



**RANCANG BANGUN 3D *PRINTER* DENGAN MEKANIKAL
COREXY MENGGUNAKAN KONTROLER ARDUINO MEGA 2560
DENGAN *FIRMWARE* MARLIN**

SKRIPSI

FARIS DWI MULYANTO

18650046

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

2022



**RANCANG BANGUN 3D *PRINTER* DENGAN MEKANIKAL
COREXY MENGGUNAKAN KONTROLER ARDUINO MEGA 2560
DENGAN *FIRMWARE* MARLIN**

SKRIPSI

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

FARIS DWI MULYANTO

18650046

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

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN 3D *PRINTER* DENGAN MEKANIKAL
COREXY MENGGUNAKAN KONTROLER ARDUINO MEGA 2560
DENGAN *FIRMWARE* MARLIN**

Disusun dan Diajukan Oleh

FARIS DWI MULYANTO

18650046

Telah Disetujui Oleh Pembimbing Untuk Dilanjutkan di Hadapan

Dewan Penguji

Semarang, Mei 2022

Dosen Pembimbing I



Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T

NIP/NPP.138201417

Dosen Pembimbing II



Rifki Hermana, S.T., M.T

NIP/NPP. 208001557

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

RANCANG BANGUN 3D *PRINTER* DENGAN MEKANIKAL COREXY
MENGUNAKAN KONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 DENGAN FIRMWARE
MARLIN

Disusun dan Diajukan Oleh

FARIS DWI MULYANTO

18650046

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal 15 Juni 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

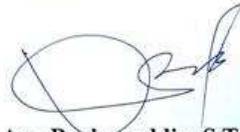
Dewan Penguji

Ketua



Dr. Slamet Supriyadi, M.Env.St
NPP/NIP.195912281986031003

Sekretaris



Aan Burhanuddin, S.T., M.T.
NPP. 148301458

Penguji I



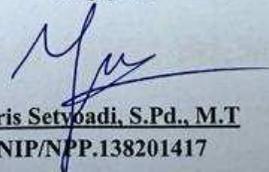
Aan Burhanuddin, S.T., M.T.
NPP. 148301458

Penguji II



Carsoni, S.T., M.T.
NIP.195712061983031002

Penguji III



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

MOTO DAN PERSEMBAHAN

Moto:

1. Berusaha dan berdoa lah makan Tuhan akan mengabulkan keinginanmu.
2. Bukan tentang apa dan siapa diri kita, namun yang lebih penting adalah apakah kita sudah bisa berbuat kebermanfaatan untuk orang lain.
3. Jangan berhenti jadi baik, “Barang Siapa Mengerjakan Kebaikan Seberat Zaarah Pun, Niscaya Dia Akan Melihat (Balasan)Nya.” (Al-Zalzalah :7)

Persembahan:

Kupersembahkan skripsi ini untuk:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat, hidayah dan kesehatan kepada saya
2. Bapak,ibu, dan kakak-kakakku yang selalu mendoakanku
3. Seluruh dosen jurusan Teknik mesin Universitas PGRI Semarang
4. Teman teman jurusan teknik mesin angkatan 2018
5. Almamaterku Universitas PGRI Semarang

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : FARIS DWI MULYANTO

NPM : 18650046

Progni : Teknik Mesin

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, Mei 2022

Yang membuat pernyataan



Faris Dwi Mulyanto

NPM 18650046

ABSTRAK

3D printer merupakan perkembangan teknologi permesinan yang di operasikan secara otomatis yang melewati tahapan demi tahapan dari membuat desain hingga mencetak suatu produk yang mempunyai bentuk yang kompleks, memiliki ketelitian tinggi sehingga mendapatkan hasil percetakan yang maksimal. Perancangan *3D printer* dimulai dengan membuat desain untuk menentukan dimensi mesin, menentukan spesifikasi kebutuhan motor, dilanjut dengan perancangan wiring elektrik untuk memilih spesifikasi kontroler yang digunakan, dan dilanjutkan pengujian alat pada saat mencetak objek 3D.

Hasil perancangan alat ini menggunakan arduino mega 2560 sebagai controller *3D printing*, menggunakan motor stepper sebagai penggerak dan sebagai pengatur motor menggunakan ramps 1.4. Dalam proses percetakan menggunakan *3D printer* dibutuhkan beberapa software seperti solidwork untuk membuat desain, simplify3D untuk mengubah format agar dapat mencetak hasil tersebut. Perancangan *3D printer* ini menggunakan 3 sumbu utama yaitu sumbu X dengan panjang area cetak 20cm, sumbu Y dengan panjang area cetak 20cm, dan sumbu Z dengan panjang area cetak 20cm.

Kata kunci : *3D Printer, Arduino Mega 2560, Motor Stepper*

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* Dengan Mekanikal *corexy* Menggunakan Kontroler Arduino Mega 2560 Dengan *Firmware* Marlin”. ini disusun untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana Teknik.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari hambatan dan rintangan serta kesulitan-kesulitan. 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. Slamet supriyadi M.Env.St. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
2. Aan Burhanudin, S.T., M.T selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
3. Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T selaku pembimbing I dalam skripsi ini.
4. Rifki Hermana S.T., M.T selaku pembimbing II dalam skripsi ini.
5. Dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan kedepan yang lebih baik.
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. Yusnia Agnes Selma Anisa yang telah membantu pengerjaan skripsi ini.
9. Teman-teman kelas B Teknik Mesin yang telah membantu dalam kelancaran skripsi ini.
10. Mas Ridwan yang memberikan pengalaman tentang konfigurasi perakitan 3D Printer dengan Mekanikal *corexy*.

11. Rekan-rekan mahasiswa S1 Teknik Mesin angkatan 2022 Universitas PGRI Semarang yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Semua pihak yang telah membantu sehingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis yakin tanpa bantuan semua pihak, karya ini akan sulit terselesaikan dalam hal perancangan, pengujian, pembuatan laporan, dan lain-lain. 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, 27 Februari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MOTO DAN PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
ABSTRAK	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
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	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 FDM dan Permodelan 3D	6
2.3 Mesin 3D <i>Printing</i>	7
2.4 Jenis-jenis <i>Printer</i> 3D	10
2.4.1 3D <i>Printer</i> model Delta	10
2.4.2 3D <i>printer</i> cartesian	11

2.4.3	3D printer corexy	11
2.5	Filament PLA (<i>Poly Lactic Acid</i>)	12
2.6	Aduino Mega 2560	13
2.7	Spesifikasi Arduino Mega 2560	14
2.8	Motor <i>Stepper</i>	15
2.8.1	Pengertian Motor <i>Stepper</i>	15
2.9	Prinsip Kerja Motor <i>Stepper</i>	16
2.10	Power Supply Motor <i>Stepper</i>	18
2.10.1	Power Supply Berdasarkan Fungsinya (<i>Functional</i>)	19
2.10.2	Power Supply Berdasarkan Bentuknya	19
2.10.3	Power Supply Berdasarkan Metode Konversinya	20
2.11	<i>Extruder</i>	20
2.12	Firmware Marlin	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1	Pendekatan Penelitian	22
3.2	Lokasi Penelitian	22
3.2.1	Lokasi	22
3.2.2	Fokus Penelitian	22
3.3	Variabel Penelitian	22
3.4	Bahan dan Alat Penelitian	23
3.4.1	Peralatan Penelitian	23
3.4.2	Bahan – bahan Penelitian	23
3.5	Perancangan Blok Diagram	23
3.6	Spesifikasi alat	24
3.7	Rangkaian Circuit Diagram Keseluruhan	25

3.8	Diagram Alir Penelitian	25
3.9	Material dan Desain yang akan di Uji Coba	28
3.10	Toleransi Umum	29
3.11	Proses Membuat Desain Menggunakan Software Solidwork2018.....	29
3.11.1	Benda Uji Balok	29
3.12	Persiapan file siap cetak.....	30
3.13	Simulasi Percetakan.....	31
3.14	Mencari nilai standart error.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Percetakan mesin 3D <i>printer</i> Beda mekanikal.....	37
4.2	Percetakan mesin 3D <i>printer</i> cartesian	37
4.3	Percetakan mesin 3D <i>printer</i> corexy.....	38
4.4	Hasil dan Pembahasan Pengujian Eksperimen	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Koordinat X,Y, dan Z	6
Gambar 2. 2 <i>Frame 3D Printer</i> (Zhao et al., 2020).....	8
Gambar 2. 3 <i>Print head 3D printer</i> (Zhao et al., 2020).....	8
Gambar 2. 4 <i>Nozzle 3d printer</i> (Zhao et al., 2020).....	8
Gambar 2. 5 <i>Build platform</i> atau <i>bed 3D printer</i>	9
Gambar 2. 6 <i>Hotend bowden 3d printer</i> (Zhao et al., 2020)	9
Gambar 2. 7 Electronics Control 3D printer (Zhao et al., 2020).....	10
Gambar 2. 8 Mesin 3D Printer Model Delta	10
Gambar 2. 9 3D pinter model cartesian (Li et al., 2019).....	11
Gambar 2. 10 printer corexy (Scherick et al., 2021)	12
Gambar 2. 11 Jenis-jenis Filament/bahan PLA (Poly Lactic Acid)	13
Gambar 2. 12 Arduino Mega 2560.....	14
Gambar 2. 13 Motor <i>Stepper</i> (www.elektronika-dasar.web.id/)	16
Gambar 2. 14 posisi dan waktu untuk <i>singel – step mode</i>	17
Gambar 2. 15 posisi dan waktu untuk <i>slew mode</i>	18
Gambar 2. 16 Power Supply (www.elektronika-dasar.web.id/).....	19
Gambar 2. 17 <i>Extruder</i> (Lubis, 2020)	20
Gambar 2. 18 Skematik <i>extruder</i>	21
Gambar 3. 1 Blok diagram perancangan	24
Gambar 3. 2 Rangkaian Diagram Keseluruhan Sistem yang terhubung	25
Gambar 3. 3 Flow Chart alur penelitian	26
Gambar 3. 4 Flow chart sistem kerja alat	27
Gambar 3. 5 Pembuatan Alas Balok Dengan $p = 40 \text{ mm}$ $\ell = 20 \text{ mm}$	29
Gambar 3. 6 Proses Extruded Boss/Base Dengan Tinggi 10 mm	30
Gambar 3. 7 Proses Merubah Format File Ke Dalam .stl	30
Gambar 3. 8 membuka file .stl dengan simplify3D.....	31
Gambar 3. 9 File format .stl ke software Simplify3D balok dengan Panjang = 40mm, $\ell = 20\text{mm}$, $t = 10\text{mm}$	31
Gambar 3. 10 Mengatur infill percentage 20% dan External Fill Pattern pada software simplify3D.....	32

Gambar 3. 11 mengatur Primary Layer Height pada software simplify3D.....	32
Gambar 3. 12 mengatur temperature pada software simplify3D.....	33
Gambar 3. 13 hasil simulasi infill percentage 20% dan External Fill Pattern menggunakan Rectilinier.....	33
Gambar 3. 14 Proses finishing.....	34
Gambar 3. 15 Simulasi hasil akhir.....	34
Gambar 3. 16 Mencari nilai standart error menggunakan Microsoft Excel	35
Gambar 4. 1 Hasil percetakan 3D printer cartesian.....	37
Gambar 4. 2 Hasil percetakan menggunakan 3D printer corexy.....	38
Gambar 4. 3 Hasil percetakan terbaik menggunakan 3D <i>printer</i> corexy	39
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan panjang balok.....	42
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan lebar balok	42
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan tinggi balok.....	43
Gambar 4. 7 Grafik batas toleransi lebar balok 3D <i>printer</i> corexy	43
Gambar 4. 8 Grafik batas toleransi lebar balok 3D <i>printer</i> corexy	44
Gambar 4. 9 Grafik batas toleransi lebar balok 3D <i>printer</i> corexy	45
Gambar 4. 10 Grafik batas toleransi panjang balok 3D <i>printer</i> cartesian	46
Gambar 4. 11 Grafik batas toleransi lebar balok 3D <i>printer</i> cartesian.....	47
Gambar 4. 12 Grafik batas toleransi tinggi balok 3D <i>printer</i> cartesian	48
Gambar 4. 13 Grafik Nilai Tidak Akurat dalam Pengukuran.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560	14
Tabel 3. 1 Fungsi Komponen Blok Diagram.....	24
Tabel 3. 2 Spesifikasi alat dari 3D printer	25
Tabel 3. 3 Pengujian Spesimen 3D <i>Printer</i> Corexy	28
Tabel 3. 4 Pengujian Spesimen 3D <i>Printer</i> Cartesian	28
Tabel 3. 5 Variasi Penyimpangan Toleransi Umum.....	29
Tabel 4. 1 Kalibrasi build platform atau bed pada 3D <i>printer</i> corexy.....	38
Tabel 4. 2 Kalibrasi build platform atau bed pada 3D <i>printer</i> cartesian	39
Tabel 4. 3 Parameter Percetakan Terbaik 3D <i>Printing</i> Corexy dan Cartesian benda balok	40
Tabel 4. 4 Nilai standard error panjang balok 3D <i>printer</i> corexy	44
Tabel 4. 5 Nilai standard error lebar balok 3D <i>printer</i> corexy	45
Tabel 4. 6 Nilai standard error lebar balok 3D <i>printer</i> corexy	46
Tabel 4. 7 Nilai standard error lebar balok 3D <i>printer</i> corexy	47
Tabel 4. 8 Nilai standard error lebar balok 3D <i>printer</i> corexy	48
Tabel 4. 9 Nilai standard error lebar balok 3D <i>printer</i> corexy	49
Tabel 4. 10 Tabel nilai yang tidak akurat dalam pengujian.....	49

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).

Pengembangan produk oleh perusahaan manufaktur merupakan sebuah keharusan untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Beberapa perusahaan manufaktur melakukan pengembangan produk, yaitu proses dimana konsep produk harus diterjemahkan dari gambar teknik menjadi produk fisik. Pembuatan produk fisik model pertama atau prototype dinamakan *prototyping*. *Prototyping* sangat penting karena merupakan makna terakhir dalam variasi bentuk, kesesuaian, dan fungsi produk. *Rapid prototyping* merupakan proses pembuatan suatu produk dengan tahapan lapis demi lapis, atau penambahan bahan baku lapis demi lapis sehingga terbentuk produk sesuai dengan model (Zhao et al., 2020).

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*.

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 cetakan (Ngo et al., 2018). 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*. Namun industri di Indonesia masih belum banyak menggunakan teknologi canggih tersebut dikarenakan harga alat tersebut sangat mahal. Oleh karena itu 3D *printer* hanya digunakan sebagian pada industri besar sedangkan industri menengah kebawah masih sedikit yang menggunakan 3D *printer*. Agar industri menengah kebawah bisa bersaing dengan industri besar perlu sebuah inovasi perancangan 3D *printer* yang tidak terlalu mahal.

Oleh karna itu dibuat mesin 3D *printer* dengan desain *hardware* yang memiliki spesifikasi yang sama dengan 3D *printer* yang ada dengan harga yang lebih murah dengan menggunakan *software* pendukung *open source* sehingga industri menengah kebawah bisa bersaing dan meningkatkan hasil produksinya. Dari latar belakang tersebut maka akan dibuat 3D *printer* dengan mekanikal corexy dengan firmware marlin serta dengan menggunakan controller arduino mega 2560.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang telah ditentukan dalam penelitian ini kemudian dirumuskan menjadi :

- a. Bagaimana proses percetakan menggunakan 3D *Printer* Dengan Mekanikal Corexy Menggunakan Kontroler Arduino Mega 2560 Dengan Firmware Marlin ?
- b. Bagaimanakah perbandingan kepresisian hasil cetakan dan efisiensi antara 3D *Printer* corexy dengan 3D *printer* cartesian yang ada di kampus Uversitas PGRI Semarang?

1.3 Batasan Masalah

Adapun hal-hal yang menjadi pokok batasan masalah yaitu:

- a. Proses pencetakan relatif lama.
- b. Hanya satu warna saat pencetakan.
- c. Masih harus menghaluskan cetakan yang sudah jadi.
- d. Daerah Kerja yang dapat dikerjakan terbatas.

1.4 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui proses percetakan menggunakan 3D *Printer* Dengan Mekanikal Corexy Menggunakan Kontroler Arduino Mega 2560 Dengan Firmware Marlin.
- b. Mengetahui kepresisian hasil cetakan dan efisiensi antara 3D *Printer* corexy dengan 3D *printer* cartesian yang ada di kampus Uversitas PGRI Semarang.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

Sebagai salah satu upaya memberikan pengetahuan dan menambah ilmu dalam pembuatan *printer* 3D. Tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat untuk ilmu pengetahuan dan teknologi sehingga dapat menambah ilmu kepustakaan yang telah ada. Dapat membantu yang bergerak di bagian modeling plastik agar dapat memakai dan membuat 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 berisi tentang hasil eksperimen dan Analisa perbandingan antara 3D *Printer corexy* dengan 3D *printer cartesian*.

BAB V BAB V PENUTUP

Pada bagian ini berisi tentang kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat ditarik setelah melakukan pengujian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang telah dilakukan guna menunjang penelitian tugas akhir dalam perancangan pengontrolan program printer 3D dengan mekanikal corexy menggunakan kontroler arduino mega 2560 dengan firmware marlin, antara lain :

Menurut Anief Awalia Nurul & Wirawan Sumbodo (2018) menyatakan bahwa “3D printer tipe Core XY menggunakan software Autodesk Inventor 2015 dan mengetahui kualitas produk hasil 3D printer yang dihasilkan. Penelitian ini merupakan jenis perancangan dengan metode pahl & Beitz dengan tahapan penjabaran tugas dan spesifikasi, perancangan konsep, perancangan wujud, dan perancangan secara terperinci. Analisis data menggunakan statistik deskriptip. Hasil analisis data menunjukkan bahwa kekuatan rangka 3D printer cukup baik dibuktikan dengan analisis menggunakan software Autodesk inventor 2015 dan hasil benda kerja yang diproses menggunakan 3D printer mempunyai nilai kepresisian dengan toleransi ± 0.5 mm dibuktikan dengan hasil pengukuran benda kerja dengan menggunakan alat ukur.

Menurut Moh. Dahlan (2017) menyatakan bahwa “ merancang bangun mesin printer 3D dengan kontroller arduino mega 2560 dengan dukungan memory card yang bisa menyimpan file yang akan dieksekusi sehingga proses pencetakan tidak harus selalu terhubung dengan PC. Metode yang digunakan adalah riset development yang akan menghasilkan produk berupa *prototype* mesin printer 3D. Salah satu keuntungan penggunaan printer 3D untuk membuat *prototyping* adalah 8 dapat membuat *prototype* dalam waktu singkat dan biaya yang murah dibandingkan dengan pembuatan *prototype* secara konvensional. Mesin rapid prototyping ini menjadi alat vital dalam dunia industry. Untuk itu perlu inovasi perancangan mesin printer 3D yang tidak terlalu mahal.

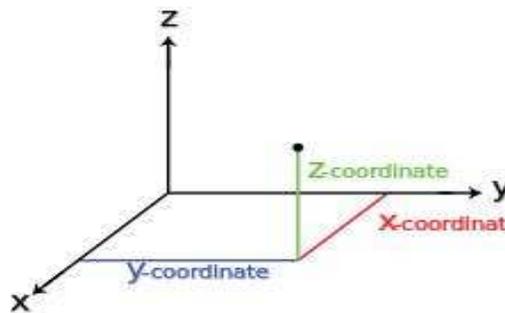
Menurut Mochamad Diki Muliawan (2017) menyatakan bahwa “ dengan munculnya teknologi manufaktur aditif pada pertengahan 1980-an, teknologi

pencetakan tiga dimensi (3D) yang mencetak benda dengan mengandalkan ekstrusi termoplastik untuk pembuatan prototype/pemodelan. Bahan termoplastik yang digunakan adalah *Asam Polylactic* (PLA) dan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) yang dicetak dengan cara dicairkan menggunakan nozzel yang dialirkan dengan cara berlapis – lapis sehingga membentuk sebuah benda. Rancang bangun konstruksi rangka mesin 3D printer tipe Cartesian berbasis FDM dengan penggerak menggunakan 3 sumbu utama yaitu sumbu X dengan panjang area cetak 380 mm, sumbu Y dengan panjang area cetak 400 mm, dan sumbu Z dengan panjang area cetak 380 mm, dan material yang digunakan yaitu baja JIS G3103 1995 SS400, dan aluminium A1100. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kekuatan rangka batang sumbu Z, dan sumbu X”.

2.2 FDM dan Permodelan 3D

Fused Deposition Modelling (FDM) merupakan proses pembuatan 3D objek melewati tahapan pelelehan material dan tersusun layer demi layer sehingga membentuk objek 3D. Material yang digunakan pada saat pembuatan 3D objek yaitu jenis material *thermoplastic* dalam bentuk filament.

Objek 3 dimensi atau sering disebut 3D adalah benda yang terdiri dari panjang, lebar, dan tinggi. Setiap bangun tiga dimensi memiliki kapasitas yang disebut juga dengan volume. istilah tersebut dapat ditemui dalam bidang kesehatan dengan pemanfaatan teknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM) bisa mencetak gigi tiruan manusia yang dimana proses tersebut mempermudah kinerja manusia terutama dalam bidang kesehatan. (Zamheri et al., 2020)



Gambar 2. 1 Koordinat X,Y, dan Z (Zamheri et al., 2020)

Proses permodelan 3D merupakan proses membentuk suatu benda atau objek. Dalam permodelan pembuatan desain sangat diperlukan sehingga membuat objek tersebut terlihat seperti nyata sesuai objek dan contohnya. Proses ini dinamakan permodelan 3D (*3D modeling*). Proses permodelan melalui beberapa tahap diantaranya pengonsepan dan proses desain hingga Seluruh objek dapat dilihat dari seluruh sisi.

Permodelan 3D dapat ditampilkan sebagai gambar 2D maupun 3D melalui software seperti cad, inventor, solidwork dll. Dalam proses permodelan langkah awal yaitu membuat desain untuk menjadikan desain tersebut ke dalam bentuk nyata langkah selanjutnya yaitu dicetak menggunakan perangkat percetakan 3D yang disebut dengan mesin 3D *printing*.

2.3 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)

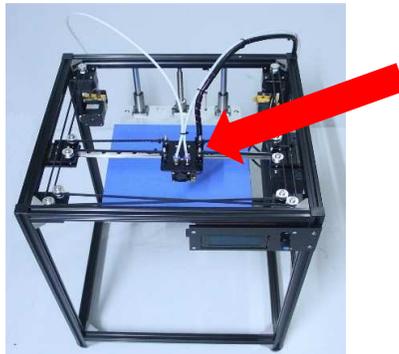
Aplikasi teknologi 3D *printing* ini banyak digunakan terutama untuk membuat purwa rupa (*prototype*) pada industri telepon genggam, *jewellery*, penerbangan, otomotif, sepatu, desain industri, arsitektur, konstruksi, dental, industri medis, pendidikan, teknik sipil dan lainnya. Dengan memanfaatkan teknologi ini perancang akan dengan cepat mewujudkan kreasinya menjadi obyek 3D, sehingga segera dapat dianalisa kelayakan suatu produk seperti ergonomi dan lainnya. Ada beberapa komponen utama pada mesin 3D *printing* berbasis FDM (Kalsoom et al., 2018). Berikut adalah bagian-bagian mesin 3D *printing* :

- a. *Frame* adalah struktur utama untuk menopang mesin 3D *printing*. *Frame* harus kaku dan kokoh sehingga cetakannya bisa terbentuk dengan akurat.



Gambar 2. 2 *Frame* 3D Printer (Zhao et al., 2020)

- b. *Print head* adalah bagian dari printing yang berguna untuk melelehkan dan menggerakkan filamen. *Print head* terdiri dari *nozzle*, *heater*, dan *fan*.



Gambar 2. 3 *Print head* 3D printer (Zhao et al., 2020)

- c. *Nozzle* adalah bagian untuk mengeluarkan bahan yang berbentuk semi-solid setelah melewati *heater*. *Nozzle* menentukan kemampuan bahan dapat dicairkan dengan benar. *Nozzle* berkualitas baik dapat menyuplai bahan seperti polikarbonat, nilon, dan plastik suhu tinggi lainnya.



Gambar 2. 4 Nozzle 3d printer (Zhao et al., 2020)

- d. *Build platform* atau *bed* adalah permukaan datar untuk mencetak. Beberapa *printing* memiliki *bed* yang dapat dipanaskan untuk memungkinkan pencetakan bahan yang perlu dijaga temperaturnya selama proses cetak.



Gambar 2. 5 *Build platform* atau *bed* 3D printer

(Zhao et al., 2020)

- e. *Bowden* berfungsi untuk mengatur filamen saat didorong atau ditarik oleh motor.



Gambar 2. 6 *hotend bowden* 3d printer (Zhao et al., 2020)

- f. *Moving Parts* adalah kombinasi *motor stepper* yang terpasang pada sekrup, kabel, *belt*, dan sistem lain yang menempel pada *pulley*. Motor untuk *printing* 3D biasanya memiliki 200 step per revolution. Setidaknya ada 5 motor stepper pada 3D *printing*.
- g. *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. 7 *Electronics Control 3D printer* (Zhao et al., 2020)

2.4 Jenis-jenis Printer 3D

2.4.1 3D Printer model Delta

3d *printer* model delta adalah kepala *printer/nozzle* (*hotend*) ditopang dan digerakkan naik atau turun dengan konfigurasi frame berbentuk segitiga. Tiap lengan di gerakkan digerakkan naik atau turun oleh satu motor. Kepala *printer* delta digerakkan bergerak di sumbu X,Y, dan Z, sehingga *printbed* tidak perlu bergerak. Untuk bergerak dalam satu sumbu, ketiga motor harus bekerja sama. Oleh karena itu 3D *printer* model delta pada saat kalibrasi jauh lebih rumit dibandingkan 3D *printer* dengan model lain. Pada model delta *prinbed*-nya berbentuk lingkaran atau segi enam.



Gambar 2. 8 Mesin 3D *Printer* Model Delta (Melianov, 2018)

2.4.2 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. 9 3D *pinter* model cartesian (Li et al., 2019)

2.4.3 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. 10 *printer corexy* (Scherick et al., 2021)

2.5 Filament PLA (Poly Lactic Acid)

Asam poliaktik, atau dikenal juga dengan PLA, merupakan plastik *biodegradable*, tidak seperti ABS. PLA diproduksi menggunakan bahan baku terbarukan, salah satunya yaitu pati jagung. PLA adalah salah satu bahan yang paling mudah untuk dicetak, meskipun memiliki kecenderungan menyusut sedikit setelah dicetak. Pencetakan menggunakan plastik PLA dapat dilakukan dengan suhu yang lebih rendah dari ABS, antara 190°C hingga 230°C.

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). Pada material ABS tidak terlalu kuat, akan tetapi mempunyai kelenturan yang lebih, sedangkan material PLA kuat akan tetapi kaku. Material PLA dapat menahan tekanan hingga 7.250psi dan sedangkan material ABS hanya dapat menahan tekanan hingga 4.700psi, bahkan material NYLON hanya dapat menahan tekanan hanya 7.000psi. Untuk material terkuat pada saat ini yaitu Poly Carbonate, akan tetapi material Poly Carbonat mempunyai segmen yang berbeda.



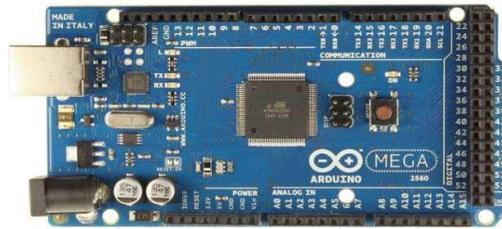
Gambar 2. 11 Jenis-jenis Filament/bahan PLA (*Poly Lactic Acid*)

(Camargo et al., 2019).

2.6 Arduino Mega 2560

Arduino adalah board berbasis mikrokontroler atau papan rangkaian elektronik *open source* yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Mikrokontroler ini merupakan chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan computer. Tujuannya menanamkan program pada mikrokontroler agar dapat membaca input, memproses input tersebut kemudian menghasilkan output sesuai dengan yang diinginkan. Jadi mikrokontroler itu adalah otak yang mengendalikan proses input, dan output dari rangkaian elektronik (Arduino, 2022).

Pada gambar 2.12 Merupakan jenis *Arduino Mega type 2560*. *Arduino Mega 2560* adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino mega 2560 dilengkapi dengan sebuah osilator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki apa yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler.



Gambar 2. 12 Arduino Mega 2560

(Sumber : ArduinoMega2560datasheet.pdf)

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. sumber daya eksternal (non USB) dapat berasal dari adaptor AC – DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke jack sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui header pin Gnd dan pin vin dari konektor power. Papan arduino ATmega 2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 volt, maka pin 5 volt 12 mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil.

2.7 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Komponen	Spesifikasi
Chip mikrokontroller	ATmega2560
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Analog Input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA

Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

(Sumber : ArduinoMega2560datasheet.pdf)

2.8 Motor Stepper

2.8.1 Pengertian Motor Stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi hgerakan 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.

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.

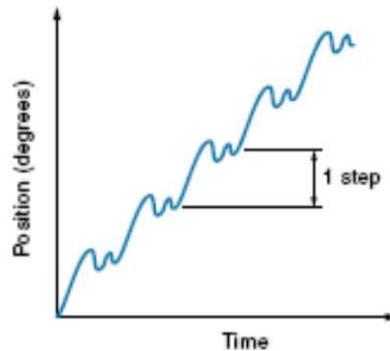


Gambar 2. 13 *Motor Stepper* (www.elektronika-dasar.web.id/)

2.9 Prinsip Kerja Motor Stepper

Motor stepper dapat berputar atau berotasi dengan sudut step yang bisa bervariasi tergantung motor yang digunakan. Ukuran step dapat berada pada range aplikasi atau kebutuhan yang diinginkan. Menurut F I Pasaribu dan I Roza (2019) Posisi putarannya pun relatif eksak dan stabil. Dengan adanya variasi sudut step tersebut akan lebih memudahkan untuk melakukan pengontrolan serta pengontrolannya dapat langsung menggunakan sinyal digital tanpa perlu menggunakan rangkaian *closed – loop feedback* untuk memonitor posisinya. Dengan alasan inilah maka motor stepper banyak digunakan sebagai *actuator* yang menerapkan rangkaian digital sebagai pengontrol driver.

Motor stepper mempunyai dua mode operasi yaitu *single step* mode dan *slew* mode. Pada *single step* mode atau disebut juga *bidirectional mode*, frekuensi step cukup lambat untuk memperbolehkan rotor berhenti diantara step, gambar 2.14 menunjukkan sebuah grafik posisi pada waktu untuk operasi *single step*. Pada setiap step, motor meneruskan sudut tertentu dan kemudian berhenti. Jika motor bebannya kecil, *overshoot* (lonjakan) dan osilasi dapat terjadi pada akhir setiap step seperti yang ditunjukkan pada gambar.

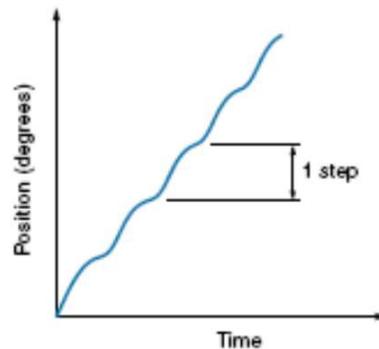


Gambar 2. 14 posisi dan waktu untuk *singel – step* mode

(Sumber : Majalah ilmiah UNIKOM)

Keuntungan besar dari operasi *singel-step* adalah bahwa setiap step benar-benar tidak tergantung pada step lainnya. Artinya motor dapat berhenti secara pasti (*dead stop*) atau bahkan berbalik arah kapan saja. Karena itu kontroller mempunyai kontrol yang instant dan sempurna pada operasi motor. Dan juga ada kepastian bahwa kontroler tidak akan kehilangan hasil cacahan (*count*) dan tentunya berarti posisi motor sebab setiap step ditetapkan sedemikian baik. Kekurangan *singel-step* mode adalah gerakannya lambat "*choppy*" (berombak). Kecepatan *singel-step* mode yang tipikal adalah 5 step/detik yang mentranslasikan 12,5 rpm.

Pada *slew mode*, atau *unidirectional mode*, frekuensi step adalah cukup tinggi sehingga tidak mempunyai waktu untuk berhenti. Mode ini mirip dengan motor listrik biasa (*regular electric motor*). jadi motor selalu mengalami torsi dan berotasi lebih halus dengan kontinyu. Gambar 2.15 menunjukkan grafik posisi dan waktu untuk *slew mode*. Walaupun setiap step dapat dilihat, gerakannya jauh lebih halus dibandingkan dengan *singel-step* mode.



Gambar 2. 15 posisi dan waktu untuk *slew* mode

(Sumber : Majalah ilmiah UNIKOM)

Prinsip kerja motor stepper mirip dengan motor DC, sama – sama dicatu dengan tegangan DC untuk memperoleh medan magnet. Bila motor DC memiliki magnet tetap pada stator, motor stepper mempunyai magnet tetap pada pada rotor. Adapun spesifikasi dari motor stepper adalah banyaknya fasa, besarnya nilai derajat per step, besarnya volt tegangan catu untuk setiap lilitan, dan besarnya arus yang dibutuhkan untuk setiap lilitan.

Motor stepper tidak dapat bergerak sendiri secara kontinyu, tetapi bergerak secara diskrit per – step sesuai dengan spesifikasinya. Untuk bergerak dari satu step ke step berikutnya diperlukan waktu dan menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan rendah. Salah satu karakteristik motor stepper yang penting yaitu adanya torsi penahan, yang memungkinkan berguna untuk aplikasi motor stepper dalam yang memerlukan keadaan start dan stop.

2.10 Power Supply Motor Stepper

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 2.9



Gambar 2. 16 Power Supply (www.elektronika-dasar.web.id/)

2.10.1 Power Supply Berdasarkan Fungsinya (*Functional*)

Berdasarkan fungsinya, power supply dapat dibedakan menjadi *Regulated Power Supply*, *Unregulated Power Supply* dan *Adjustable Power Supply*.

- a. *Regulated Power Supply* adalah Power Supply yang dapat menjaga kestabilan tegangan dan arus listrik meskipun terdapat perubahan atau variasi pada beban atau sumber listrik (Tegangan Arus Input)
- b. *Unregulated Power Supply* adalah Power Supply tegangan ataupun arus listriknya dapat berubah ketika beban atau sumber listriknya mengalami perubahan.
- c. *Adjustable Power Supply* Adalah Power Supply yang tegangannya atau arusnya dapat diatur sesuai kebutuhan dengan menggunakan Knob mekanik. Terdapat 2 jenis *Adjustable Power Supply* yaitu *Regulated Power Supply* dan *Unregulated Adjustable Power Supply*.

2.10.2 Power Supply Berdasarkan Bentuknya

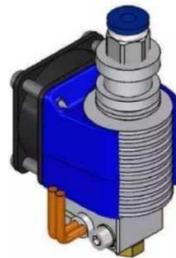
Untuk peralatan Elektronika seperti televisi, Monitor Komputer, Komputer Desktop maupun DVD Player, Power Supply biasanya ditempatkan didalam atau menyatu kedalam perangkat perangkat – perangkat tersebut sehingga kita sebagai konsumen tidak dapat melihat secara langsung. Jadi hanya sebuah kabel listrik yang dapat kita lihat dari luar. Power Supply ini disebut dengan Power Supply Internal (*Built in*). Namun ada juga Power Supply yang berdiri sendiri (*Stand alone*) dan berada diluar perangkat elektronika yang kita gunakan seperti *Charger Hanphone* dan *Adaptor Laptop*. Ada juga Power supply stand alone yang bentuknya besar dan dapat distel tegangan sesuai dengan kebutuhan kita.

2.10.3 Power Supply Berdasarkan Metode Konversinya

Berdasarkan Metode Konversinya, Power supply dapat dibedakan menjadi *Power Supply Linier* yang mengkonversi tegangan listrik secara langsung dari Inputnya dan *Power Supply Switching* yang harus mengkonversi tegangan input ke pulsa AC atau DC terlebih dahulu.

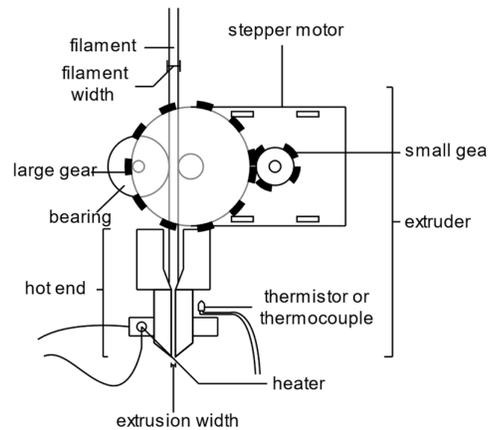
2.11 Extruder

Extruder adalah komponen yang sangat penting pada alat cetak bangun ruang tiga dimensi karena berfungsi untuk memanaskan dan memotong *filament* pada alat cetak bangun ruang tiga dimensi. Extruder terdiri dari beberapa komponen penting yaitu Stepper motor, thermistor, heater, dan nozzle. Dibawah ini gambar extruder yang digunakan pada alat pencetak ruang tiga dimensi.



Gambar 2. 17 Extruder (Lubis, 2020)

Extruder diletakkan dibagian tengah alat 3D *printer*. Dibutuhkan filament diameter 3mm dari polimer (dengan sepasang kabel supply 12V), filament akan turun dan dipanaskan, dan kemudian lelehan filament keluar dari nozzle dengan perintah dari perangkat lunak, sehingga aliran tipis ditetapkan dalam lapisan untuk membentuk bagian – bagian yang alat ini butuhkan. Extruder harus bekerja sampai suhu 250°Celsius.



Gambar 2. 18 Skematik extruder

(Sumber : <https://reprap.org>)

2.12 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 oleh dan untuk penggemar RepRap agar menjadi driver printer yang mudah dan handal. Marlin berjalan pada pengontrol mikro Atmel AVR 8-bit yang murah. Marlin mulai versi 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 Pendekatan Penelitian

Penulis melakukan penelitian dengan merancang 3D *printer* dengan Mekanikal corexy dengan menggunakan kontroller arduino mega 2560. 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.

3.2 Lokasi Penelitian

3.2.1 Lokasi

Penelitian akan dilaksanakan di Universitas PGRI Semarang, Jl. Sidodadi Timur No.24 / Dr. Cipto Semarang.

3.2.2 Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini adalah membandingkan keakurasian hasil cetakan 3D *printer* Mekanikal corexy menggunakan kontroller arduino mega 2560 dengan 3D *printer* cartesian yang ada di kampus Universitas PGRI Semarang maka perlu dilakukan percetakan menggunakan kedua alat tersebut untuk mengetahui hasil keakurasian dan efisiensi kedua alat tersebut demi menunjang proses praktikum yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas PGRI Semarang.

3.3 Variabel Penelitian

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 ini yang mengambil judul “Rancang Bangun 3D *Printer* Dengan Mekanikal Corexy Menggunakan Kontroller Arduino Mega 2560 Dengan Firmware Marlin” 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 desain yang dilakukan pada mesin 3D *printer* corexy dan cartesian.

3.4 Bahan dan Alat Penelitian

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

3.4.1 Peralatan Penelitian

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

1. Laptop/komputer yang berfungsi untuk membuat desain 3D objek. Selain itu laptop/komputer digunakan untuk menjalankan software yang digunakan dalam penelitian ini.
2. Jangka sorong digital.
3. Beberapa software seperti Solidwork 2018, Simplefly3D.

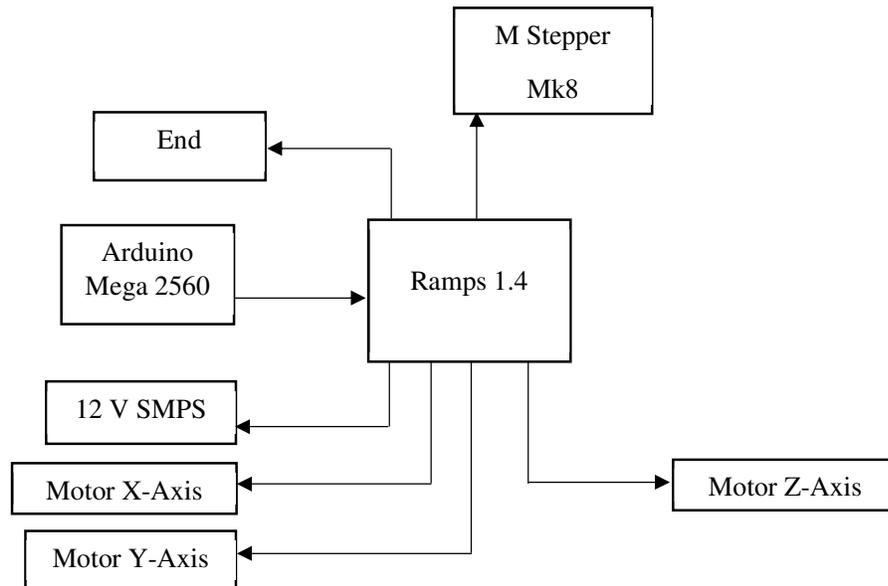
3.4.2 Bahan – bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan untuk pembuatan alat ini adalah

1. 3D *printer* Dengan Mekanikal Corexy Menggunakan Kontroler Arduino Mega 2560 Dengan Firmware Marlin.
2. 3D printer cartesian yang ada di Universitas PGRI Semarang.

3.5 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 system 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 motherboard yang akan mengoneksikan semua motor yang dipakai
3.	Motor Stepper	Untuk menggerakkan extruder
4.	Extruder	Sebagai aktuator untuk mengatur mengeluarkan filament
5.	Power supply 12 V	Untuk mengonversi tegangan AC ke DC
6.	Motor XYZ	Sebagai penggerak untuk mencetak objek

3.6 Spesifikasi alat

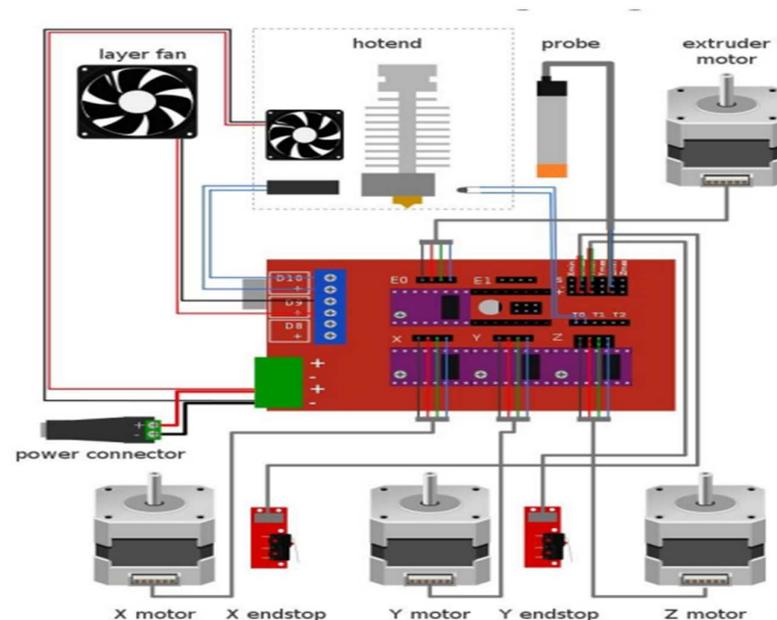
Berikut ini adalah beberapa spesifikasi alat dari 3D printer yang akan dijelaskan pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 spesifikasi alat dari 3D printer

No	Model	Bahan
1.	Bahan filament	Pla
2.	Diameter filament	1,75 mm
3.	Diameter nosel	0,4 mm
4.	Kecepatan print	3000 mm/s
5.	Dimensi print	20 cm x 20 cm x 20 cm
6.	Operasi system	Windows 7, win 8, win 10
7.	Software	Solidwork2018, simplify3D
8.	Format file	STL,G-code

3.7 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.

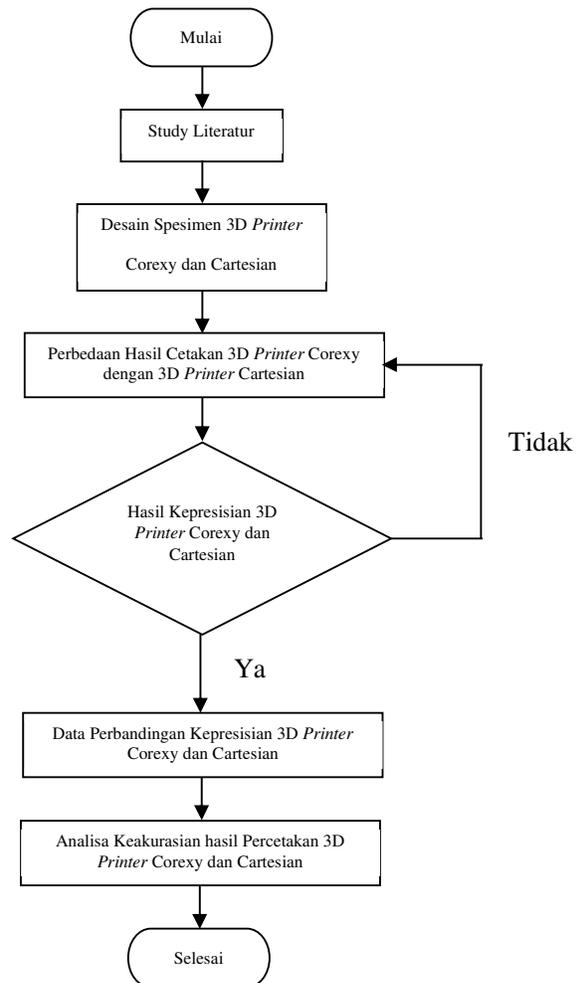


Gambar 3. 2 Rangkaian Diagram Keseluruhan Sistem yang terhubung

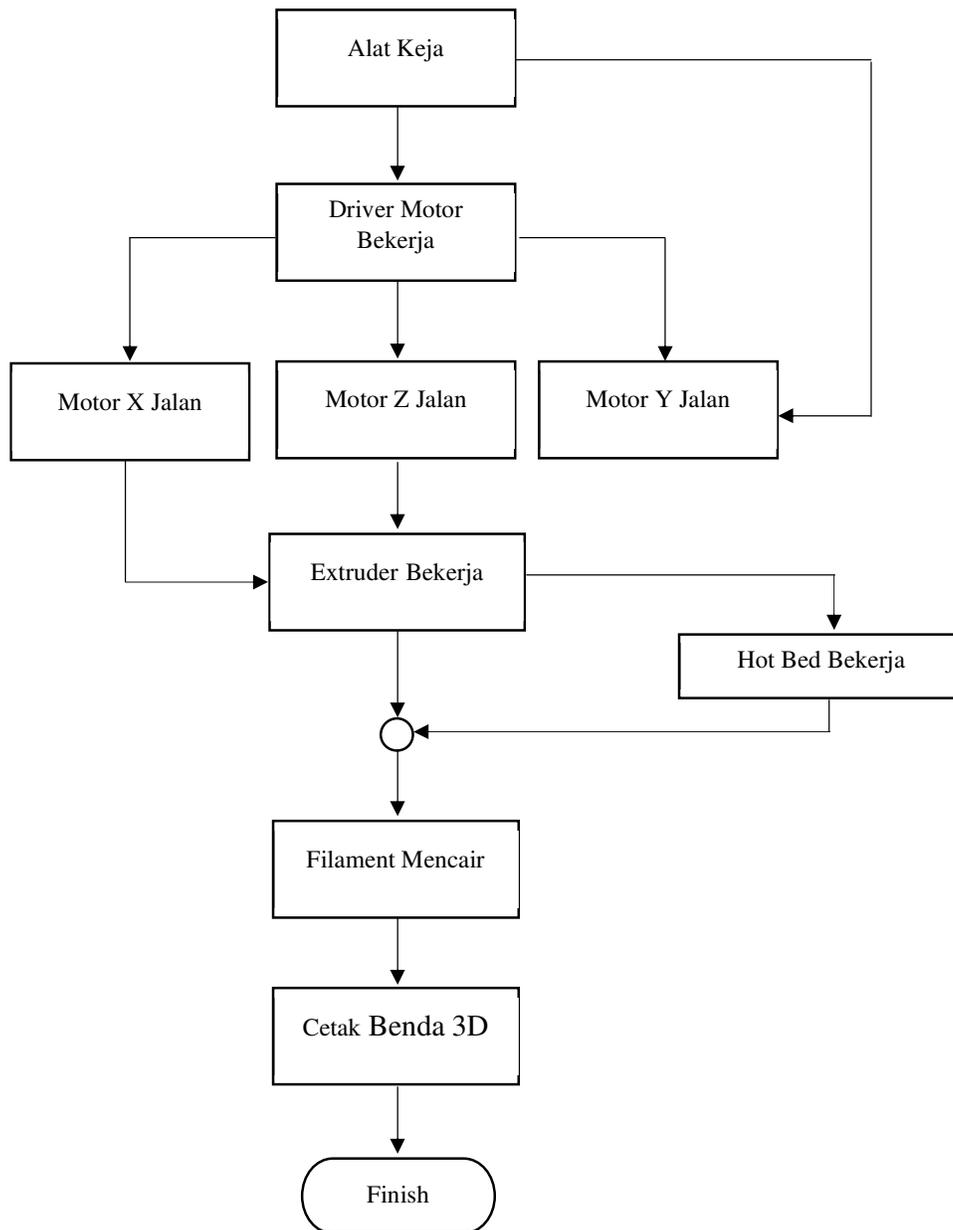
3.8 Diagram Alir Penelitian

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* corexy dan 3D *printer* cartesian, Berikut adalah diagram alir dari alat ini.



Gambar 3. 3 *Flow Chart* alur penelitian



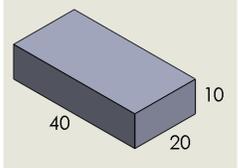
Gambar 3. 4 *Flow chart* sistem kerja alat

Flow chart pada gambar 3.4 menjelaskan tentang proses kerja 3D *printer*. Pertama user harus membuat model atau desain menggunakan software solidwork kemudian disimpan dengan file berformat stereolithography (.stl) lalu diolah di software simplify3D untuk dikonversikan dalam bentuk file G-code lalu disimpan untuk dicetak.

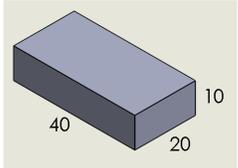
3.9 Material dan Desain yang akan di Uji Coba

Material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan material jenis PLA (*Poly Lactic Acid*). Dengan setingan printer 3D pada software simplify3D menggunakan *layer* 0,2000 mm, *infill percentage* 20%, *temperature extruder* 210°C, *temperature bed* 50°C, dan *speed* 3000 mm/min. 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 corexy dan 3D printer cartesian. Hasil percetakan benda balok 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 corexy dan 3D printer cartesian.

Tabel 3. 3 Pengujian Spesimen 3D Printer Corexy

No	3D Printer Corexy	Keterangan			Hasil		
		p	ℓ	t	p	ℓ	t
1	Balok 	40	20	10			

Tabel 3. 4 Pengujian Spesimen 3D Printer Cartesian

No	3D Printer Cartesian	Keterangan			Hasil		
		p	ℓ	t	p	ℓ	t
1	Balok 	40	20	10			

3.10 Toleransi Umum

Pada penelitian kali ini yaitu menggunakan toleransi umum. pada Panjang balok berukuran 40 mm ukuran tersebut masuk pada toleransi umum $\pm 0,1$ sedangkan pada lebar 20 mm dan tinggi 10 mm ukuran tersebut masuk dalam toleransi $\pm 0,15$. Berikut tabel variasi penyimpangan toleransi umum.

Tabel 3. 5 Variasi Penyimpangan Toleransi Umum

(Sumber : Buku Gambar Teknik Manufaktur hal.6)

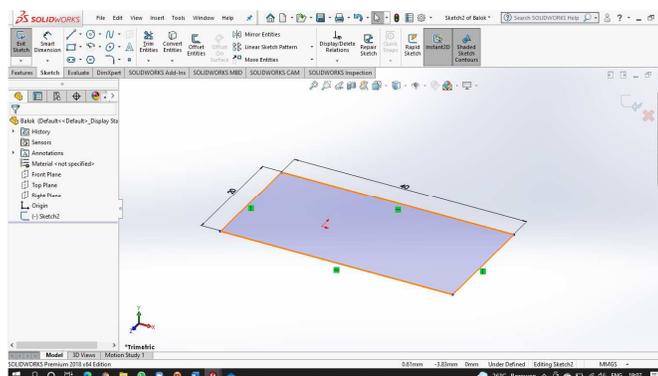
Ukuran Nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-2000
Penyimpangan yang diizinkan	Teliti	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
	Sedang	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$
	Kasar	-	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3

3.11 Proses Membuat Desain Menggunakan Software Solidwork2018

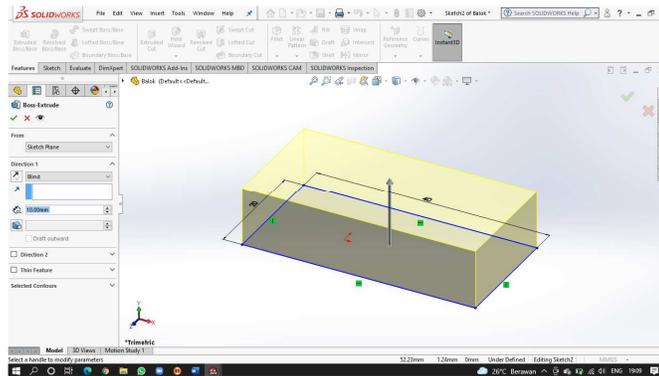
Proses selanjutnya yaitu proses membuat desain pada software solidwork2018 dan mengubah file tersebut ke dalam format .stl. proses pembuatan desain dapat dilihat pada gambar 3.4-3.18.

3.11.1 Benda Uji Balok

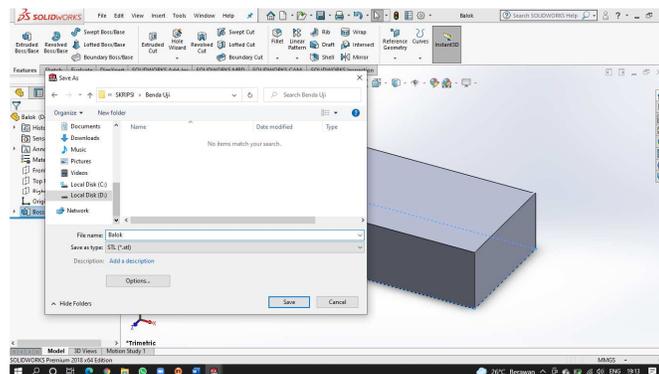
Pada benda uji kali ini yaitu membuat balok dengan $p = 40$, $\ell = 20$, $t = 10$ mm. berikut adalah proses pembuatan desain kubus menggunakan software solidwork2018.



Gambar 3. 5 Pembuatan Alas Balok Dengan $p = 40$ mm $\ell = 20$ mm



Gambar 3. 6 Proses Extruded Boss/Base Dengan Tinggi 10 mm

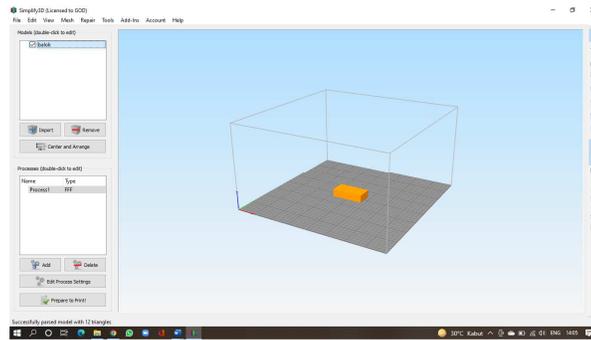


Gambar 3. 7 Proses Merubah Format File Ke Dalam .stl

Setelah menggambar desain di software solidwork2018 selesai maka proses terakhir yaitu mengubah format file menjadi .stl agar bisa dibuka menggunakan software simplify3D.

3.12 Persiapan file siap cetak

Proses kali ini yaitu memasukkan file dengan format .stl ke dalam software simplify3D dimana software tersebut berfungsi untuk mengubah file .stl ke dalam file siap cetak melalui beberapa tahap dimana di software tersebut kita bisa menentukan jenis material, pengaturan kecepatan (*speed*) sebuah 3D *printer*, *temperature*, *high suport* dll. Berikut adalah proses persiapan dan mensetting file dengan format .stl ke dalam file siap cetak menggunakan software simplify3D.

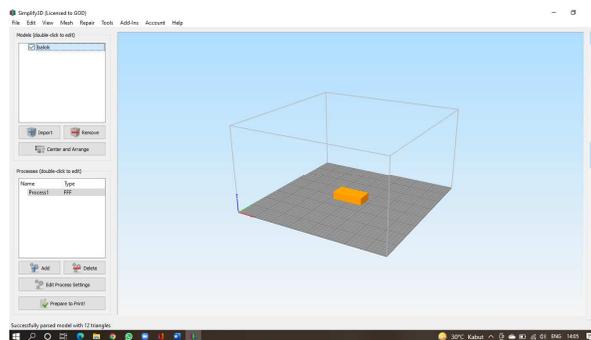


Gambar 3. 8 membuka file .stl dengan simplify3D

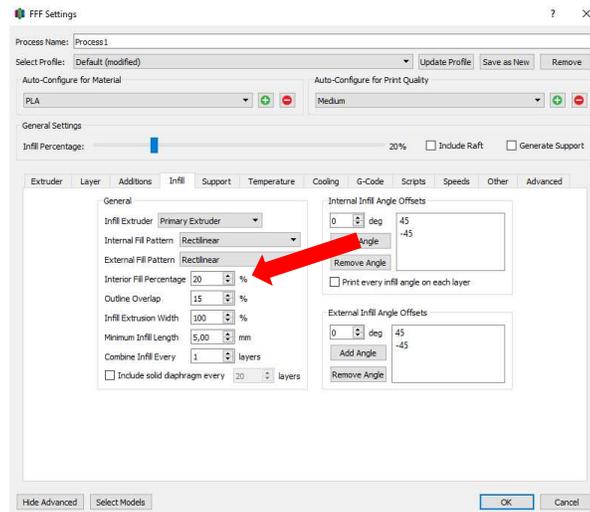
Setelah melakukan beberapa settingan pada software simplify3D, seperti memilih jenis material yang digunakan, pengaturan *temperature*, *speed*, *height support* dll, maka file G-code dari file .stl disimpan ke dalam USB dan siap untuk dicetak pada mesin 3D *printer*.

3.13 Simulasi Percetakan

Proses selanjutnya yaitu proses simulasi percetakan menggunakan *software* simplify3D 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 3.9-3.15.

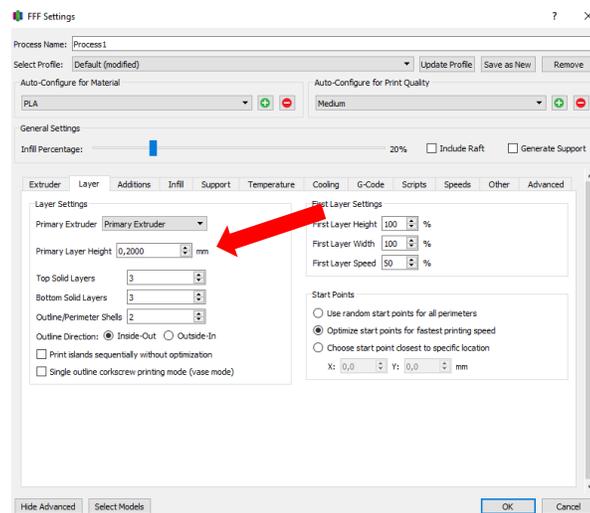


Gambar 3. 9 File format .stl ke software Simplify3D balok dengan Panjang = 40mm, $\ell = 20\text{mm}$, $t = 10\text{mm}$



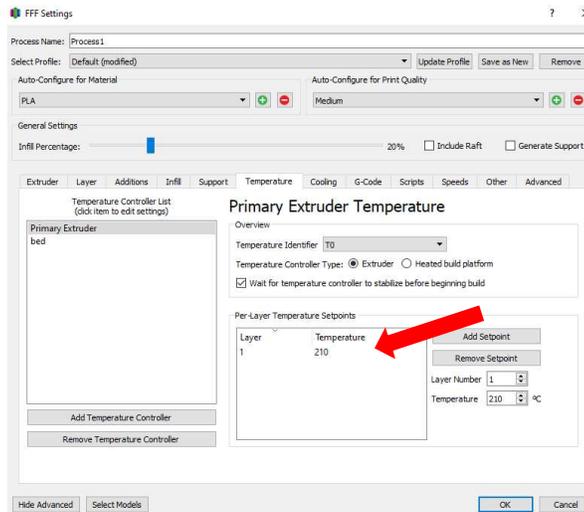
Gambar 3. 10 Mengatur *infill percentage* 20% dan *External Fill Pattern* pada software simplify3D

Pada proses *mensetting* di software simplify3D kita perlu menentukan berapa persen (%) *infill percentage* pada desain benda yang kita mau cetak semakin tinggi persen (%) dari *infill percentage* tersebut maka akan semakin padat hasilnya dan semakin bagus. Pada penelitian kali ini yaitu menggunakan *infill percentage* 20% dan *External Fill Pattern* menggunakan *Rectilinear* untuk membuat struktur lebih kuat.



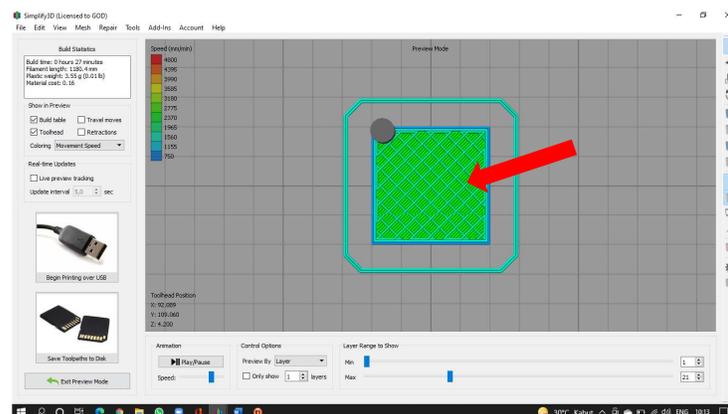
Gambar 3. 11 mengatur *Primary Layer Height* pada software simplify3D

Proses berikutnya adalah mengatur *Primary Layer Height* pada *software* Simplify 3D. *Primary Layer Height* menggunakan 0,2000 mm agar menjadi 3 *layer* lapis.

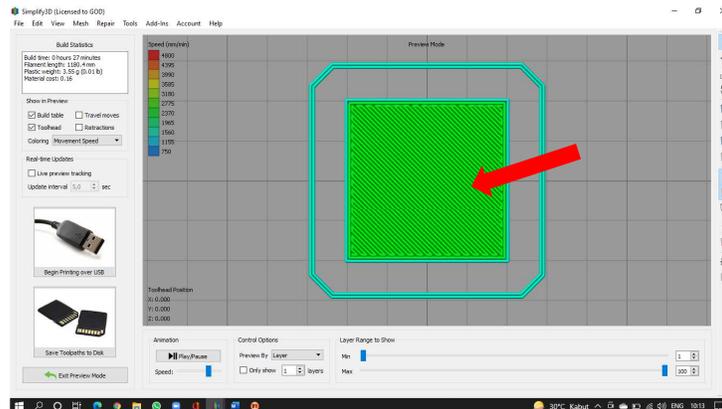


Gambar 3. 12 mengatur *temperature* pada *software* simplify3D

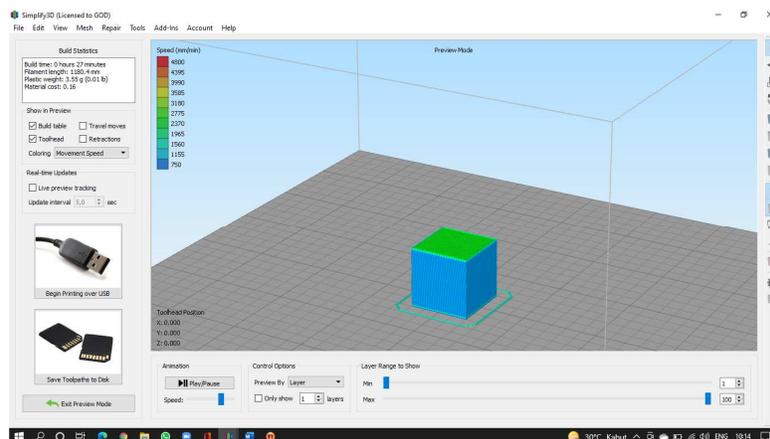
Proses selanjutnya yaitu mengatur *Temperature* diubah menjadi 210° C karena menggunakan filamen PLA.



Gambar 3. 13 hasil simulasi *infill percentage* 20% dan *External Fill Pattern* menggunakan *Rectilinier*

Gambar 3. 14 Proses *finishing*

Pada proses ini yaitu menyempurnakan dari tahapan *layer* demi *layer* dimana ada layer yang belum tertutup sempurna sehingga menjadi tertutup semua agar hasilnya maksimal.



Gambar 3. 15 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.

3.14 Mencari nilai standart error

Proses yang terakhir yaitu mencari nilai standart error untuk mengetahui keakuarisan hasil pengukuran dari kedua mesin *3D printer* corexy dan cartesian.

Untuk mencari nilai standart error terdapat banyak cara yaitu dengan menghitung manual, menghitung menggunakan software seperti excel, spss, dll. Pada penelitian kali ini yaitu menggunakan software excel. Proses mencari nilai standart error dapat dilihat pada Gambar 3.16.

	A	B	C	D	E
1	Panjang		Panjang		
2	40,05				
3	40,02		Mean	40,027	
4	40,01		Standard Error	0,015947352	
5	40		Median	40	
6	40		Mode	40	
7	40,2		Standard Deviation	0,063078434	
8	40		Sample Variance	0,003976889	
9	40		Kurtosis	8,076974429	
10	40		Skewness	2,786386708	
11	39,99		Range	0,21	
12			Minimum	39,99	
13			Maximum	40,2	
14			Sum	400,27	
15			Count	10	
16			Largest(1)	40,2	
17			Smallest(1)	39,99	
18			Confidence Level(95,0%)	0,045123594	
19					

Gambar 3. 16 Mencari nilai standart error menggunakan Microsoft Excel

Gambar 3.16 merupakan salah satu contoh penggunaan komputer dengan memanfaatkan software Microsoft Excel. Untuk memperoleh hasil seperti di atas berikut adalah langkah-langkah mencari 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 excel:

$$"=STDEV(AREA DATA)" \dots\dots\dots(3.3)$$

Rumus mencari nilai standart error menggunakan excel:

$$"=SEL S.BAKU/SQRT(SEL BNYK DATA)" \dots\dots\dots(3.4)$$

Menggunakan menu *data analysis* pada excel:

1. Ketik data pada kolom A.
2. Pilih menu *Tools* pada menu utama.
3. Pilih *Date Analysis*.
4. Plih- *Descriptive Statistics* pada daftar *Analysis Tools* lalu tekan OK.
5. Ketika kotak dialog muncul :

Ketik A1. A11 pada kotak input Range (ini menunjukkan kelompok nilai yang akan dihitung statistik deskriptifnya, di mana data pada basis A1 sampai A12)
Ketik C1 pada kotak Output Range (ini menunjukkan pojok kiri atas dan *worksheet* di mana statistik deskriptif hasil pengolahan akan muncul) Pilih *Summary Statistics* Pilih OK.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Percetakan mesin 3D *printer* Beda mekanikal

Pada penelitian ini, proses percetakan pada specimen dilakukan pada mesin 3D *printer* corexy dan cartesian dengan mekanikal berbeda. Berikut proses percetakan menggunakan 3D *printer* corexy dan cartesian :

- a. Persiapan desain menggunakan software solidwork2018.
- b. Simpan file desain dengan format .stl.
- c. Buka software simplify3D dan masukan file dengan format .stl.
- d. Setting tingkat kerapatan dan kecepatan 3D *printer*.
- e. Setelah mensetting semuanya cetak file dengan cara memasukan USB dari 3D *printer* ke laptop atau bisa dengan cara menggunakan memori card yaitu dengan menyimpan file berupa *G-code* ke memori card.
- f. Proses terakhir yaitu pencetakan objek.

4.2 Percetakan mesin 3D *printer* cartesian

Dari proses percetakan didapatkan hasil spesimen seperti pada Gambar 4.1 Hasil percetakan terbaik spesimen menggunakan 3D *printer* cartesian. Untuk proses menggunakan 3D *printer* cartesian tidak dilakukan proses uji coba berkali-kali karena 3D *printer* cartesian dianggap sebagai acuan dalam penelitian ini. Disini ukuran pada program dijelaskan pada tabel 3.1 dan 3.2.



Gambar 4. 1 Hasil percetakan 3D *printer* cartesian

4.3 Percetakan mesin 3D printer corexy

Dari proses percetakan didapatkan hasil spesimen seperti pada Gambar 4.1-4.4 Hasil percetakan terbaik spesimen menggunakan 3D *printer* corexy. Untuk proses menggunakan 3D *printer* corexy dilakukan proses uji coba berkali-kali karena 3D *printer* corexy ini kontrol baru sehingga untuk mendapatkan hasil yang sesuai perlu dilakukan percobaan berkali kali. Disini ukuran pada program pada benda pertama yaitu 20 mm, sedangkan didapat hasil yang sama dengan cartesian yaitu sebesar 20 mm



Gambar 4. 2 Hasil percetakan menggunakan 3D printer corexy

Dari hasil percobaan diatas yang ditunjukkan gambar 4.2 didapatkan ukuran yang belum sesuai dengan ukuran sebenarnya, itu dikarenakan settingan pada tinggi rendahnya *Build platform* atau *bed*-nya belum pas. Sehingga perlu dilakukan settingan kembali pada *Build platform* atau *bed* dengan cara mengkalibrasi manual hingga tinggi dan rendahnya pas agar hasilnya sesuai dengan desain. Berikut adalah tabel setingan kalibrasi *build platform* atau *bed* pada 3D *printer*.

Tabel 4. 1 Kalibrasi build platform atau bed pada 3D printer corexy

No	Jarak <i>bed</i> dengan <i>nozzel</i>	Hasil Corexy		
		p	ℓ	t
1	X	30,90 mm	19,90 mm	9,90 mm
2	X + 1mm	Filament tidak bisa keluar dan ekstruder tidak bisa berputar karena jarak <i>bed</i> dengan nozzle terlalu rapat.		
3	X - 1mm	p	ℓ	t
		40,00 mm	20,00 mm	10,00 mm

Tabel 4. 2 Kalibrasi build platform atau bed pada 3D printer cartesian

No	Jarak <i>bed</i> dengan <i>nozzel</i>	Hasil Cartesian		
		p	ℓ	t
1	X	30,90 mm	19,90 mm	9,90 mm
2	X + 1mm	Filament tidak bisa keluar dan extruder tidak bisa berputar karena jarak <i>bed</i> dengan <i>nozzle</i> terlalu rapat.		
3	X - 1mm	40,00 mm	20,00 mm	10,00 mm

Setelah di kalibrasi didapatkan setingan yang pas sesuai desain yaitu menggunakan jarak *bed* dengan *nozzle* x – 1 mm pada 3D *printer* corexy dan cartesian. hasil ini merupakan hasil yang terbaik didapat dalam percobaan yang dilakukan.

Gambar 4. 3 Hasil percetakan terbaik menggunakan 3D *printer* corexy

Banyak faktor yang menyebabkan kegagalan seperti proses percetakan yang dimana pada proses tersebut mengalami kesulitan pada saat melakukan setting *build platform* atau *bed* sehingga hasil percetakan tinggi atau rendahnya dari benda yang dicetak tidak sesuai dengan deasain pada software solidwork2018. Kalibrasi setingan pada *build platform* atau *bed* berpengaruh pada hasil percetakan apabila kalibrasi dan settingannya kurang pas hasilnya tidak akan maksimal dan ukuran tinggi rendahnya percetakan kurang pas dan tidak sesuai dengan desain yang telah dibuat pada software solidwork2018.

Dari proses percetakan didapatkan hasil parameter percetakan kedua mesin 3D *printer corexy* dan *cartesian* yang dapat dilihat pada tabel 4.1. Dari mulai awal dengan parameter percetakan yang sama dengan berbeda mekanikal untuk mendapatkan ukuran dan waktu yang terbaik dari kedua mesin 3D *printer* beda mekanikal tersebut.

Tabel 4. 3 Parameter Percetakan Terbaik 3D *Printing* Corexy dan Cartesian benda balok

Parameter	3D printer corexy	3D printer Cartesian
<i>Primary Layer height</i>	0,2000 mm	0,2000 mm
<i>Internal infill pattern</i>	Rectilinear	Rectilinear
<i>External infill pattern</i>	Rectilinear	Rectilinear
<i>Interior infill percentage</i>	20%	20%
<i>Temperature primary extruder</i>	210°C	210°C
<i>Temperature bed</i>	50°C	50°C
<i>Speeds</i>	3000,0 mm/min	3000,0 mm/min
Panjang Balok	40 mm	40 mm
Lebar Balok	20 mm	20 mm
Tinggi Balok	10 mm	10 mm
Waktu	± 18 menit	± 20 menit

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 40 mm, lebar 20 mm dan tinggi 10 mm untuk balok. Dan didapat hasil dari uji coba pada mesin 3D *printer corexy* dan *cartesian* ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 hasil pengukuran benda balok dengan 3D *printer* corexy

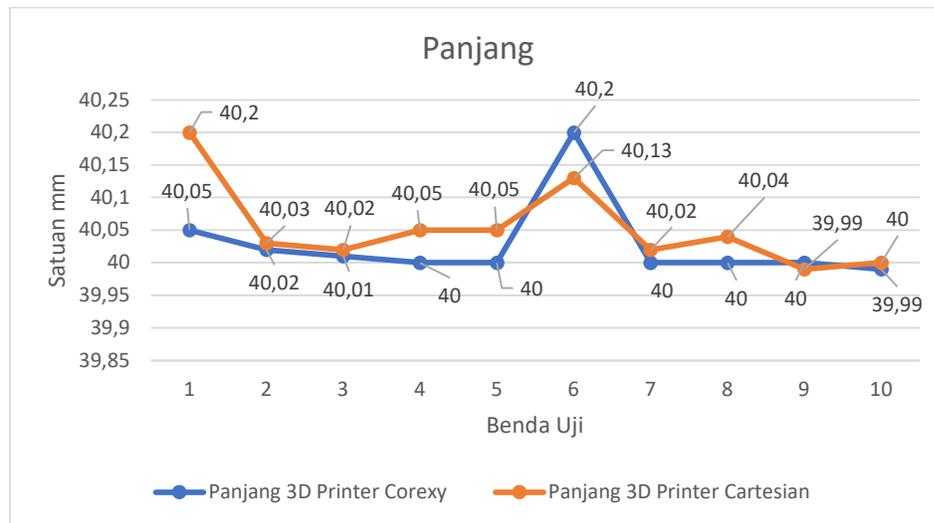
No	3D Printer Corexy		
	Panjang	Lebar	Tinggi
1	40,05 mm	20,05 mm	10,00 mm
2	40,02 mm	20,00 mm	10,05 mm
3	40,01 mm	20,00 mm	10,00 mm
4	40,00 mm	20,05 mm	9,99 mm
5	40,00 mm	19,95 mm	10,00 mm
6	40,20 mm	20,15 mm	9,98 mm
7	40,00 mm	20,00 mm	10,00 mm
8	40,00 mm	20,05 mm	9,98 mm
9	40,00 mm	20,07 mm	10,00 mm
10	39,99 mm	20,00 mm	9,95 mm

Tabel 4.5 hasil pengukuran benda balok dengan 3D *printer* cartesian

No	3D Printer Cartesian		
	Panjang	Lebar	Tinggi
1	40,20 mm	20,00 mm	9,95 mm
2	40,03 mm	20,00 mm	9,95 mm
3	40,02 mm	20,00 mm	9,97 mm
4	40,05 mm	20,12 mm	9,96 mm
5	40,05 mm	19,95 mm	9,97 mm
6	40,13 mm	20,13 mm	10,12 mm
7	40,02 mm	20,00 mm	10,00 mm
8	40,04 mm	20,05 mm	9,96 mm
9	39,99 mm	20,07 mm	10,00 mm
10	40,00 mm	20,00 mm	9,95 mm

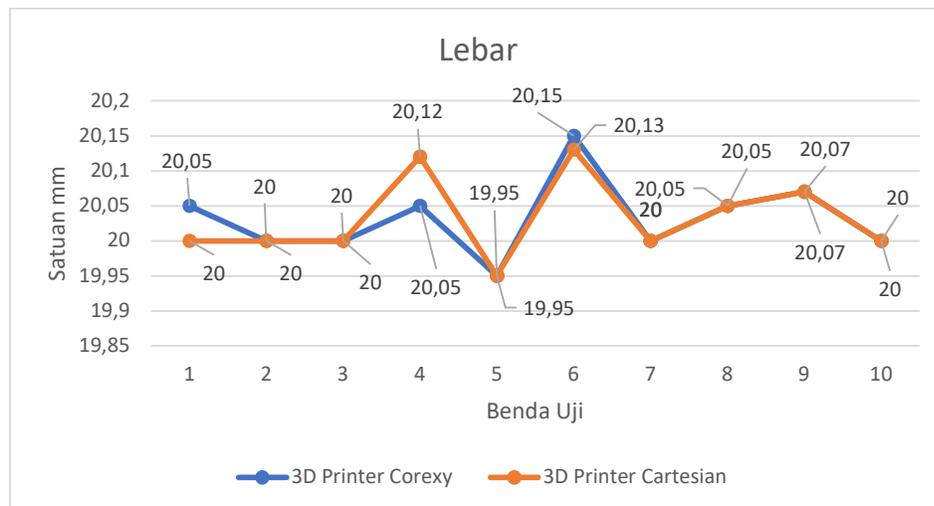
Dari hasil tabel hasil percetakan yang didapat dari 3D *printer* corexy dan cartesian diketahui bahwa corexy dan cartesian didapatkan hasil yang selisihnya hampir ± 0.2 mm untuk benda balok. Hasil tersebut membuktikan bahwa mesin 3D *printer* dengan mekanikal corexy dapat disandingkan dengan mesin 3D *printer* cartesian sehingga mekanikal corexy ini bisa dijadikan alat untuk membantu proses produksi maupun praktikum yang dilakukan sebuah instansi yang menggunakan mesin 3D *printer*.

Grafik perbandingan 3D *printer* corexy dan 3D *printer* cartesian



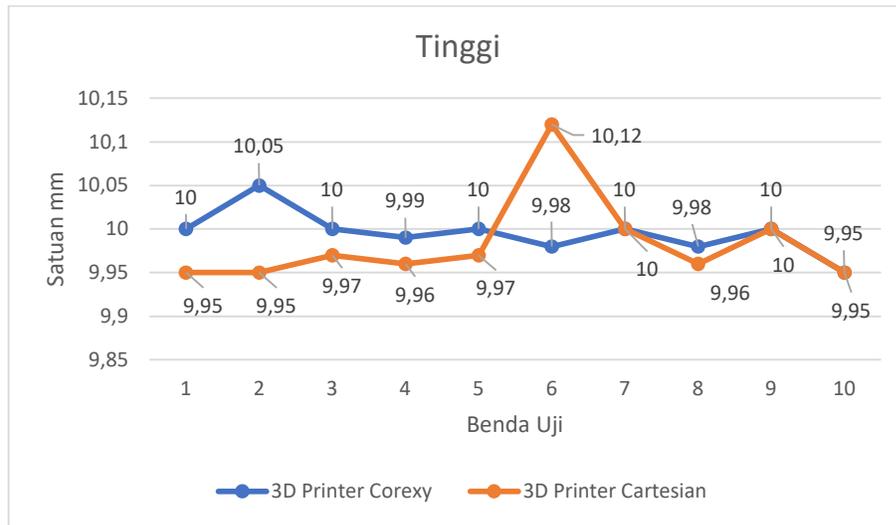
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan panjang balok

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa untuk selisih panjang pada benda balok yang di cetak menggunakan 3D *printer* corexy dan cartesian yaitu 0,3 mm.



Gambar 4. 5 Grafik perbandingan lebar balok

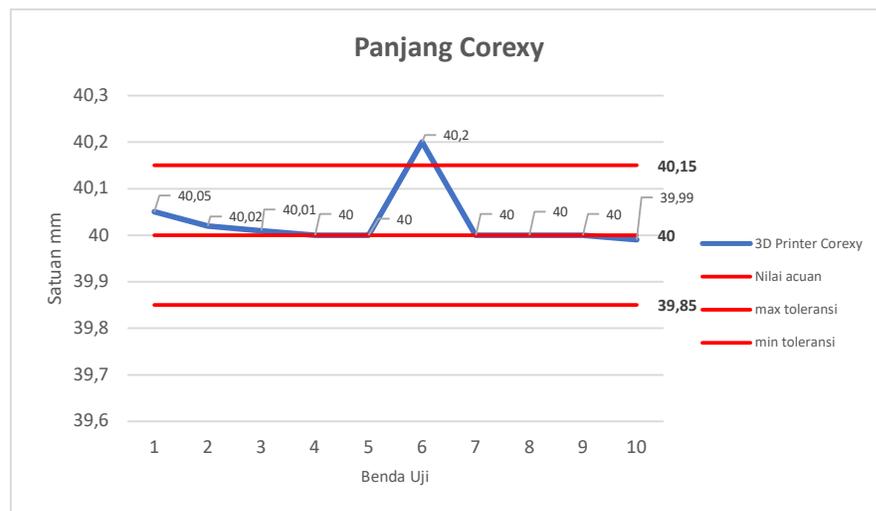
Dari grafik diatas menunjukkan bahwa untuk selisih sisi pada lebar balok yang di cetak menggunakan 3D *printer* corexy dan cartesian yaitu 0,2 mm.



Gambar 4. 6 Grafik perbandingan tinggi balok

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa untuk selisih tinggi pada benda balok yang di cetak menggunakan 3D *printer* corexy dan cartesian yaitu 0,17 mm.

Nilai standart error dari hasil pengukuran dan Grafik batas nilai toleransi *max* dan *min* yang telah di tetapkan untuk acuan penelitian.



Gambar 4. 7 Grafik batas toleransi lebar balok 3D *printer* corexy

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

Mencari nilai standard error:

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

$$Se = \frac{0,063078434}{\sqrt{10}}$$

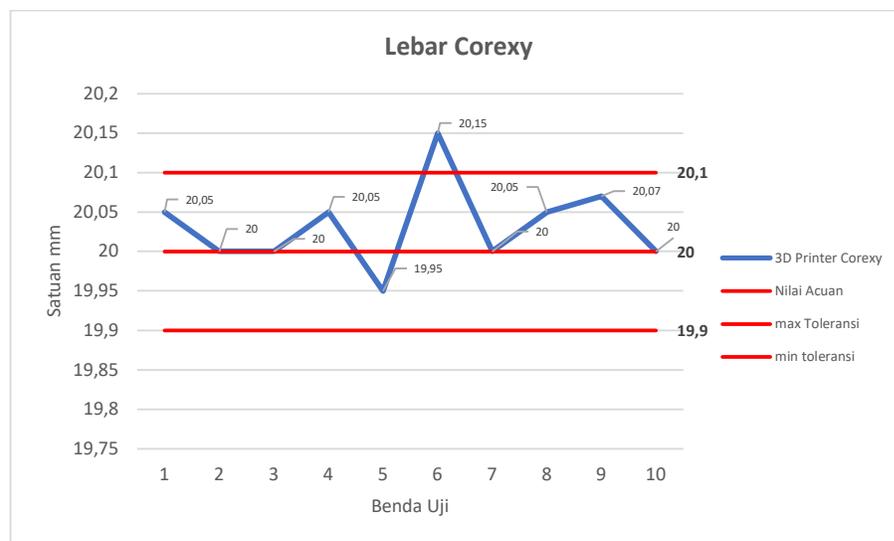
$$Se = 0,019947152$$

Mencari nilai standard error menggunakan excel:

"=E2/SQRT(E3)"

Tabel 4. 4 Nilai standard error panjang balok 3D *printer* corexy

D	E
Panjang Corexy	
Simpangan Baku	= 0,063078434
Banyak Data	= 10
Standard error mean	= 0,019947152



Gambar 4. 8 Grafik batas toleransi lebar balok 3D *printer* corexy

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran lebar yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer* corexy pada benda uji ke-6.

Mencari nilai standard error:

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

$$Se = \frac{0,054934304}{\sqrt{10}}$$

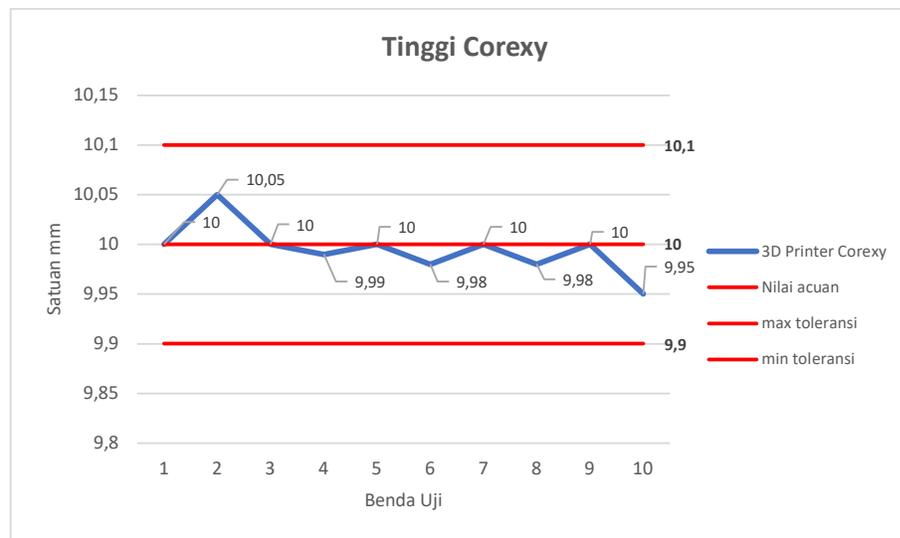
$$Se = 0,017371752$$

Mencari nilai standard error menggunakan excel:

"=E2/SQRT(E3)"

Tabel 4. 5 Nilai standard error lebar balok 3D *printer* corexy

D	E
Lebar Corexy	
Simpangan Baku	= 0,054934304
Banyak Data	= 10
Standard error mean	= 0,017371752



Gambar 4. 9 Grafik batas toleransi lebar balok 3D *printer* corexy

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer* corexy tidak ada.

Mencari nilai standard error:

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

$$Se = \frac{0,025055494}{\sqrt{10}}$$

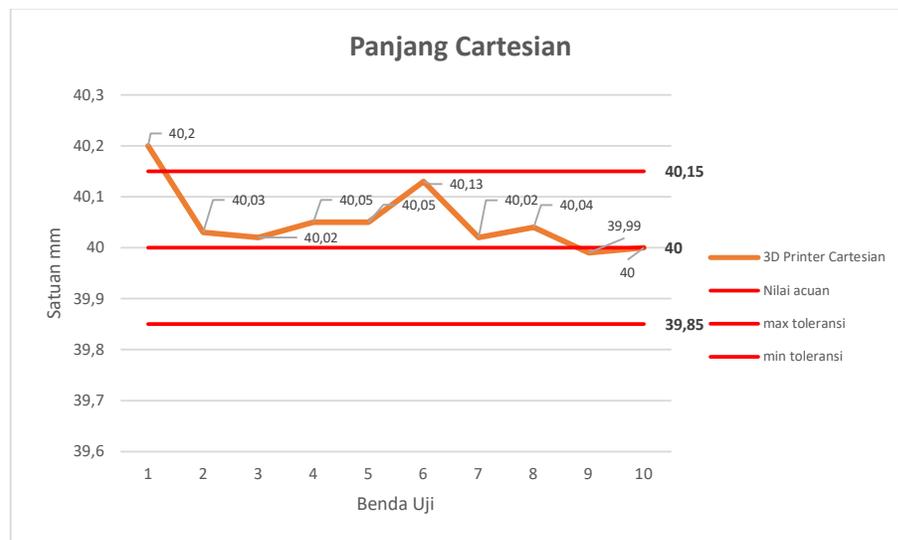
$$Se = 0,007923243$$

Mencari nilai standard error menggunakan excel:

"=E2/SQRT(E3)"

Tabel 4. 6 Nilai standard error lebar balok 3D *printer* corexy

D	E
Tinggi Corexy	
Simpangan Baku	= 0,025055494
Banyak Data	= 10
Standard error mean	= 0,007923243



Gambar 4. 10 Grafik batas toleransi panjang balok 3D *printer* cartesian

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer* cartesian pada benda uji ke-1.

Mencari nilai standard error:

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

$$Se = \frac{0,064299646}{\sqrt{10}}$$

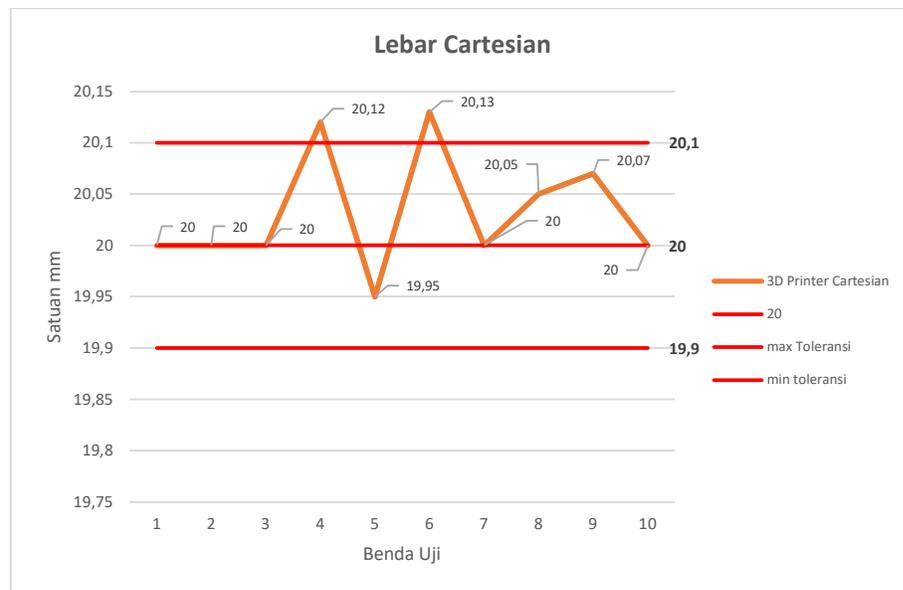
$$Se = 0,020333333$$

Mencari nilai standard error menggunakan excel:

"=E2/SQRT(E3)"

Tabel 4. 7 Nilai standard error lebar balok 3D *printer* corexy

D	E
Panjang Cartesian	
Simpangan Baku	= 0,020333333
Banyak Data	= 10
Standard error mean	= 0,020333333



Gambar 4. 11 Grafik batas toleransi lebar balok 3D *printer* cartesian

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer* cartesian pada benda uji ke-4, dan ke-6.

Mencari nilai standard error:

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

$$Se = \frac{0,058651513}{\sqrt{10}}$$

$$Se = 0,018547237$$

Mencari nilai standard error menggunakan excel:

"=E2/SQRT(E3)"

Tabel 4. 8 Nilai standard error lebar balok 3D *printer* corexy

D	E
Lebar Cartesian	
Simpangan Baku	= 0,058651513
Banyak Data	= 10
Standard error mean	= 0,018547237



Gambar 4. 12 Grafik batas toleransi tinggi balok 3D *printer* cartesian

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

Mencari nilai standard error:

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

$$Se = \frac{0,051650535}{\sqrt{10}}$$

$$Se = 0,016333333$$

Mencari nilai standard error menggunakan excel:

"=E2/SQRT(E3)"

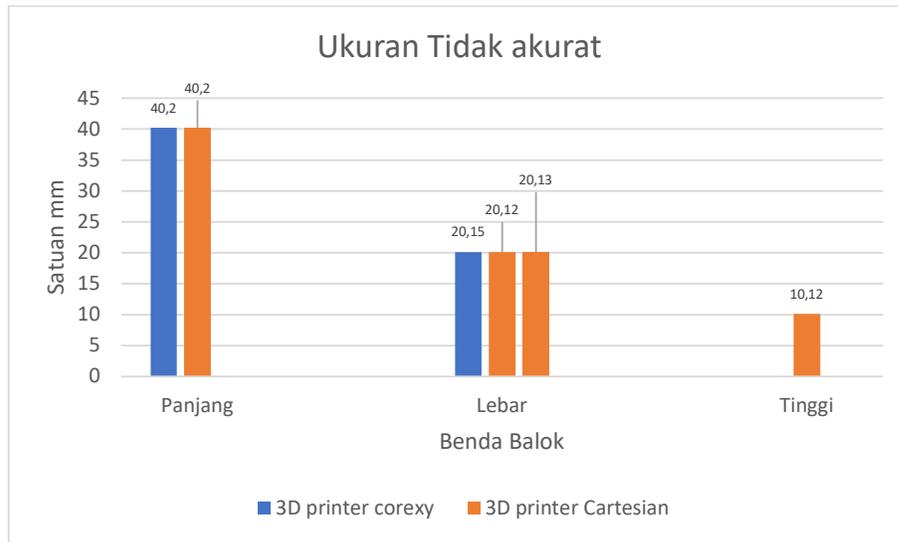
Tabel 4. 9 Nilai standard error lebar balok 3D *printer* corexy

D	E
Tinggi Cartesian	
Simpangan Baku	= 0,051650535
Banyak Data	= 10
Standard error mean	= 0,016333333

Dari hasil grafik dan nilai standart error yang telah didapatkan dari hasil pengukuran benda balok secara keseluruhan diatas terdapat selisih dimensi yang cukup besar itu bisa terjadi dikarenakan ada ketidakstabilan berputarnya extruder pada saat mengeluarkan filament sehingga benda yang dicetak hasilnya kurang maksimal.

Tabel 4. 10 Tabel nilai yang tidak akurat dalam pengujian

No	3D Printer Corexy		
	Panjang	Lebar	Tinggi
1.	40,02 mm	20,15 mm	
No	3D Printer Cartesian		
	Panjang	Lebar	Tinggi
1.	40,20 mm	20,12 mm	10,12 mm
2.		20,13 mm	



Gambar 4. 13 Grafik Nilai Tidak Akurat dalam Pengukuran

Dari hasil grafik diatas yang telah didapatkan dari hasil pengukuran Panjang, lebar, dan tinggi pada benda balok secara keseluruhan diatas terdapat dua nilai ukuran yang tidak akurat dalam percetakan menggunakan *3D printer corexy* sedangkan pada *3D printer cartesian* terdapat empat nilai yang tidak akurat yang tidak masuk dalam toleransi yang telah di tetapkan. Hasil diatas juga bisa dijadikan bukti kalau mesin *3D printer corexy* yang peneliti buat dapat dikatakan berhasil untuk penelitian ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

- a. Dari hasil uji coba yang sudah dilakukan sebanyak 10 kali percetakan menggunakan 3D *printer* corexy didapat dua nilai yang melebihi batas toleransi atau dinyatakan tidak akurat. Sedangkan untuk 3D *printer* cartesian didapat empat nilai yang melebihi batas toleransi atau dinyatakan tidak akurat. dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa 3D *printer* corexy lebih akurat karena nilai ukuran yang tidak masuk dalam toleransi lebih sedikit dibandingkan dengan 3D *printer* cartesian.
- b. Dari proses percetakan yang sudah dilakukan hasil terbaik dari kedua mesin 3D *printer* yaitu menggunakan mekanikal corexy dengan catatan waktu terbaik untuk desain spesimen yang sama yaitu 18 menit. Untuk cartesian hasil percetakan terbaik yaitu dengan catatan waktu terbaik untuk desain yang sama yaitu 20 menit. Dari data yang sudah ada diatas maka untuk mesin 3D *printer* dengan mekanikal corexy dapat digunakan sebagai alat praktikum maupun alat produksi untuk indrustri kecil maupun instansi pendidikan yang menggunakan mesin 3D *printer* sebagai alat praktikum, guna menghemat tempat dan biaya produksinya.

5.2 Saran

- a. Dalam melakukan percetakan pastikan filament yang masuk ke nozzle ujungnya lancip agar filament tersebut bisa keluar dengan lancar.
- a. Diperlukan casing untuk menutupi mikrokontroller atau seluruh badan alat agar terhindar dari debu ataupun yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino, 2022. *Overview Of Arduino Uno*, <https://www.arduino.cc>, diakses pada 22 Mei 2022.
- 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>
- 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>
- Lubis, R. B. (2020). *Perancangan Program Printer 3D Menggunakan Motor Dc 5 Volt Dan Arduino Mega 2560*.
- Marlin, 2022. *Marlin Firmware*, <https://marlinfw.org/>, diakses pada 22 Mei 2022.
- Melianov, M. (2018). *Desain Sambungan Batang Pada Mesin 3D Printing Tipe Delta*. 1–47. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/13192>
- 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*.

Zamheri, A., Syahputra, A. P., & Arifin, F. (2020). *Studi Penyusutan Pembuatan Gigi Palsu Dengan 3D Printing Fdm Pendekatan Metode Taguchi*. 12(2).

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

Panjang Balok 3D Printer Corexy

	1.		6.	
	2.		7.	
	3.		8.	
	4.		9.	
	5.		10.	

Panjang Balok 3D Printer Cartesian

	1.		6.	
	2.		7.	
	3.		8.	
	4.		9.	
	5.		10.	

Lebar Balok 3D Printer Corexy

	1.		6.	
	2.		7.	
	3.		8.	
	4.		9.	
	5.		10.	

Lebar Balok 3D Printer Cartesian

	1.		6.	
	2.		7.	
	3.		8.	
	4.		9.	
	5.		10.	

Tinggi Balok 3D Printer Corexy

	1.		6.	
	2.		7.	
	3.		8.	
	4.		9.	
	5.		10.	

Tinggi Balok 3D Printer Cartesian

	1.		6.	
	2.		7.	
	3.		8.	
	4.		9.	
	5.		10.	



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

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang – Indonesia 50125
Jl. Lontar No. 1 Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217 Email: mesinupgris@gmail.com

LEMBAR PEMBIMBINGAN DOSEN

Nama Mahasiswa : Faris Dwi Mulyanto
 NPM : 18650046
 Program Studi : Teknik Mesin
 Judul Skripsi : Rancang Bangun 3D Printer Dengan Mekanikal corexy
 Menggunakan Kontroler Arduino Mega 2560 Dengan
 Firmware Marlin
 Dosen Pembimbing I : Yuris Setyoadi S.Pd., M.T.
 Dosen Pembimbing II : Rifki Hermana S.T., M.T.

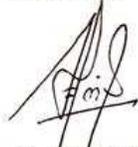
No	Hari/tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
1	Rabu, 12/01/2022	Konsultasi tentang pembuatan 3D Printer Corexy	
2	Rabu, 02/02/2022	Konsultasi tentang judul skripsi	
3	Rabu, 16/02/2022	Konsultasi tentang BabI-BabIII	
4	Rabu, 16/03/2022	Revisi, pengertian FDM, cartesian, corexy, jarak penulisan, material dan desain yang akan di uji coba BabIII	
5	Selasa, 05/04/2022	Revisi, spesifikasi benda yang akan di uji BabIII, table pengujian specimen BabIII.	

6	Selasa, 12/04/2022	Revisi, jenis-jenis 3D printer babII, penjelasan rancang bangun 3D printer babIII, flowchart alur penelitian.	7
7	Kamis, 19/05/2022	Revisi, Jarak table BabIII-BabIV	7
8	Rabu, 25/05/2022	Revisi, bab II tinjauan Pustaka, penambahan gambar alat pada slide power point	4

Dosen Pembimbing I


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

Mahasiswa


Faris Dwi Mulyanto
NPM. 18650046



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

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang – Indonesia 50125
Jl. Lontar No. 1 Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217 Email: mesinupgris@gmail.com

LEMBAR PEMBIMBINGAN DOSEN

Nama Mahasiswa : Faris Dwi Mulyanto
NPM : 18650046
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Rancang Bangun 3D Printer Dengan Mekanikal corexy
Menggunakan Kontroler Arduino Mega 2560 Dengan
Firmware Marlin
Dosen Pembimbing I : Yuris Setyoadi S.Pd., M.T.
Dosen Pembimbing II : Rifki Hermana S.T., M.T.

No	Hari/tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
1	Rabu, 20/04/2022	Revisi, flowchart alur penelitian, diagram alir perancangan, diagram alir pengujian, table setting bed, grafik nilai standard error.	
2	Kamis, 12/05/2022	Revisi, alur penelitian, mencari nilai error berdasarkan buku statistik,	
3	Rabu, 18/05/2022	Revisi, tuliskan persamaan statistik, BabIII, Rumus error BabIV, kalau sudah oke seminar hasil	
5	Kamis, 19/05/2022	Acc, Seminar hasil	

Dosen Pembimbing II

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

NIP/NPP. 208001557

Mahasiswa

Faris Dwi Mulyanto

NPM. 18650046



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang – Indonesia 50125
 Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : fti@upgris.ac.id, Homepage : <http://fti.upgris.ac.id>

LEMBAR REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : FARIS DWI MULYANTO
 NPM : 18650046
 Judul : RANCANG BANGUN 3D PRINTER COREXY DENGAN MEKANIKAL
 COREXY MENGGUNAKAN KONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 DENGAN FIRMWARE
 MARLIN

No	Uraian Revisi	Keterangan
1.	Tulisan harus konsisten	oke
2.	Data mencari S & Jc	oke
3.	Judul di Revisi	

Penguji I,

Aan Burhanuddin, S.T.,M.T
 NPP/NIP. 148301458

Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

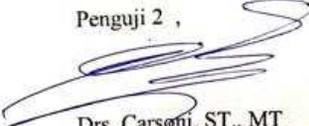
Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang – Indonesia 50125
 Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : fti@upgris.ac.id, Homepage : <http://fti.upgris.ac.id>

REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : FARIS DWI MULYANTO
 NPM : 18650046
 Judul : RANCANG BANGUN 3D PRINTER COREXY DENGAN MEKANIKAL
 COREXY MENGGUNAKAN KONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 DENGAN FIRMWARE
 MARLIN

No	Uraian Revisi	Keterangan
1.	Betulkan yg dilipid	
2.	Sb Kerja	

Penguji 2 ,


 Drs. Carsoni, ST., MT
 NIP : 195712061983031002

Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Semarang – Indonesia 50125
 Telp. (024) 8316377, Faks. (024) 8448217, E-mail : fti@upgris.ac.id, Homepage : <http://fti.upgris.ac.id>

REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : FARIS DWI MULYANTO
 NIM : 18650046
 Judul : RANCANG BANGUN 3D PRINTER COREXY DENGAN MEKANIKAL
 COREXY MENGGUNAKAN KONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 DENGAN FIRMWARE
 MARLIN

No	Uraian Revisi	Keterangan
	<p>Revisi</p>	

Penguji 3,

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

Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi