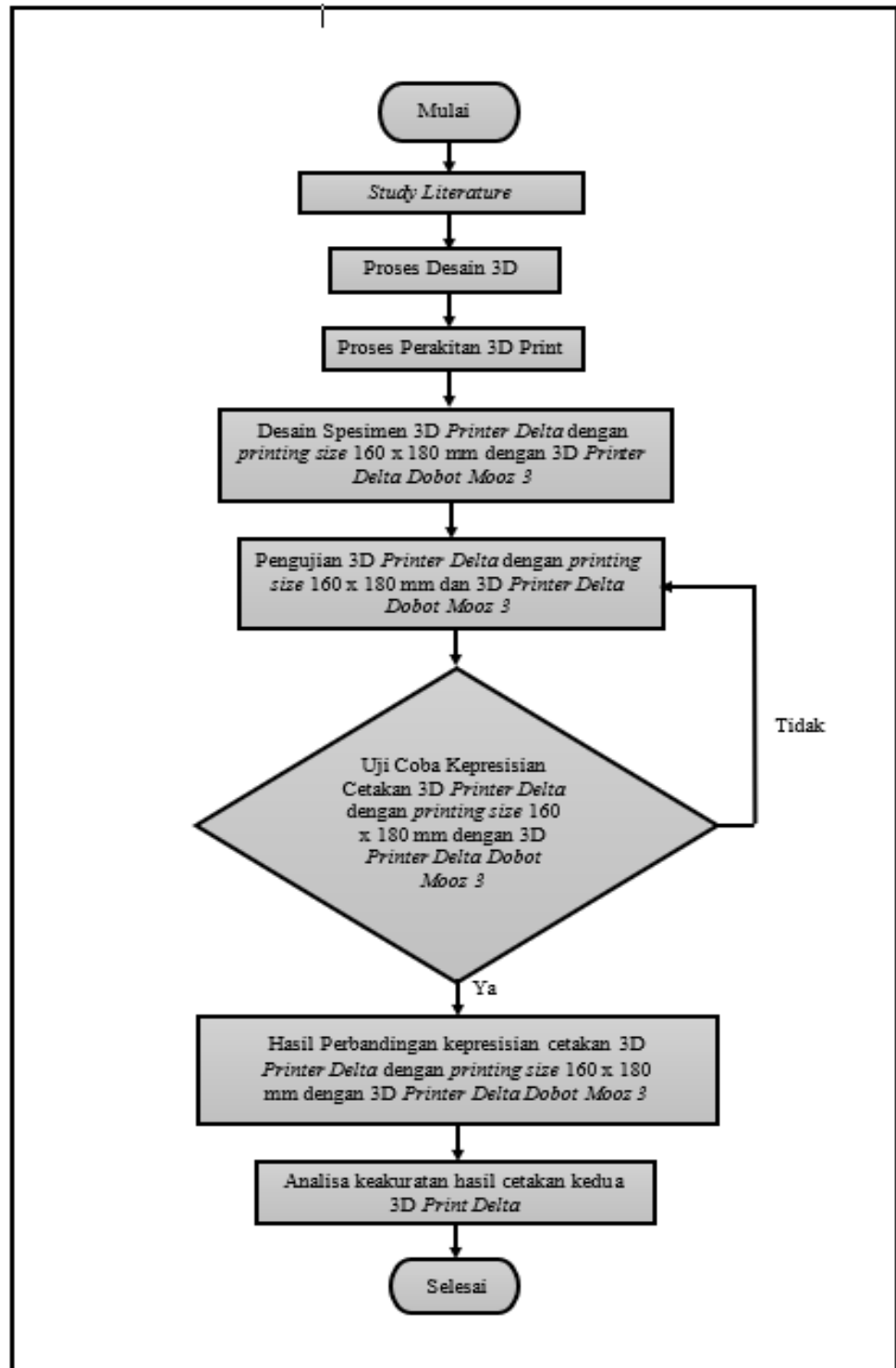
Rangkaian ini terdiri dari Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler dan sebagai pengatur motor menggunakan Ramps 4.1. Semua komponen tersebut terhubung pada Arduino Mega 2560. Rangkaian keseluruhan ini dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah.



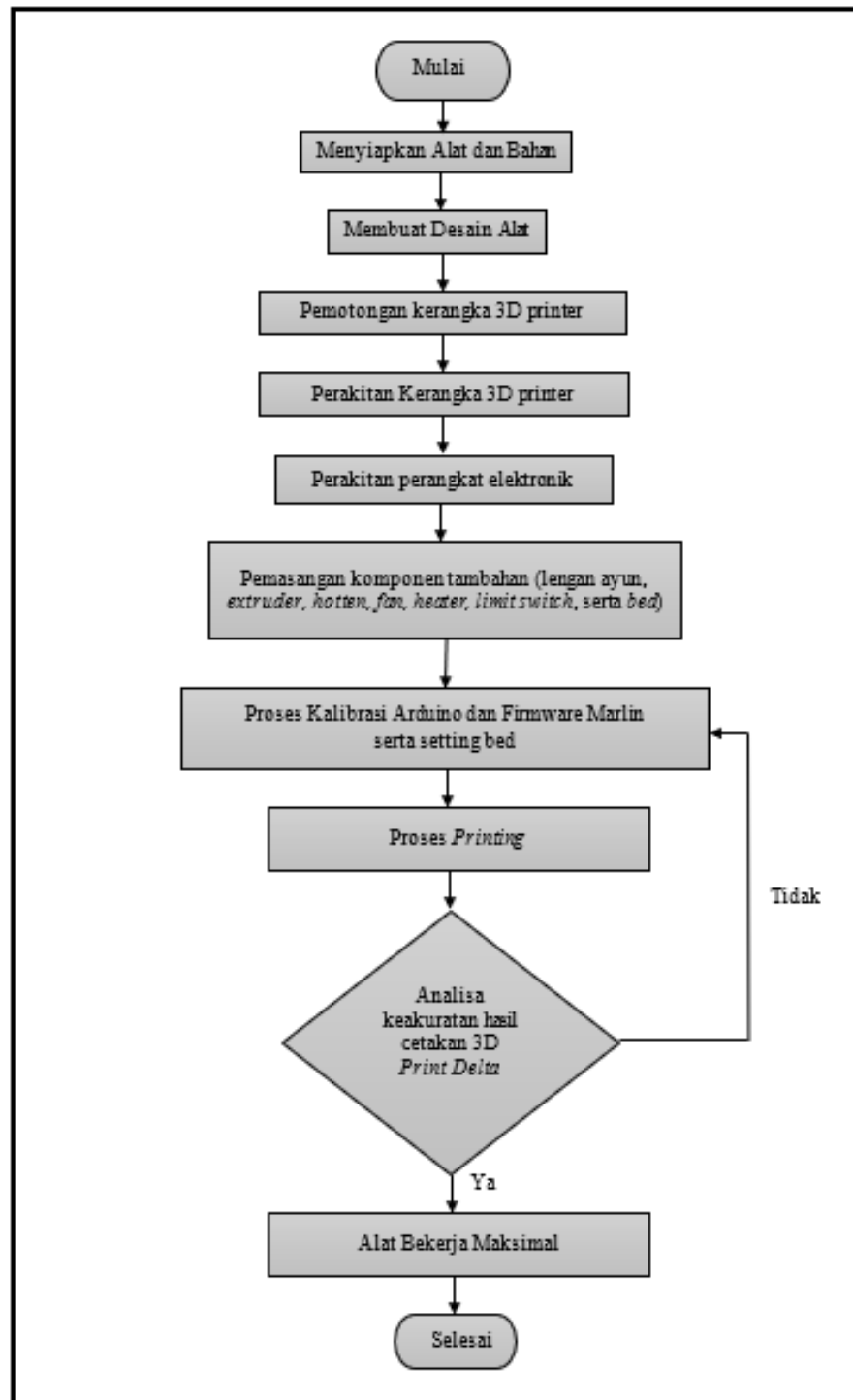
Gambar 3. 2 Rangkaian diagram keseluruhan sistem yang terhubung

3.9. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir berguna untuk mengetahui alur kerja dari alat ini. Dimulai dari desain *specimen 3D printer*, hasil cetakan *3D printer*, dan keakurasian yang dihasilkan dari *3D Printer Delta*, Berikut adalah diagram alir dari alat ini.



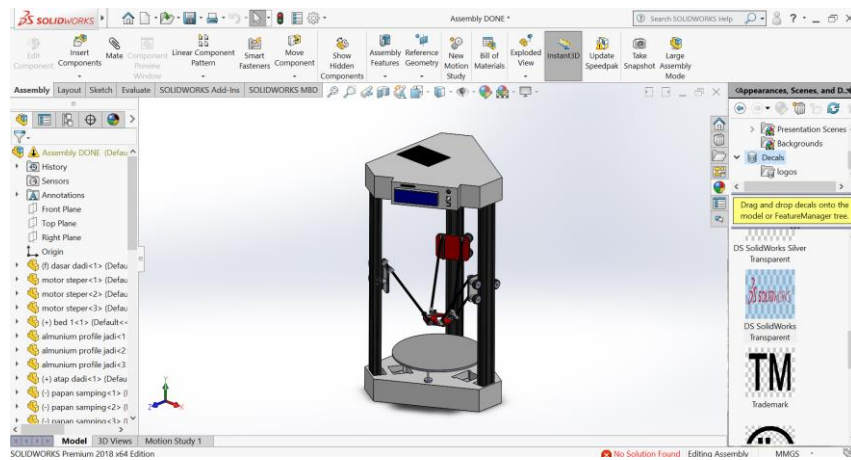
Gambar 3. 3 Flow Chart alir penelitian



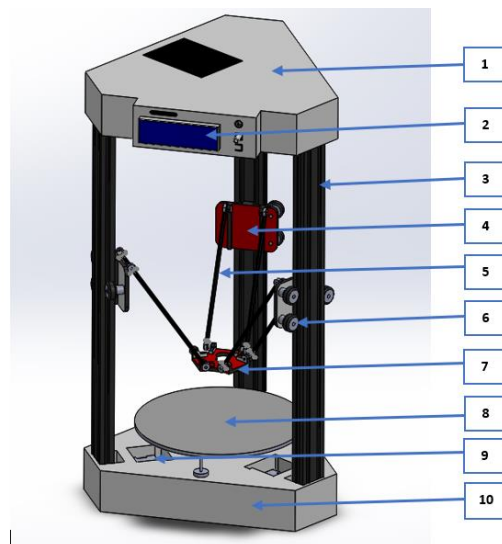
Gambar 3. 5 *Flow chart* perancangan alat

Flow chart pada gambar 3.4 menjelaskan tentang proses perancangan dan perakitan 3D printer dimulai dari awal persiapan alat dan bahan hingga sampai proses uji coba pencetakan untuk mendapatkan hasil yang presisi.

3.10. Desain Alat



Gambar 3. 5 Proses desain menggunakan solidwork



Gambar 3. 6 Hasil jadi desain 3D *printer delta*

Keterangan gambar :

1. *Body* bagian atas
2. Layar LCD
3. *Frame*
4. Papan dudukan lengan
5. Lengan ayun
6. Roda
7. Dudukan pemanas
8. Area cetak
9. *Motor stepper*
10. *Body* bagian bawah

3.11. Proses Perancangan

- a. Memotong serta merakit kerangka bagian atas dan kerangka bagian dasar yang menggunakan bahan PVC (*Polyvinyl Chloride*) berbentuk segi enam dengan masing-masing panjang sisinya 27 cm dan 8 cm, dengan lebar 6 cm. dan proses selanjutnya pemasangan Arduino Mega 2560 dan *motor stepper*.



Gambar 3. 7 Proses pemotongan dan perakitan alas

- b. Proses pemotongan *frame* berbahan *aluminium profile* 20 cm X 40 cm dengan Panjang 60 cm berjumlah 3 buah dan perakitan dudukan lengan dengan bahan PVC (*Polyvinyl Chloride*) lapis logam.

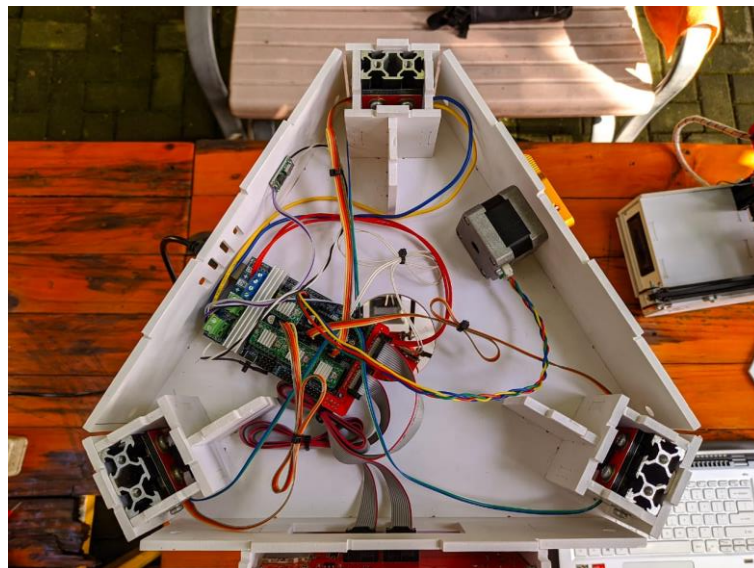


Gambar 3. 8 Proses pemotongan dan perakitan dudukan lengan



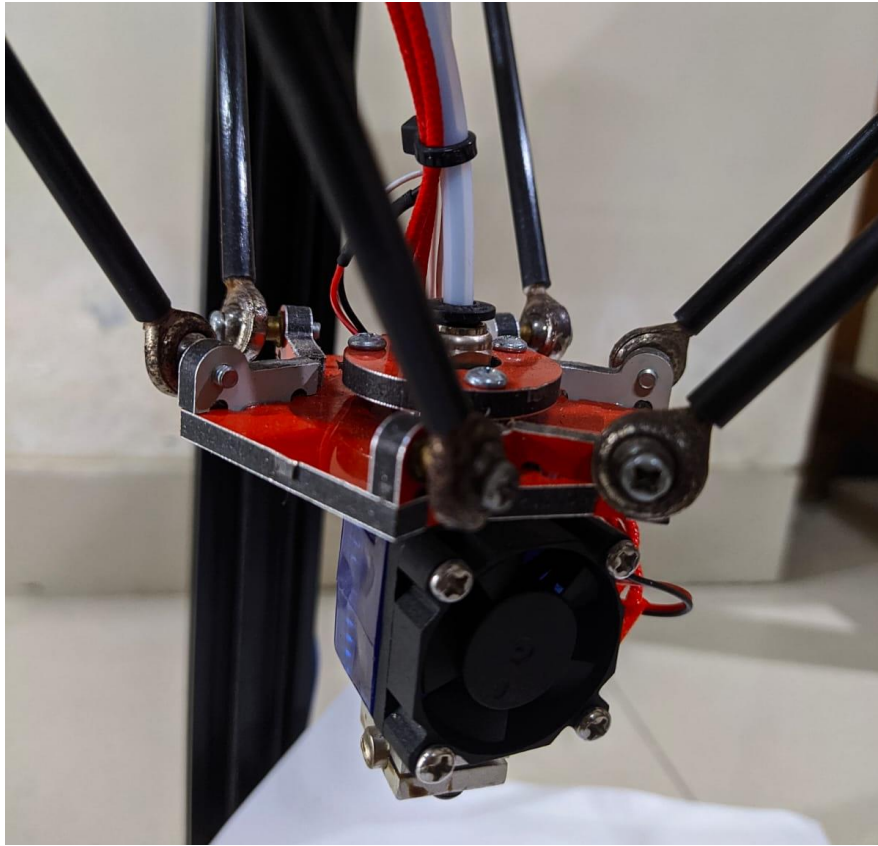
Gambar 3. 9 Hasil jadi dudukan lengan

- c. Proses perakitan elektronik yang meliputi pemasangan Arduino Mega 2560 dan penyambungan perkabelan dengan bantuan solder.



Gambar 3. 10 Hasil perakitan perkabelan

- d. Proses finishing dengan memasang beberapa komponen tambahan seperti lengan ayun, *extruder*, *hotten*, *fan*, *heater*, *limit switch* serta *bed* sebagai area cetak, tak lupa untuk mensetting Arduino Mega 2560.

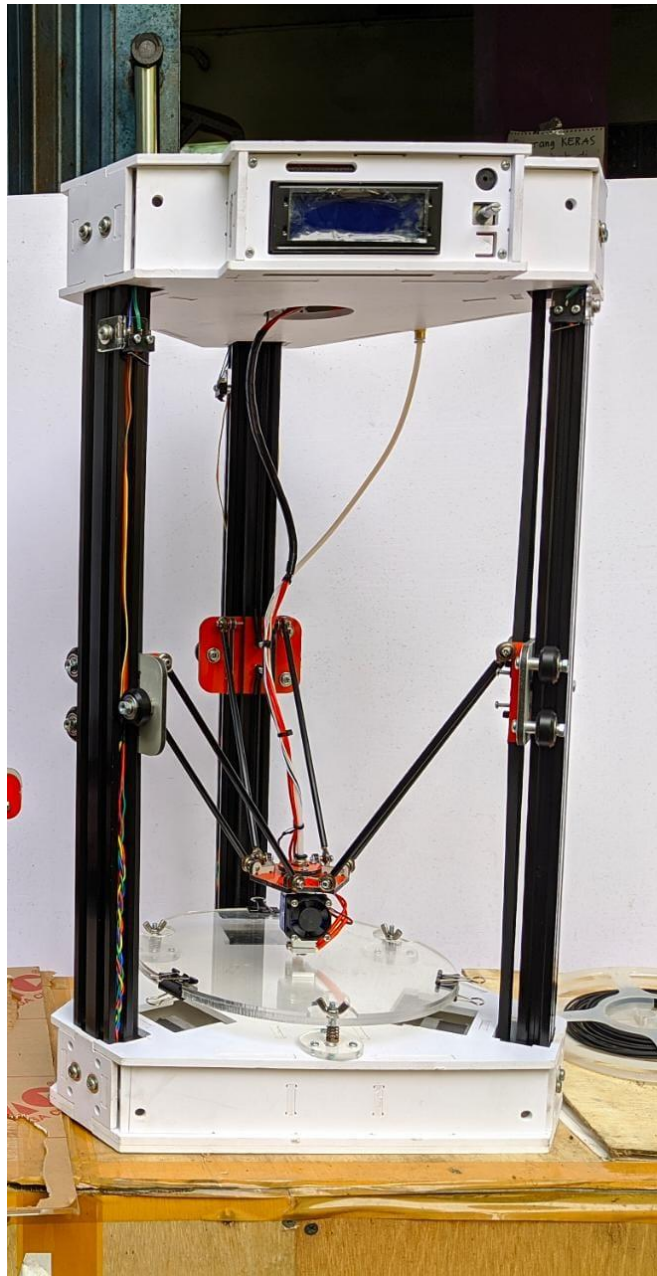


Gambar 3. 11 Proses perakitan lengan ayun, *hotten*, dan *fan*



Gambar 3. 12 Proses perakitan lengan ayun, pada *frame* dan *limit switch*

e. Proses uji coba alat



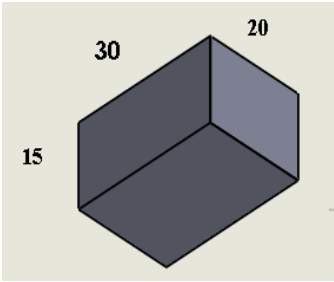
Gambar 3. 13 Hasil jadi alat serta proses uji coba

3.12. Material dan Desain yang akan di Uji Coba

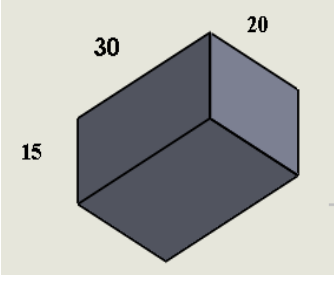
Material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan material jenis PLA (*Poly Lactic Acid*). Dengan setingan printer 3D pada software repetier host menggunakan *layer* 0,2000 mm, *infill percentage* 20%, dan *temperature extruder* 210°C. Desain yang akan diuji coba merupakan desain

yang digunakan untuk mengetahui secara pasti keakurasian dari alat ini. Dengan mendesain benda geometri yaitu benda balok dimana masing-masing alat mencetak balok sebanyak 10 kali sehingga di dapat hasil keakuratan dari 3D Printer Delta dengan *printing size* 160 x 180 mm dengan 3D Printer Delta Dobot mooz 3 di Kampus dengan toleransi hasil cetak $\pm 0,05$ mm. dari hasil cetak benda dikatakan presisi apabila benda tersebut tidak kurang atau melebihi dari batas toleransi. Berikut adalah benda geometri yang akan diuji dan di cetak menggunakan 3D Printer Delta dengan *printing area* 160 x 180 mm dengan 3D Printer Delta Dobot mooz 3

Tabel 3.3 Pengujian Spesimen 3D Printer Delta dengan *printing size* 160 x 180 mm

No	3D Printer Delta dengan <i>printing area</i> 160 x 180 mm	Keterangan			Hasil		
		p	ℓ	t	p	ℓ	t
1	Balok 	30	20	15			

Tabel 3.4 Pengujian Spesimen 3D Printer Delta Dobot Mooz 3

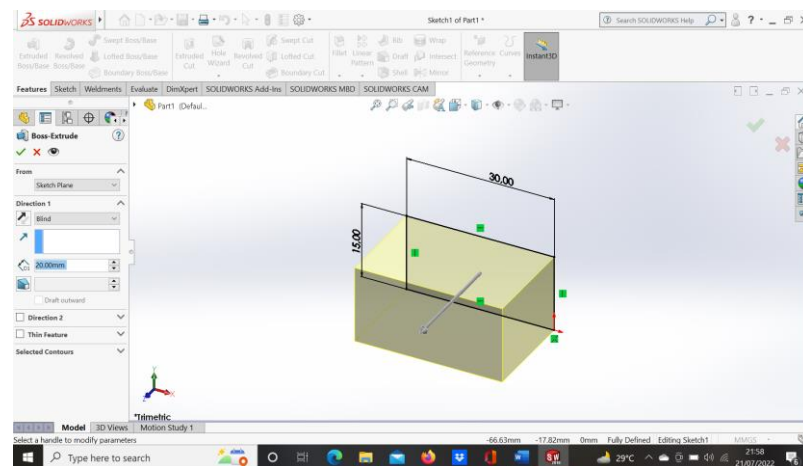
No	3D Printer Delta Dobot <i>Mooz 3</i>	Keterangan			Hasil		
		p	ℓ	t	p	ℓ	t
1	Balok 	30	20	15			

3.13. Proses Membuat Desain Menggunakan Software Solidwork2018

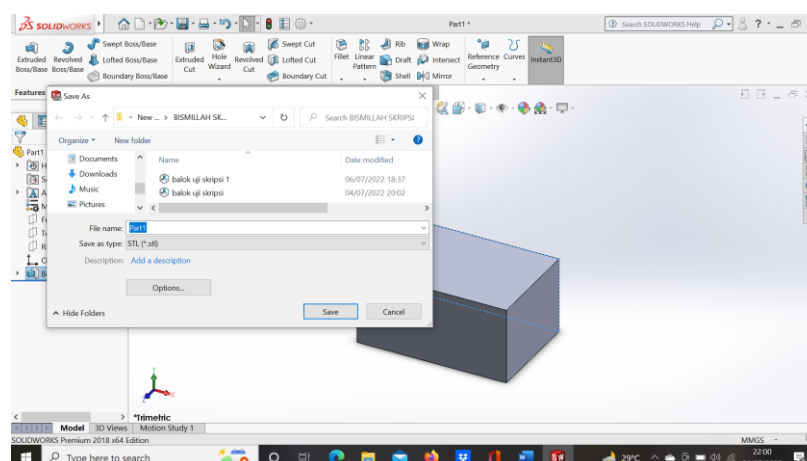
Proses selanjutnya yaitu proses membuat desain pada software solidwork dan mengubah file tersebut ke dalam format (.stl) Proses pembuatan desain dapat dilihat pada gambar 3.14-3.15.

1. Benda Uji Balok

Pada benda uji kali ini yaitu membuat balok dengan panjang 30 mm, lebar 20 mm, tinggi 15 mm. Berikut adalah proses pembuatan desain balok menggunakan software solidwork.



Gambar 3. 14 Pembuatan balok dengan $p = 30$ mm, $\ell = 20$ mm, $t = 15$ mm

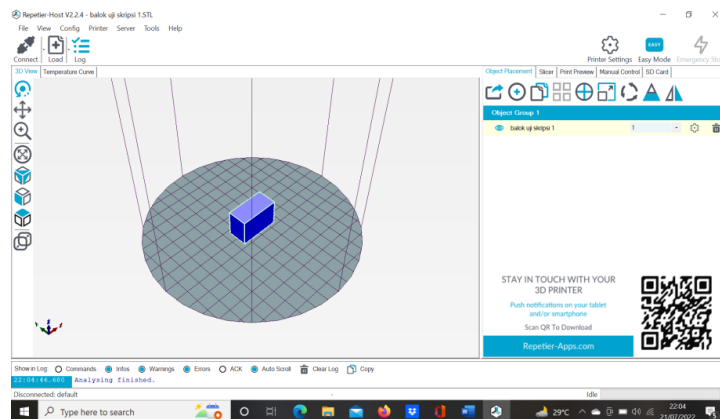


Gambar 3. 15 Proses merubah format file bentuk (.stl)

Setelah menggambar desain di software solidwork2018 selesai maka proses terakhir yaitu mengubah format file menjadi (.stl) agar bisa dibuka menggunakan software repetier host.

3.14. Persiapan File Siap Cetak

Proses kali ini yaitu memasukkan file dengan format(.stl) ke software repetier host. Software tersebut berfungsi untuk mengubah file (.stl) menjadi file siap cetak melalui beberapa tahap dimana di software tersebut kita bisa menentukan jenis material, pengaturan kecepatan (*speed*) cetak, *temperature*, dll. Berikut adalah proses persiapan dan mensetting file dengan format (.stl) ke dalam file siap cetak menggunakan software repetier host.

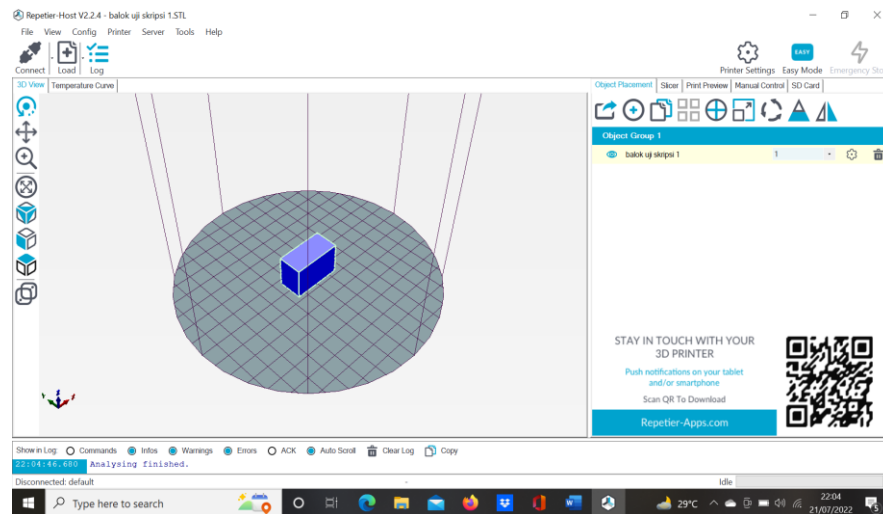


Gambar 3. 16 Membuka file (.stl) dengan repetier host

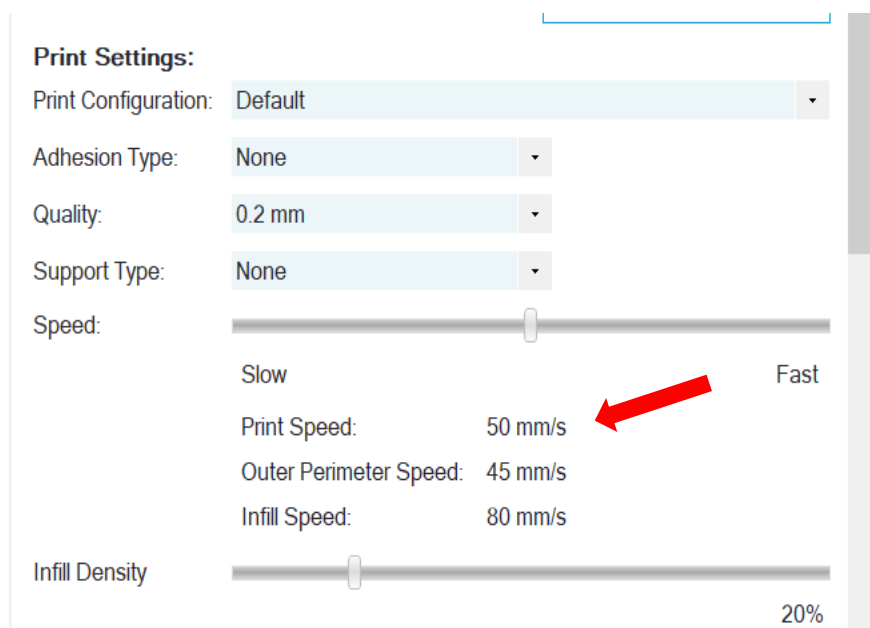
Setelah melakukan beberapa settingan pada software repetier host seperti memilih jenis material yang digunakan, pengaturan *temperature*, *speed*, dll, maka file G-code dari file (.stl) disimpan ke dalam USB dan siap untuk dicetak pada mesin 3D printer.

3.15. Simulasi Percetakan

Proses selanjutnya yaitu proses simulasi percetakan menggunakan *software* repetier host dan mendapatkan file 3D siap cetak. Simulasi yang digunakan adalah simulasi pemesinan pola *infill* material dan *finishing*. Proses pengerjaan simulasi pola *infill* material dan *finishing* dapat dilihat pada Gambar 3.17 -3.20.

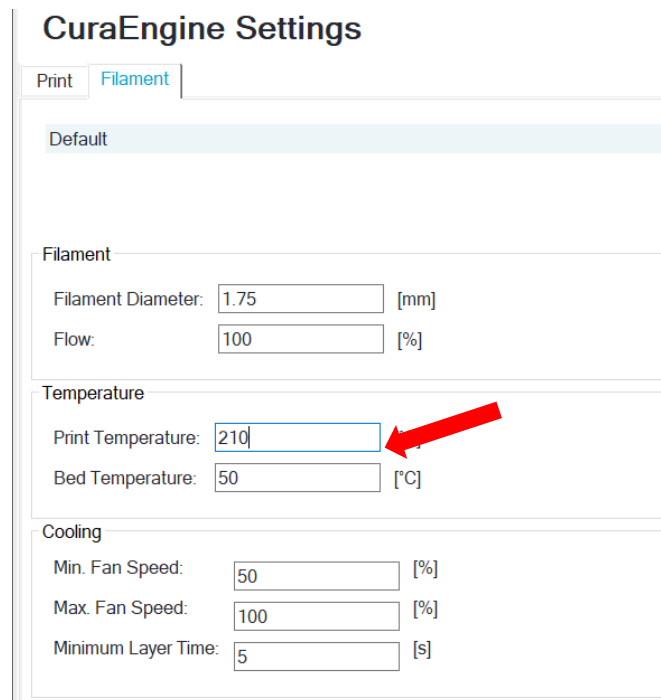


Gambar 3. 17 File format (.stl) ke software repetier host balok dengan Panjang = 30 mm, ℓ = 20 mm, t = 15 mm



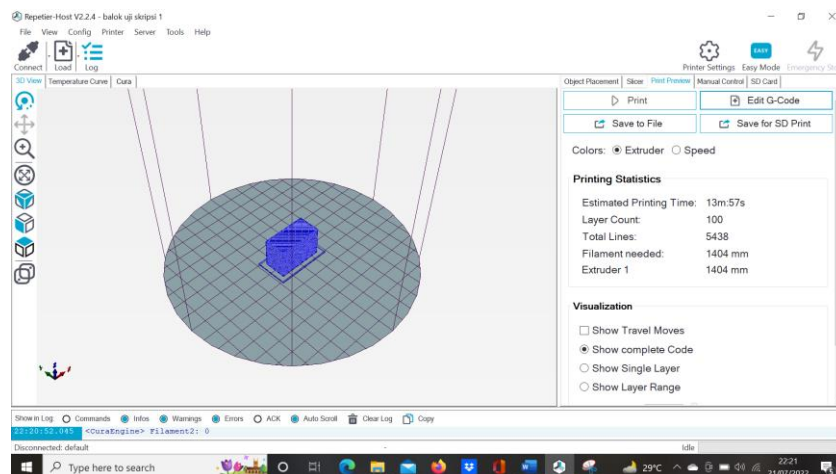
Gambar 3. 18 Mengatur *print speed* 50 mm/s di repetier host

Pada proses mensetting di software repetier host kita perlu menentukan *print speed* 50 mm/s di repetier host.



Gambar 3. 19 Mengatur *temperature* pada repetier host

Proses berikutnya adalah proses untuk mengatur *Temperature* diubah menjadi 210° C karena menggunakan filamen PLA di repetier host.



Gambar 3. 20 Simulasi hasil akhir

Setelah proses simulasi selesai dan melihat hasilnya udah maksimal proses selanjutnya yaitu pilih “*Save Toolpaths to Disk*” dan *software* akan menyimpan file dengan format *gcode*. Lalu salin file tersebut ke dalam kartu memori mesin *3D Printing* yang digunakan.

3.16. Toleransi Umum

Pada Penelitian kali ini menggunakan toleransi umum, pada hasil cetakan balok dengan panjang 30 mm, lebar 20 mm, dan tinggi 15 mm masuk dalam toleransi umum $\pm 0,05$. Berikut tabel variasi penyimpangan toleransi umum :

Tabel 3.5 Variasi Penyimpangan Toleransi Umum

Ukuran Nominal (mm)		> 3 - 30	> 30 - 120	> 120 - 315	> 315 - 1000	> 1000 - 2000
Penyimpangan yang diizinkan	Teliti	$\pm 0,05$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
	Sedang	$\pm 0,1$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$
	Kasar	$\pm 0,2$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3

(Sumber : Buku gambar teknik manufaktur)

3.17. Nilai Standart Error

Untuk mencari nilai *standart error* ada banyak cara yaitu menghitung manual, menghitung menggunakan *microsoft excel*. Pada penelitian ini menggunakan *microsoft excel*. Berikut adalah rumus untuk menghitung nilai *standart error* :

Rumus mencari nilai simpangan baku :

$$S = \sqrt{\frac{\sum xi - \bar{x}}{n}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Rumus mencari nilai Standart error :

$$Se = \frac{s}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Rumus mencari nilai simpangan baku menggunakan *microsoft excel* :

$$=STDEV(\text{Area Data}) \dots\dots\dots(3.3)$$

Rumus mencari nilai Standart error menggunakan *microsoft excel* :

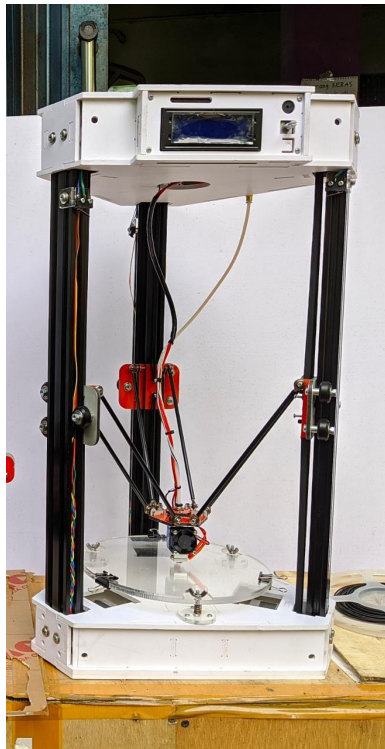
$$=\text{Sel simpangan baku}/SQRT(\text{Sel banyak data}) \dots\dots\dots(3.4)$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perancangan Alat

Hasil perancangan alat 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin.



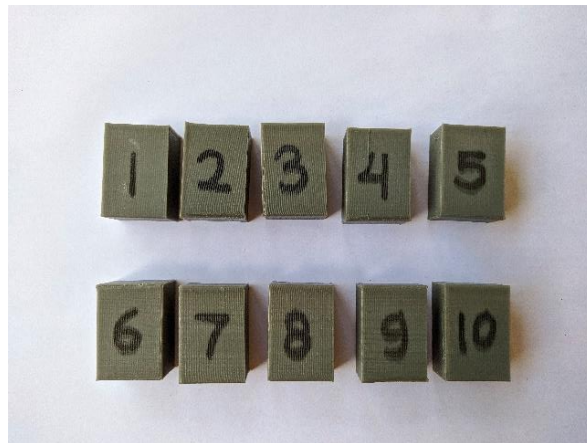
Gambar 4.1 Hasil akhir 3D *Printer Delta*

4.2. Pencetakan 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm

Dari proses pencetakan didapatkan hasil spesimen seperti pada Gambar 4.2. Hasil pencetakan terbaik spesimen menggunakan 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin.

Untuk proses menggunakan 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin perlu dilakukan proses uji coba berkali-kali, karena 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan

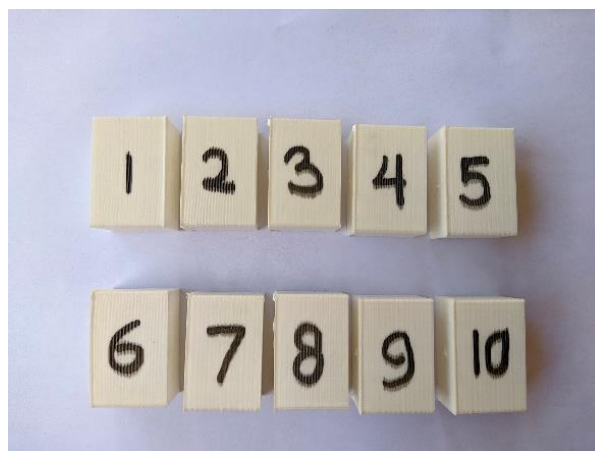
Firmware Marlin ini perlu adanya penyetingan *bed* sehingga untuk mendapatkan hasil yang sesuai perlu dilakukan percobaan berkali-kali. Untuk proses menggunakan 3D Printer Delta Dobot Mooz 3 tidak dilakukan proses uji coba berkali-kali karena 3D Printer Delta Dobot Mooz 3 dianggap sebagai acuan dalam penelitian ini. Disini ukuran pada program dijelaskan pada tabel 3.3 dan 3.4.



Gambar 4. 2 Hasil pencetakan 3D Printer Delta dengan *printing size* 160 x 180 mm

4.3. Percetakan Mesin 3D Printer Delta Dobot Mooz 3

Dari proses percetakan didapatkan hasil spesimen seperti pada Gambar 4.3 Hasil percetakan terbaik spesimen menggunakan 3D Printer Delta Dobot Mooz 3.



Gambar 4. 3 Hasil percetakan menggunakan 3D Printer Delta Dobot Mooz 3

Dari proses percetakan didapatkan hasil parameter percetakan kedua mesin 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin dan 3D *printer delta Dobot Mooz 3* yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter Percetakan Terbaik 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin dan 3D *Printer Delta Dobot Mooz 3* dengan *Specimen Benda Balok*.

Parameter	3D Printer Delta dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm	3D Printer Delta Dobot Mooz 3
<i>Temperature primary extruder</i>	210°C	210°C
<i>Speeds</i>	3000,0 mm/s	3000,0 mm/s
Panjang Balok	30 mm	30 mm
Lebar Balok	20 mm	20 mm
Tinggi Balok	15 mm	15 mm

4.4. Hasil dan Pembahasan Pengujian Eksperimen

Pengujian yang dilakukan yaitu eksperimen pembuatan spesimen dengan ukuran yang sama namun menggunakan mesin yang berbeda yang nantinya akan dibandingkan hasilnya untuk memperoleh kesimpulan. Dapat dilihat dari tabel untuk hasil dari pengujian dengan dimensi ukuran spesimen pada gambar yaitu Panjang 30 mm, lebar 20 mm dan tinggi 15 mm untuk balok. Dan didapat hasil dari uji coba pada mesin 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin dan 3D *printer delta Dobot Mooz 3* ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Benda Balok dengan 3D Printer Delta dengan *printing size* 160 x 180 mm

No. Sampel	3D Printer Delta dengan <i>printing size</i> 160 x 180 mm		
	Panjang	Lebar	Tinggi
1	30.00 mm	20.00 mm	15.01 mm
2	30.03 mm	20.01 mm	15.01 mm
3	30.00 mm	20.00 mm	15.00 mm
4	29.99 mm	20.00 mm	14.99 mm
5	29.75 mm	20.03 mm	14.91 mm
6	29.99 mm	20.14 mm	14.99 mm
7	29.99 mm	20.02 mm	15.03 mm
8	30.02 mm	20.03 mm	15.01 mm
9	29.99 mm	19.99 mm	14.96 mm
10	30.00 mm	19.90 mm	14.99 mm

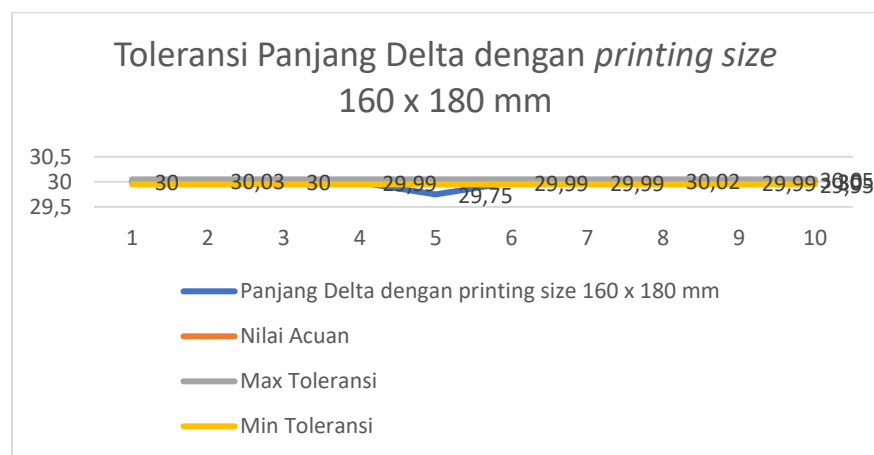
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Benda Balok dengan 3D Printer Delta Dobot Mooz 3

No. Sampel	3D Printer Delta Dobot Mooz 3		
	Panjang	Lebar	Tinggi
1	29.99 mm	20.04 mm	15.00 mm
2	30.10 mm	20.02 mm	15.08 mm
3	29.97 mm	20.03 mm	15.01 mm
4	30.05 mm	20.06 mm	15.03 mm
5	29.98 mm	19.91 mm	15.00 mm
6	30.04 mm	20.00 mm	15.11 mm
7	30.01 mm	20.02 mm	15.00 mm
8	30.02 mm	20.03 mm	15.00 mm

9	30.02 mm	20.03 mm	15.03 mm
10	29.99 mm	19.97 mm	15.01 mm

Dari hasil tabel hasil percetakan yang didapat dari 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm dan 3D *print delta Dobot Mooz 3*, diketahui bahwa 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm dan 3D *print delta Dobot Mooz 3* didapatkan hasil yang selisihnya hampir ± 0.2 mm untuk benda balok. Hasil tersebut membuktikan bahwa mesin 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm dengan 3D *printer delta Dobot Mooz 3* dapat disandingkan, sehingga 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin ini bisa dijadikan alat untuk membantu proses produksi maupun praktikum.

Grafik batas nilai toleransi *max* dan *min* yang telah di tetapkan.



Gambar 4. 4 Grafik batas toleransi panjang balok 3D *printer delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang kurang dari batas minimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm pada benda uji ke-5.

Mencari nilai *error* :

$$Se = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$Se = \frac{0,0805812}{\sqrt{10}}$$

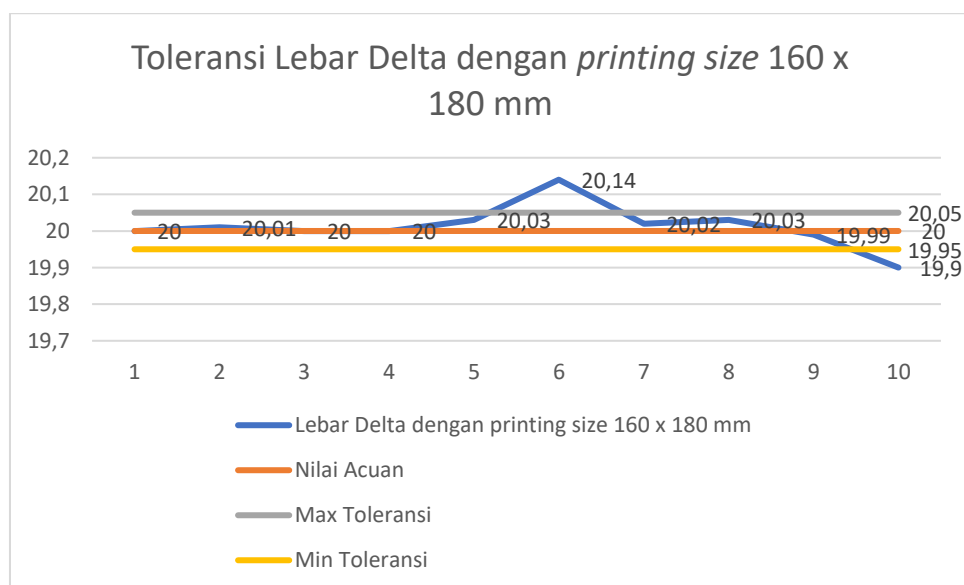
$$Se = 0,025482$$

Mencari nilai *error* menggunakan microsoft excel

“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.4 Nilai *error* panjang 3D *printer delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm

Panjang	
Simpangan Baku	0,0805812
Banyak Data	10
Nilai <i>Error</i>	0,025482 (2%)



Gambar 4. 5 Grafik batas toleransi lebar balok 3D *printer delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran lebar yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm pada benda uji ke-6, dan terdapat ukuran lebar yang kurang dari batas minimal toleransi pada benda balok ke-10.

Mencari nilai *error* :

$$Se = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$Se = \frac{0,0582714}{\sqrt{10}}$$

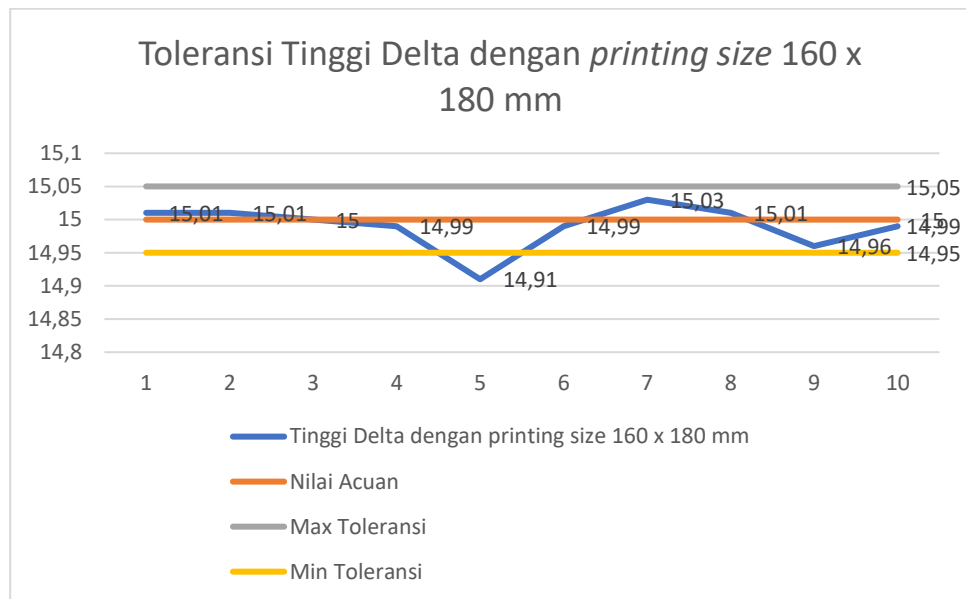
$$Se = 0,01842703$$

Mencari nilai *error* menggunakan microsoft excel

“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.5 Nilai *error* lebar 3D *printer delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm

Lebar	
Simpangan Baku	0,0582714
Banyak Data	10
Nilai <i>Error</i>	0,01842703 (1,8%)



Gambar 4. 6 Grafik batas toleransi tinggi balok 3D *printer delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang kurang dari batas minimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm benda uji ke-5.

Mencari nilai *error* :

$$Se = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$Se = \frac{0,033665016}{\sqrt{10}}$$

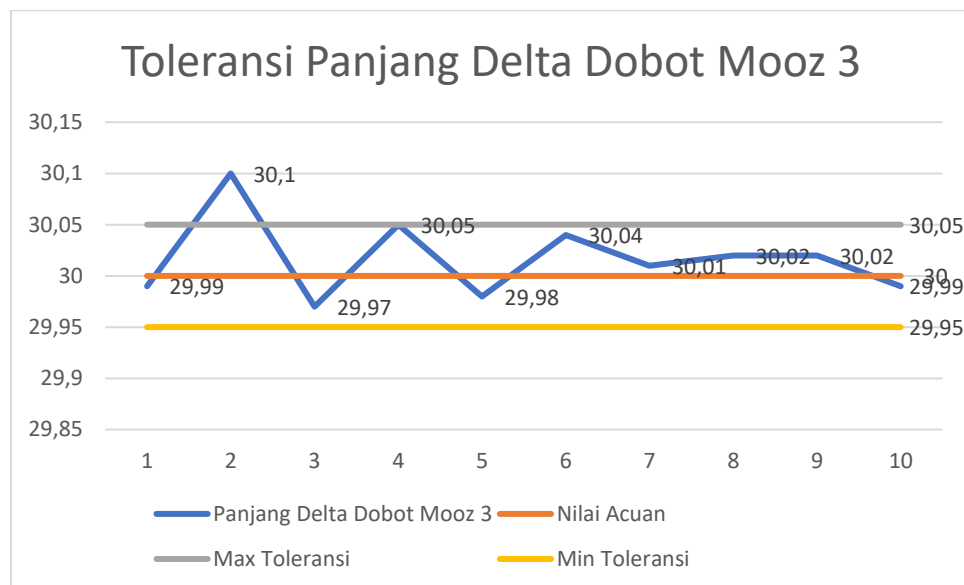
$$Se = 0,010645813$$

Mencari nilai *error* menggunakan microsoft excel

“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.6 Nilai *error* tinggi 3D *printer delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm

Tinggi	
Simpangan Baku	0,033665016
Banyak Data	10
Nilai <i>Error</i>	0,010645813 (1%)



Gambar 4. 7 Grafik toleransi panjang balok 3D *printer delta Dobot Mooz 3*

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer delta Dobot Mooz 3* pada benda uji ke-2.

Mencari nilai *error* :

$$Se = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$Se = \frac{0,0388873}{\sqrt{10}}$$

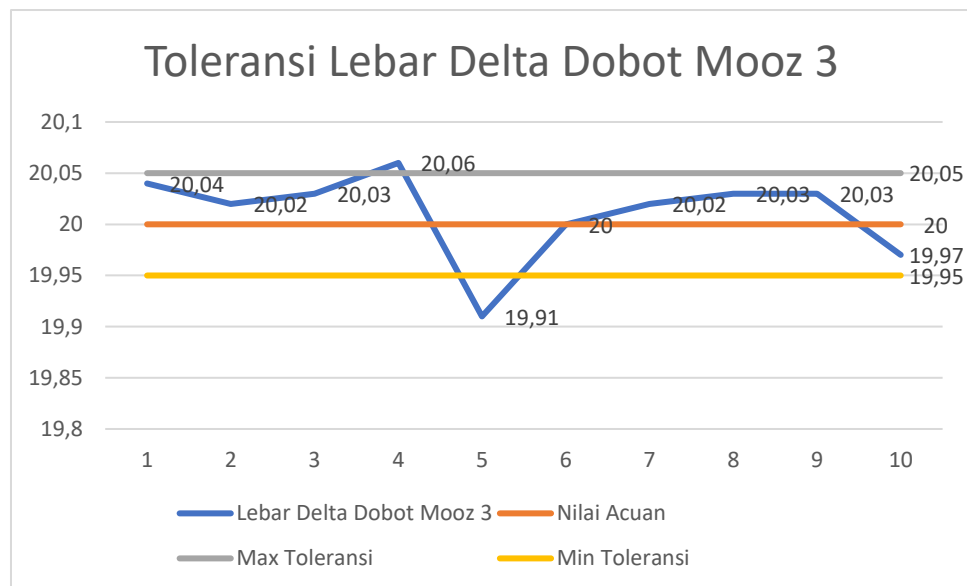
$$Se = 0,0122972$$

Mencari nilai *error* menggunakan microsoft excel

“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.7 Nilai *error* panjang 3D *printer delta* Dobot Mooz 3

Panjang	
Simpangan Baku	0,0388873
Banyak Data	10
Nilai <i>Error</i>	0,0122972 (1,2%)

Gambar 4. 8 Grafik toleransi lebar balok 3D *printer delta* Dobot Mooz 3

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer delta* Dobot Mooz 3 pada benda uji ke-4 dan terdapat ukuran lebar yang kurang dari batas minimal toleransi pada benda balok ke-5.

Mencari nilai *error* :

$$Se = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$Se = \frac{0,04280446}{\sqrt{10}}$$

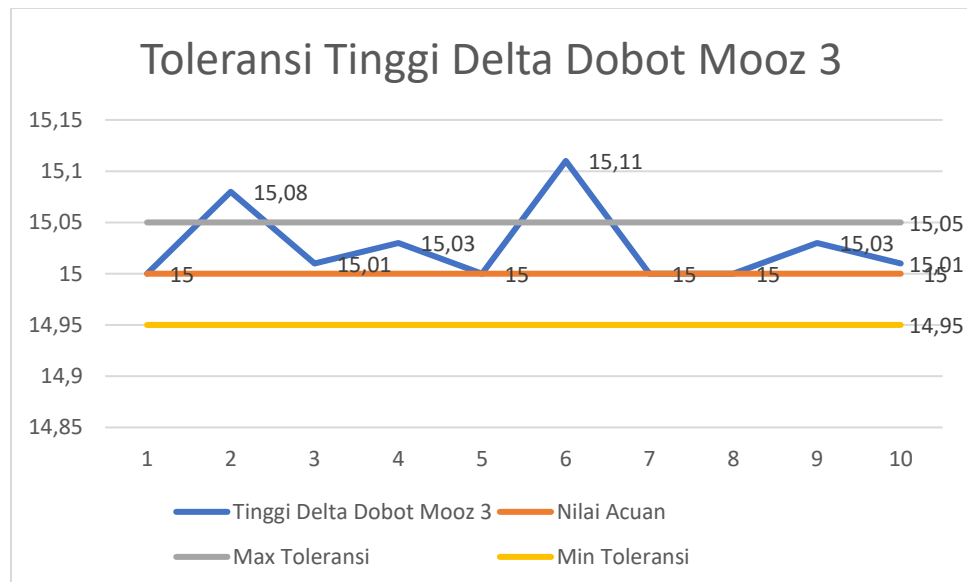
$$Se = 0,01353596$$

Mencari nilai *error* menggunakan microsoft excel

“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.8 Nilai *error* lebar 3D *printer delta* Dobot Mooz 3

Lebar	
Simpangan Baku	0,04280446
Banyak Data	10
Nilai <i>Error</i>	0,01353596 (1,3%)



Gambar 4. 9 Grafik toleransi tinggi balok 3D *printer delta* Dobot Mooz 3

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer delta* Dobot Mooz 3 pada benda uji ke-2 dan ke-6.

Mencari nilai *error* :

$$Se = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$Se = \frac{0,038311588}{\sqrt{10}}$$

$$Se = 0,012115188$$

Mencari nilai *error* menggunakan microsoft excel

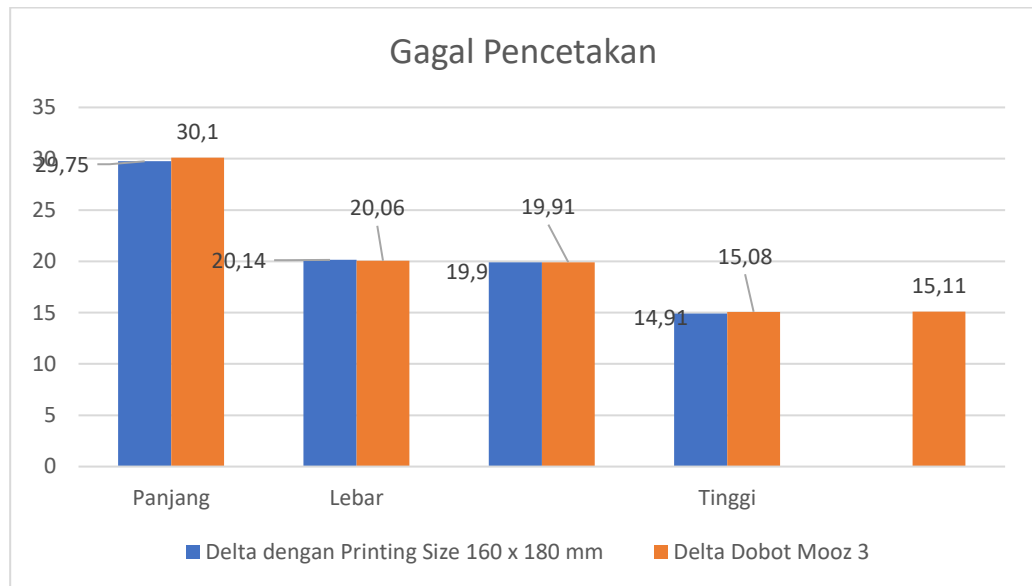
“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.9 Nilai *error* tinggi 3D printer delta Dobot Mooz 3

Tinggi	
Simpangan Baku	0,038311588
Banyak Data	10
Nilai <i>Error</i>	0,012115188 (1,2%)

Tabel 4.10 Nilai gagal saat pencetakan

Delta dengan printing size 160 x 180 mm		
Panjang	Lebar	Tinggi
29,75	20,14	14,91
	19,90	
Delta Dobot Mooz 3		
Panjang	Lebar	Tinggi
30,01	20,06	15,08
	19,91	15,11



Gambar 4. 10 Grafik nilai gagal pencetakan

Dari gambar grafik tersebut kita dapat mengetahui bahwa 3D printer Delta dengan *printing size* 160 x 180 mm mengalami kegagalan proses pencetakan sebanyak 4 kali, sedangkan untuk 3D Printer Delta Dobot Mooz 3 mengalami kegagalan proses pencetakan sebanyak 5 kali.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Rancang bangun 3D printer delta ini menghasilkan 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dan Firmware Marlin.
- b. Dari hasil 10 kali proses *printing* kedua 3D *print* , untuk 3D *Printer Delta* dengan *printing size* 160 x 180 mm didapat nilai yang melebihi batas toleransi atau kegagalan sebanyak 4 ukuran di satu dimensi panjang, dua dimensi lebar, satu dimensi tinggi, dengan nilai error pada panjang sebesar 2%, lebar 1,8 %, tinggi 1%. sedangkan mesin 3D *print delta Dobot Mooz* 3 didapat sebanyak 5 nilai yang melebihi batas toleransi atau kegagalan di satu dimensi panjang, dua dimensi lebar, dan 2 dimensi tinggi, dengan nilai error pada panjang sebesar 1,2%, lebar 1,3 %, tinggi 1,2%

5.2 Saran

- a. Sebelum proses pencetakan alangkah lebih baik jika memanaskan filament terlebih dahulu untuk mengetahui bahwa jalur keluar *filament* tidak ada kendala.
- b. Pada saat proses percetakan sebaiknya operator selalu menjaga dan mengawasi jalannya mesin 3D *printer* guna mengantisipasi adanya masalah dalam proses pencetakan.
- c. Utamakan kesabaran untuk mensetting *print bed*-nya agar mendapatkan hasil cetak yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, M. A. M., (2018). Rancang Bangun Prototipe Printer 3 Dimensi (3D) Tipe Cartesian Berbasis Fused Deposition Modelling (FDM) (Doctoral dissertation, University of Technology Yogyakarta).
- Camargo, J. C., Machado, Á. R., Almeida, E. C., & Silva, E. F. M. S. (2019). Mechanical properties of PLA-graphene filament for FDM 3D printing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 103(5), 2423–2443. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03532-5>.
- <https://3dprintscape.com/3d-printer-nozzles/>, diakses pada tanggal 21 Juli 2022.
- <https://5.imimg.com>, diakses pada tanggal 22 Juli 2022.
- <https://all3dp.com/2/what-is-a-delta-3d-printer-simply-explained/>, diakses pada tanggal 22 Juli 2022.
- <https://alexnld.com/aluminium-profile-black/>, diakses pada tanggal 22 Juli 2022
- <https://i.pining.com>, diakses pada tanggal 22 Juli 2022.
- <https://marlinfw.org/docs/basics/introduction.html#what-is-marlin?>, diakses pada tanggal 21 Juli 2022.
- <http://reprapltd.com/printhead-delta-3d>, diakses pada tanggal 22 Juli 2022.
- <https://teknikece.com/mesin-printer-3d/>, diakses pada tanggal 22 Juli 2022.
- Jaedun, A. (2021). Metodologi Penelitian Eksperimen. <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pengabdian/drs-amat-jaedun-mpd/metode-penelitian-eksperimen>.
- Kalsoom, U., Hasan, C. K., Tedone, L., Desire, C., Li, F., Breadmore, M. C., Nesterenko, P. N., & Paull, B. (2018). Low-Cost Passive Sampling Device with Integrated Porous Membrane Produced Using Multimaterial 3D Printing. *Analytical Chemistry*, 90(20), 12081–12089. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b02893>.
- Li, B., Liu, J., Gu, H., Jiang, J., Zhang, J., & Yang, J. (2019). Structural Design of FDM 3D Printer for Low-melting Alloy. *IOP Conference Series: Materials*

Science and Engineering, 592(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/592/1/012141>.

Mulyanto, F. D., Setyoadi, Y., & Hermana, R. (2022). The Performance Analysis of The 3D Printer Corexy FDM Type With Area X= 200 Y= 200 Z= 200 mm. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, 3(1), 26-33.

Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172–196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012>.

Scherick, J., Touchette, C., Gulbin, M., Coady, P., Radhakrishnan, P., & Brown, D. C. (2021). Gapa: an Application To Assist Novice Users With 3D Printing. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 6. <https://doi.org/10.1115/IMECE2021-71068>.

Sumantri, D. (2012). Peningkatan Kinerja Mesin Rapid Prototyping Berbasis Fused Deposition Modelling. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Indonesia*.

Tim BSE. (2013). *Teknik Gambar Manufaktur*. Jakarta : Badan Sekolah Elektronik.

Wicaksono, R. A., Kurniawan, E., Syafrianto, M. K., Suratman, R. F., & Sofyandi, M. R. (2021). Rancang Bangun dan Simulasi 3D Printer Model 49 Cartesian Berbasis Fused Deposition Modelling. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 5(2), 53-64.

www.3dpmav.com, diakses pada tanggal 23 Juli 2022.

www.adaptway.com, diakses pada tanggal 23 Juli 2022.

www.elektronika-dasar.web.id diakses pada tanggal 24 Juli 2022.

www.kelaselektronika.com/1981/apa-itu-motor-stepper.html, diakses pada tanggal 21 Juli 2022.
















www.labelektronika.com/2017/02/arduino-mega-2560-mikrokontroler.html, diakses pada tanggal 24 Juli 2022.
















www.rajawali3d.com/80/pla-atau-abs/, diakses pada tanggal 24 Juli 2022

www.Roboink.com, diakses pada tanggal 22 Juli 2022.
















Zhao, D., Li, T., Shen, B., Jiang, Y., Guo, W., & Gao, F. (2020). A multi-DOF rotary 3D printer: machine design, performance analysis and process planning of curved layer fused deposition modeling (CLFDM). *Rapid Prototyping Journal*, 26(6), 1079–1093. <https://doi.org/10.1108/RPJ-06-2019-0160>.
















Lampiran 1 Hasil pengukuran Specimen 3D Printer Delta Dobot Mooz 3

No Sample	Panjang	Lebar	Tinggi
1			
2			
3			
4			
5			

6			
7			
8			
9			
10			

Lampiran 2 Hasil pengukuran Specimen 3D Printer Delta dengan *Printing Size* 160 x 180 mm

No Sample	Panjang	Lebar	Tinggi
1			
2			
3			
4			
5			

6			
7			
8			
9			
10			



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Dr, Semarang – Indonesia 50125

Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : upgrisng@gmail.com, Homepage : www.upgrisng.ac.id

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Fahriza Dwiki Saputra
Npm : 18650020
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN 3D PRINTER DELTA DENGAN PRINTING SIZE 160 X 180 MM MENGGUNAKAN KONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 DAN FIRMWARE MARLIN
Dosen Pembimbing 1 : Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Rifki Hermana, S.T., M.T.

No.	Hari, Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
1.	21 -06-2022	Bimbingan skripsi bab I,II, dan III, Revisi	
2.	28 -06-2022	Bimbingan skripsi bab I,II, dan III, Revisi bab II	
3.	12-07-2022	Bimbingan skripsi bab I,II, dan III, Revisi bab III	
4.	21-07-2022	Bimbingan skripsi bab I,II, dan III, disetujui	
5.	01-08-2022	Bimbingan bab IV dan V, Revisi bab IV	
6.	09-08-2022	Bimbingan bab IV dan V, Revisi bab V	
7.	15-08-2022	Bimbingan bab IV dan V, disetujui	
8.	05-09-2022	Seminar Hasil	
9.	16-09-2022	Bimbingan dan skripsi disetuju	

Dosen Pembimbing I

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

NIP/NPP. 138201417

Mahasiswa

Fahriza Dwiki Saputra

18650020



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Dr, Semarang – Indonesia 50125

Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : upgrismg@gmail.com, Homepage : www.upgrismg.ac.id

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Fahriza Dwiki Saputra
Npm : 18650020
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN 3D PRINTER DELTA DENGAN
PRINTING SIZE 160 X 180 MM MENGGUNAKAN
KONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 DAN FIRMWARE
MARLIN**
Dosen Pembimbing 1 : Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Rifki Hermana, S.T., M.T.

No.	Hari, Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
1.	23 -08-2022	Bimbingan skripsi	Rf
2.	05 -09-2022	Seminar Hasil	Rf
3.	07-09-2022	Revisi bab IV	Rf
4.	12-09-2022	Bimbingan skripsi, revisi bab V	Rf
5.	16-09-2022	Bimbingan, skripsi di setujui	Rf

Dosen Pembimbing II

Rifki Hermana, S.T., M.T.

NIP/NPP. 208001557

Mahasiswa

Fahriza Dwiki Saputra

18650020

