



**RANCANG BANGUN 3D *PRINTER* CARTESIAN DENGAN
LUAS AREA CETAK SUMBU X 150 Y 150 Z 200 MM
MENGUNAKAN KONTROLER ARDUINO MEGA 2560**

SKRIPSI

ACHMAD DIDI RIYADI

18650049

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

2022



**RANCANG BANGUN 3D *PRINTER* CARTESIAN DENGAN
LUAS AREA CETAK SUMBU X 150 Y 150 Z 200 MM
MENGUNAKAN KONTROLER ARDUINO MEGA 2560**

SKRIPSI

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

ACHMAD DIDI RIYADI

18650049

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

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN 3D *PRINTER* CARTESIAN DENGAN LUAS AREA
CETAK SUMBU X 150 Y 150 Z 200 MM MENGGUNAKAN KONTROLER
ARDUINO MEGA 2560

Di susun dan diajukan oleh

Achmad Didi Riyadi

18650049


Semarang, 16 September 2022

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

HALAMAN PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN 3D *PRINTER* CARTESIAN DENGAN LUAS AREA
CETAK SUMBU X 150 Y 150 Z 200 MM MENGGUNAKAN KONTROLER
ARDUINO MEGA 2560**

Di susun dan diajukan oleh

Achmad Didi Riyadi

18650049

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

Dewan Penguji

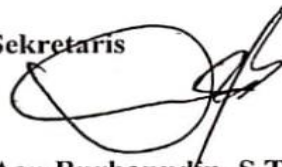
Ketua



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 Setvoadi, S.Pd., M.T

NIP/NPP 138201417

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Moto:

1. “Ilmu itu lebih baik daripada harta. Ilmu menjaga engkau dan engkau menjaga harta. Ilmu itu penghukum (hakim) dan harta terhukum. Harta itu kurang apabila dibelanjakan tapi ilmu bertambah bila dibelanjakan” (Ali bin Abi Thalib)
2. “Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu, dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu’.(Q.S Al-Baqarah : 45)
3. “Lakukan yang terbaik selagi kau mampu”. (shintapradina)

Persembahan:

Kupersembahkan skripsi ini untuk:

1. Ibuku, Ayahku dan semua keluarga tercinta.
2. Almamaterku Universitas PGRI Semarang.
3. Pengelola Laboratorium Teknik Mesin UPGRIS.
4. Keluarga Teknik Mesin S1 Angkatan 2018.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Didi Riyadi

NPM : 18650049

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 plagiarisme.

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

Semarang, 22 September 2022

Yang membuat pernyataan



Achmad Didi Riyadi

NPM 18650049

ABSTRAK

3D *printer* merupakan *printer* yang memiliki teknologi canggih dan memiliki kemampuan khusus mencetak benda 3D objek dengan kemiripan hampir 100%. 3D *printer* menjadi alat penting yang dibutuhkan dalam dunia industri untuk mempercepat proses pembuatan *prototype*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kepresisian hasil cetakan antara 3D *Printer* Cartesian dengan luas area cetak sumbu X 150, Y 150, Z 200 mm dengan 3D *printer* Cartesian anycubic mega zero dengan luas area cetak sumbu X 220, Y 220, Z 250 mm. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen (*experimental*) yang bertujuan agar data hasil pengujian alat menjadi standarisasi kelayakan dari alat 3D *Printer* Cartesian dengan luas area cetak sumbu X 150, Y 150, Z 200 mm menggunakan kontroler arduino Mega 2560

Hasil penelitian ini adalah kedua mesin dilakukan uji coba sebanyak 10 kali untuk mencetak *specimen* balok dan terdapat beberapa *specimen* yang kurang atau melebihi toleransi $\pm 0,05$. 3D *Printer* Cartesian terdapat sebanyak 3 nilai ukuran yang melebihi toleransi satu di setiap dimensi panjang, lebar, dan tinggi pada *spesimen* ke-7, dan ke-8, dan terdapat nilai error pada panjang sebesar 1,2%, lebar 0,9%, dan tinggi 0,9%. Sedangkan pada mesin 3D *Printer* Cartesian anycubic mega zero terdapat sebanyak 5 nilai ukuran yang melebihi toleransi dua untuk dimensi panjang, satu dimensi lebar, dan dua dimensi tinggi pada *spesimen* ke-6, ke-8, dan ke-9 dan terdapat nilai error pada panjang sebesar 2%, lebar 1,2%, dan tinggi 1,7%. Sehingga 3D *Printer* Cartesian lebih akurat daripada 3D *Printer* Cartesian anycubic mega zero

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

PRAKATA

Puji syukur kehadiran 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* Cartesian dengan luas area cetak sumbu X 150 Y 150 Z 200 mm menggunakan kontroler arduino mega 2560”. Skripsi 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. Sri Suciati, M.Hum Rektor Universitas PGRI Semarang yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu di Universitas PGRI Semarang.
2. Dr. Slamet Supriyadi, M.Env. S.T. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
3. Bpk. Aan Burhanudin, S.T, M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
4. Bpk. Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T. dosen selaku pembimbing I.
5. Bpk. Rifki Hermana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II.
6. Semua Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang yang telah memberikan ilmunya untuk kami selama menempuh perkuliahan.
7. Ibunda dan Ayah tercinta beserta semua keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan bimbingan kepada kami.
8. Teman-teman Teknik Mesin S1 angkatan 2018 yang telah membantu dalam kelancaran skripsi ini.
9. Bpk. Ridwan yang memberikan pengalaman tentang konfigurasi perakitan 3D Printer.
10. 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, 17 juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL LUAR.....	i
SAMPUL DALAM.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
ABSTRAK	vii
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
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 3D <i>Printer</i>	9
2.4 Filament PLA (<i>Poly Lactic Acid</i>).....	11
2.5 Aduino Mega 2560	12
2.6 Spesifikasi Arduino Mega 2560	13
2.7 Motor <i>Stepper</i>	14
2.8 Power <i>supply</i> motor <i>stepper</i>	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1 Deskripsi Alat.....	16
3.2 Pendekatan Penelitian.....	16

3.3	Lokasi Penelitian	17
3.4	Variabel Penelitian	17
3.5	Alat dan Bahan Penelitian	18
3.6	Perancangan Blok Diagram	18
3.8	Rangkaian Circuit Diagram Keseluruhan.....	20
3.9	Diagram Alir Penelitian.....	21
3.10	Disain Alat 3D <i>Printer</i> Cartesian	23
3.11	Proses perancangan alat.....	24
3.12	Material dan disain <i>spesimen</i>	27
3.13	Proses desain spesimen menggunakan Solidworks 2020.....	28
3.14	Persiapan file siap cetak	29
3.15	Simulasi Percetakan	29
3.16	Toleransi umum.....	32
3.17	Nilai Standart Error	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Hasil perancangan alat.....	33
4.2	Percetakan mesin 3D <i>Printer</i> Cartesian Anycubic Mega Zero	33
4.3	Percetakan mesin 3D <i>Printer</i> Cartesian	34
4.4	Hasil dan Pembahasan Pengujian Eksperimen.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Frame 3D Printer</i>	7
Gambar 2.2 <i>Extruder 3D Printer</i>	8
Gambar 2.3 <i>Nozzel 3D Printer</i>	8
Gambar 2.4 <i>Build platform 3D Printer</i>	9
Gambar 2.5 <i>Electronics Control 3D printer</i>	9
Gambar 2.6 <i>3D Printer delta</i>	10
Gambar 2.7 <i>3D Printer Cartesian</i>	10
Gambar 2.8 <i>3D Printer corexy</i>	11
Gambar 2.9 <i>Filament PLA</i>	12
Gambar 2.10 <i>Arduino Mega 2560</i>	13
Gambar 2.11 <i>Motor Stepper</i>	15
Gambar 2.12 <i>Power Supply</i>	15
Gambar 3.1 <i>Blok diagram perancangan</i>	19
Gambar 3.2 <i>Rangkaian Diagram Keseluruhan Sistem yang terhubung</i>	20
Gambar 3.3 <i>Flow chart Alur Penelitian</i>	21
Gambar 3.4 <i>Flow chart Alur Perancangan</i>	22
Gambar 3.5 <i>Disain 3D Printer Cartesian</i>	23
Gambar 3.6 <i>bahan kerangka dasar</i>	24
Gambar 3.7 <i>Arduino Mega 2560</i>	24
Gambar 3.8 <i>Kerangka 3D Printer</i>	25
Gambar 3.9 <i>Bahan dudukan extruder dan kerangka setengah jadi</i>	25
Gambar 3.10 <i>Memasang komponen 3D Printer</i>	26
Gambar 3.11 <i>Menyambung kabel</i>	26
Gambar 3.12 <i>Uji coba alat 3D Printer Cartesian</i>	26
Gambar 3.13 <i>Pembuatan disain balok</i>	28
Gambar 3.14 <i>Proses merubah format file ke dalam .stl</i>	28
Gambar 3.15 <i>Membuka file .stl dengan Repetier Host</i>	29
Gambar 3.16 <i>File format .stl ke software Repetier Host balok</i>	30
Gambar 3.17 <i>Mengatur print speed sebesar 50 mm/s</i>	30
Gambar 3.18 <i>Mengatur temperature pada software repetier host</i>	31

Gambar 3.19 Simulasi Hasil Akhir	31
Gambar 4.1 Hasil akhir 3D <i>Printer</i> Cartesian.....	33
Gambar 4.2 Hasil percetakan 3D <i>Printer</i> cartesian anycubic mega zero	33
Gambar 4.3 Hasil percetakan menggunakan 3D <i>Printer</i> Cartesian	34
Gambar 4.4 Grafik batas toleransi panjang balok 3D <i>printer</i> Cartesian.....	37
Gambar 4.5 Grafik batas toleransi lebar balok 3D <i>printer</i> Cartesian	38
Gambar 4.6 Grafik batas toleransi tinggi balok 3D <i>printer</i> Cartesian	39
Gambar 4.7 Grafik toleransi panjang balok Cartesian Anycubic Mega Zero.....	40
Gambar 4.8 Grafik toleransi lebar balok Cartesian Anycubic Mega Zero	41
Gambar 4.9 Grafik toleransi tinggi balok Cartesian Anycubic Mega Zero	42
Gambar 4.10 Grafik kegagalan pengujian balok.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino mega 2560	13
Tabel 3.1 Fungsi Komponen Blok Diagram	19
Tabel 3.2 spesifikasi alat dari 3D <i>printer</i>	20
Tabel 3.3 Pengujian Spesimen 3D <i>Printer</i> Cartesian	27
Tabel 3.4 Pengujian Spesimen 3D <i>Printer</i> Cartesian Anycubic Mega Zero	27
Tabel 3.5 Variasi penyimpangan toleransi umum.....	32
Tabel 4.1 Parameter Percetakan 3D <i>Printing</i> Cartesian dan Cartesian anycubic mega zero.....	33
Tabel 4.2 Hasil pengukuran benda balok dengan 3D <i>printer</i> Cartesian	34
Tabel 4.3 Hasil pengukuran benda balok dengan 3D <i>printer</i> Cartesian anycubic mega zero.....	35
Tabel 4.4 Nilai error panjang balok 3D <i>Printer</i> Cartesian.....	37
Tabel 4.5 Nilai error lebar balok 3D <i>Printer</i> Cartesian	38
Tabel 4.6 Nilai error tinggi balok 3D <i>Printer</i> Cartesian	39
Tabel 4.7 Nilai error panjang balok 3D <i>Printer</i> anycubic mega zero	40
Tabel 4.8 Nilai error lebar balok 3D <i>Printer</i> anycubic mega zero.....	41
Tabel 4.9 Nilai error tinggi balok 3D <i>Printer</i> anycubic mega zero	42
Tabel 4.10 Tabel kegagalan pengujian benda balok	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil pengukuran <i>Specimen 3D Printer Cartesian</i>	49
Lampiran 2 Hasil pengukuran <i>Specimen 3D Printer Anycubic Mega Zero</i>	51
Lampiran 3 Lembar bimbingan skripsi Dosen Pembimbing I.....	53
Lampiran 4 Lembar bimbingan skripsi Dosen Pembimbing II.....	54
Lampiran 5 Disain <i>3D Printer Cartesian</i>	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi mengalami peningkatan yang sangat pesat seiring dengan perkembangan zaman. Perkembangan teknologi ini berbanding lurus dengan berkembangnya peradaban manusia modern. Teknologi yang ada saat ini membantu manusia dalam melakukan segala aktivitas sehari-hari khususnya pada sektor industri. Sektor industri pada era modern ini memasuki sektor industri 4.0 dimana industri terus mengalami perkembangan yang pesat, terutama di bidang manufaktur, desain suatu produk menjadi sangat penting mengingat begitu ketatnya pesaing dan cepatnya inovasi yang dikeluarkan oleh produsen untuk mendapatkan pasar penjualan (Sumantri, 2012).

Pada proses pengembangan produk, merealisasikan desain menjadi sebuah *prototype* sangatlah penting khususnya dalam bidang manufaktur. Pada umumnya pembuatan *prototype* memerlukan waktu cukup lama, sehingga industri membutuhkan mesin dengan ketelitian yang baik dan waktu pembuatan yang cepat dalam pembuatan *prototype*. Salah satu mesin yang efisien sehingga dapat memangkas waktu dalam membuat *prototype* adalah mesin 3D printing (Amri dan Sumbodo, 2018).

3D *printer* 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.

Cartesian merupakan model 3D printing yang cukup umum digunakan. 3D printing model *Cartesian* bekerja dengan menggerakkan tiap sudut *axis* secara linear. Teknik seperti ini memiliki konfigurasi mesin yang lebih mudah bila dibandingkan dengan printer model Delta atau Polar. Hal tersebut tentunya mempermudah pengguna untuk mengatur bahkan membuat printer. Printer model Delta menggunakan tiga titik yang bergerak pada Z axis yang menciptakan perbedaan level ketinggian untuk membentuk X axis dan Y axis. Sedangkan model Polar menggunakan sumbu yang bergerak memutar. Hal ini berakibat dalam konfigurasi mesin yang lebih sulit.

Oleh karena 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* Cartesian dengan luas area cetak sumbu X 150, Y 150, Z 200 mm menggunakan kontroler arduino mega 2560.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang telah ditentukan dalam penelitian ini kemudian dirumuskan menjadi :

- a. Bagaimana merancang 3D *Printer* Cartesian dengan luas area cetak sumbu X 150, Y 150, Z 200 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560?
- b. Bagaimana perbandingan kepresisian hasil cetakan antara 3D *Printer* Cartesian luas area cetak sumbu X 150, Y 150, Z 200 mm dengan 3D *printer* Cartesian Anycubic Mega Zero luas area cetak sumbu X 220, Y 220, Z 250 mm?

1.3 Batasan Masalah

Adapun hal-hal yang menjadi pokok batasan masalah yaitu :

- a. Hanya satu warna *filament* saat pencetakan dengan jenis *filament* PLA.
- b. Daerah kerja terbatas dengan luas area cetak sumbu X 150, Y 150, Z 200 mm.
- c. Temperatur *filament* antara 190°C hingga 230°C.
- d. Sistem kontrol menggunakan Arduino Mega 2560.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui proses merancang 3D *Printer* Cartesian dengan luas area cetak sumbu X 150, Y 150, Z 200 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560
- b. Mengetahui kepresisian hasil cetakan antara 3D *Printer* Cartesian luas area cetak sumbu X 150, Y 150, Z 200 mm dengan 3D *printer* Cartesian Anycubic Mega Zero luas area cetak sumbu X 220, Y 220, Z 250 mm.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

- a. Manfaat Bagi Mahasiswa
Sebagai salah satu upaya memberikan pengetahuan dan menambah ilmu dalam pembuatan mesin 3D *printer*.
- b. Manfaat Bagi Fakultas dan Universitas
Tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat untuk ilmu pengetahuan dan teknologi sehingga dapat menambah ilmu kepustakaan yang telah ada.
- c. Manfaat Bagi Masyarakat
Dapat membantu yang bergerak di bagian modeling plastik agar dapat memakai dan membuat mesin 3D *printer*.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

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

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan tentang pembahasan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB III METODE 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 PEMBAHASAN

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

BAB V PENUTUP

Pada bagian ini berisi kesimpulan 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* Cartesian dengan luas area cetak sumbu X 150 Y 150 Z 200 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560, 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 Herda Agus Pamasaria dkk (2019) menyatakan bahwa kehadiran 3D *printer* menjawab kebutuhan akan mencetak sebuah desain secara digital menjadi sebuah produk nyata. Salah satu teknik atau metode yang sering digunakan pada teknologi 3D *Printing* adalah teknik FDM (*Fused Deposition Modelling*), karena teknik tersebut paling mudah untuk digunakan dan murah. Pada proses pengerjaan 3D *printer* dengan teknik FDM, kekasaran permukaan, dimensi serta geometri menjadi faktor penting yang mempengaruhi kualitas hasil cetakan mesin 3D *printer*. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk melihat pengaruh variasi parameter proses 3D *printing* dengan teknik FDM terhadap kualitas hasil produk. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan beberapa variasi parameter dalam proses 3D *printing*, sehingga didapatkan parameter yang paling tepat untuk menghasilkan kualitas produk yang paling baik.

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.

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.

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)

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 printer* :

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



Gambar 2.1 *Frame 3D Printer*
(Deni Andriansyah, 2021)

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



Gambar 2.2 *Extruder 3D printer*

(Deni Andriansyah, 2021)

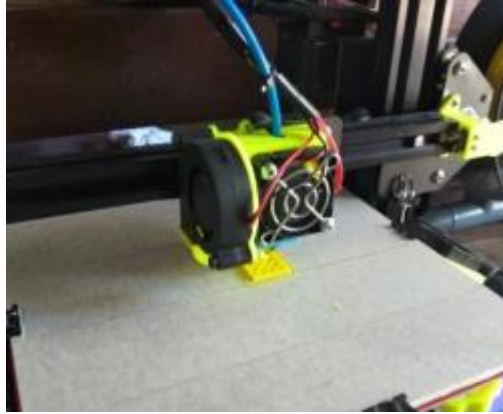
- c. *Nozzle* adalah bagian untuk mengeluarkan bahan yang berbentuk semi-solid setelah melewati *heater*. *Nozzle* menentukan kemampuan bahan dapat dicairkan dengan benar. *Nozzle* berkualitas baik dapat menyuplai bahan seperti polikarbonat, nilon, dan plastik suhu tinggi lainnya.



Gambar 2.3 *Nozzle 3D printer*

(Deni Andriansyah, 2021)

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



Gambar 2.4 *Build platform 3D Printer*
(Deni Andriansyah, 2021)

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



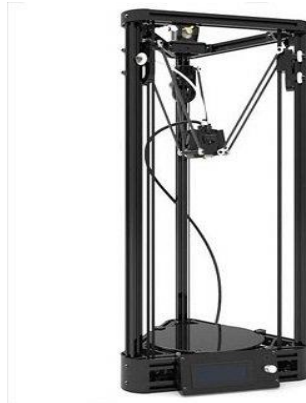
Gambar 2.5 *Electronics Control 3D printer*
(Sumber: www.3d-printer-cnc-parts.com)

2.3 Jenis - jenis 3D Printer

2.3.1 3D Printer tipe 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 (Li et al., 2019).



Gambar 2.6 3D *Printer* delta
(Li et al., 2019)

2.3.2 3D *Printer* tipe *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* Cartesian
(Herda Agus Pamasaria, 2019)

2.3.3 3D Printer corexy

3D printer corexy memiliki desain kartesius persegi dimana print bed hanya bergerak pada sumbu Z vertical. 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, (Scherick et al., 2021).



Gambar 2.8 3D Printer corexy
(Scherick et al., 2021)

2.4 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 2.9 *Filament PLA*
(Camargo et al., 2019)

2.5 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.

Pada gambar 2.10 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 ocilator 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. (arduino-mega-2560-mikrokontroler.html)



Gambar 2.10 Arduino Mega 2560

(Sumber: www.arduino-mega-2560-mikrokontroler.html, 2022)

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.

2.6 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino mega 2560

No.	komponen	Spesifikasi
1.	Mikrokontroler	ATmega2560
2.	Tegangan Operasional	5V
3.	Tegangan <i>Input</i> (rekomendasi)	7-12V
4.	Tegangan <i>Input</i> (limit)	6-20V

5.	Pin Digital I/O	54 (<i>of which 15 provide PWM output</i>)
6.	<i>Pin Analog Input</i>	16
7.	Arus DC per Pin I/O	20 mA
8.	Arus DC untuk Pin 3.3 V	50 mA
9.	Memori <i>Flash</i>	256 KB <i>of which 8 KB used by bootloader</i>
10.	SRAM	8 KB
11.	EEPROM	4 KB
12.	<i>Clock Speed</i>	16 MHz
13.	<i>LED_BUILTIN</i>	13
14.	Panjang	101.52 mm
15.	Lebar	53.3 mm
16.	Berat	37 g

(Sumber: www.arduino-mega-2560-mikrokontroler.html, 2022)

2.7 Motor Stepper

Motor *stepper* merupakan salah satu perangkat aktuator yang bekerja berdasarkan perubahan pulsa menjadi gerakan mekanik diskrit. Motor *stepper* dapat bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor menggunakan driver motor *stepper* yang membangkitkan sinyal pulsa periodic.

Motor *stepper* memiliki keuntungan dibandingkan dengan menggunakan jenis motor DC biasa yaitu sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur, motor dapat memberikan langsung torsi penuh pada saat mulai bergerak. Posisi dan penggerak motor *stepper* sinyal dapat ditentukan secara presisi dan memiliki respon yang sangat baik terhadap *start*, *stop* dan berbalik sangat realiber karena tidak menggunakan sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC biasadan motor *stepper* dapat menghasilkann perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung keporosnya.



Gambar 2.11 Motor *Stepper*

(Li et al., 2019).

2.8 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.



Gambar 2.12 *Power Supply*

(Sumber: www.electron.com, 2022)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Alat

3D *Printer* Cartesian adalah alat 3D *Printer* yang bekerja dalam tiga dimensi sesuai dengan sistem koordinat dimensi (sumbu X, Y di *rail* ke kiri-kanan, dan sumbu Z ke atas-bawah). 3D *Printer* ini biasanya mempunyai meja kerja berbentuk segi empat. Dalam penelitian ini merancang alat 3D *Printer* Cartesian variasi 1 tiang dengan luas area cetak sumbu X sepanjang 150 mm, sumbu Y sepanjang 150 mm, dan sumbu Z sepanjang 200 mm. 3D *Printer* ini menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat kontrol bekerjanya mesin 3D *Printer* Cartesian.

Dalam perancangan rangka dasar 3D *Printer* ini menggunakan bahan PVC (*Polivinil Clorida*) karena memiliki kelebihan yang tahan panas, tahan api dan tahan terhadap rayap. Sedangkan untuk rangka sumbu X, Y, dan Z menggunakan *aluminium profile*. Dalam proses percetakan menggunakan 3D *printer* Cartesian ini dibutuhkan beberapa *software* seperti solidwork untuk membuat desain benda, dan repetier host untuk mengubah format menjadi (.stl) agar dapat mencetak hasil desain benda tersebut.

3.2 Pendekatan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimen (*experimental*) yang bertujuan untuk mendekati permasalahan yang diteliti sehingga dapat menjelaskan dan membahas permasalahan secara tepat. metode eksperimen ini dilaksanakan dengan tujuan agar data hasil pengujian alat menjadi standarisasi kelayakan dari alat 3D *Printer* tipe Cartesian menggunakan kontroler arduino Mega 2560. Menurut Sugiyono (2011:7) “Penelitian dengan pendekatan eksperimen adalah penelitian untuk berusaha mencari pengaruh variable tertentu terhadap variabel lain dalam kondisi yang terkontrol ketat”.

3.3 Lokasi Penelitian

3.3.1 Lokasi

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

3.3.2 Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini adalah membandingkan kepresisian hasil cetakan 3D *printer* cartesian menggunakan kontroler arduino mega 2560 dengan 3D *printer* cartesian Anycubic Mega Zero 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 adalah sesuatu yang dapat berubah atau beragam (Jaedun, 2011). Variabel yang termasuk dalam penelitian ini adalah :

a. Variabel Bebas

Amat Jaedun (2011), Variabel bebas atau variabel independen merupakan variabel yang akan dilihat pengaruhnya terhadap variabel terikat/dependen, atau variabel dampak (Jaedun, 2011). Variabel bebas pada penelitian ini adalah :

1. Ukuran disain balok panjang 30 mm, lebar 20 mm, tinggi 15 mm.
2. Kecepatan (*speed*) 50 mm/s

b. Variabel Terikat

Amat Jaedun (2011), variabel terikat merupakan variabel hasil atau dampak akibat dari variabel bebas dan perlakuan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah perbandingan kepresisian hasil cetakan antara mesin 3D *printer* Cartesian dengan 3D *printer* Cartesian Anycubic Mega Zero.

c. Variabel Kontrol

Amat Jaedun (2011), Variabel yang berpengaruh terhadap variabel terikat, tetapi pengaruhnya ditiadakan/dikendalikan dengan cara dikontrol (diisolasi) pengaruhnya. Pengontrolan dapat dilakukan melalui pengembangan desain penelitiannya (kondisinya dibuat sama) atau secara statistik tertentu (Jaedun, 2011). Variabel kontrol pada penelitian ini adalah Arduino mega 2560.

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

3.5.1 Peralatan Penelitian

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

- a. Jangka sorong digital.
- b. *Software* Solidworks 2020 dan Repetier Host.

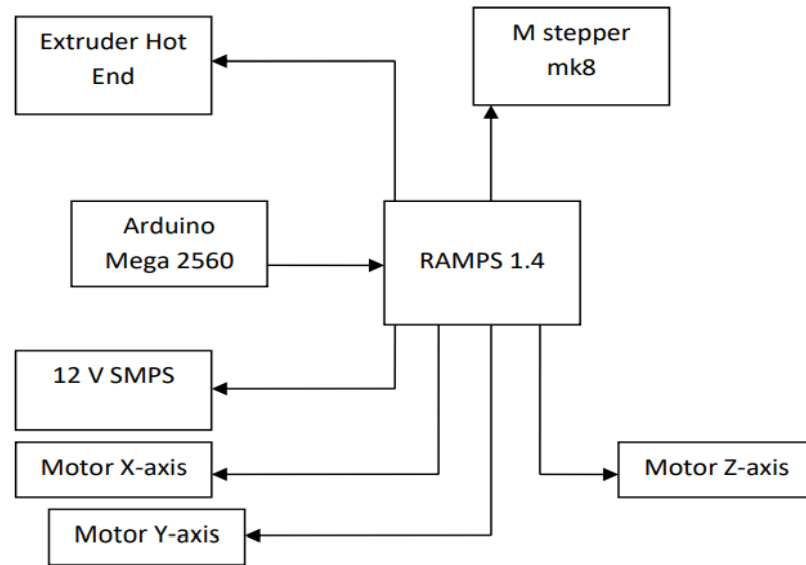
3.5.2 Bahan Penelitian

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. 3D *printer* Cartesian dengan luas area cetak sumbu X 150, Y 150, Z 200 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560.
- b. 3D *Printer* Cartesian Anycubic Mega Zero dengan luas area cetak sumbu X 220, Y 220, Z 250 mm.

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* merupakan alat yang prinsip kerjanya sama dengan mesin CNC. 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. Komponen - komponen tersebut memiliki fungsi masing - masing dan saling berhubungan dan akan dijelaskan pada tabel 3.1.

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	Motor Stepper	Untuk menggerakkan <i>extruder</i>
4	<i>Extruder</i>	Sebagai aktuator untuk mengatur mengeluarkan filament
5	<i>Power supply</i> 12 V	Untuk mengonversi tegangan AC ke DC
6	Motor XYZ	Sebagai penggerak untuk mencetak objek

3.7 Spesifikasi Alat

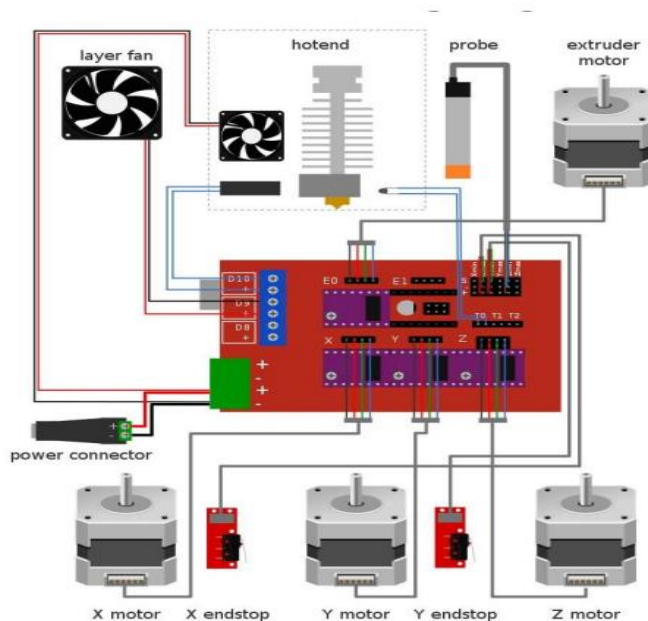
Berikut ini adalah beberapa spesifikasi alat dari 3D printer yang akan dijelaskan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 spesifikasi alat dari 3D printer

Model	Bahan
Bahan filament	Pla
Diameter filament	1,75 mm
Diameter nozzle	0,4 mm
Kecepatan print	50 mm/s
Dimensi area print	15 cm x 15 cm x 20 cm
Operasi system	Windows 7, win 8, win 10
Software	Solidwork2020, Repetier Host
Format file	STL,G-code

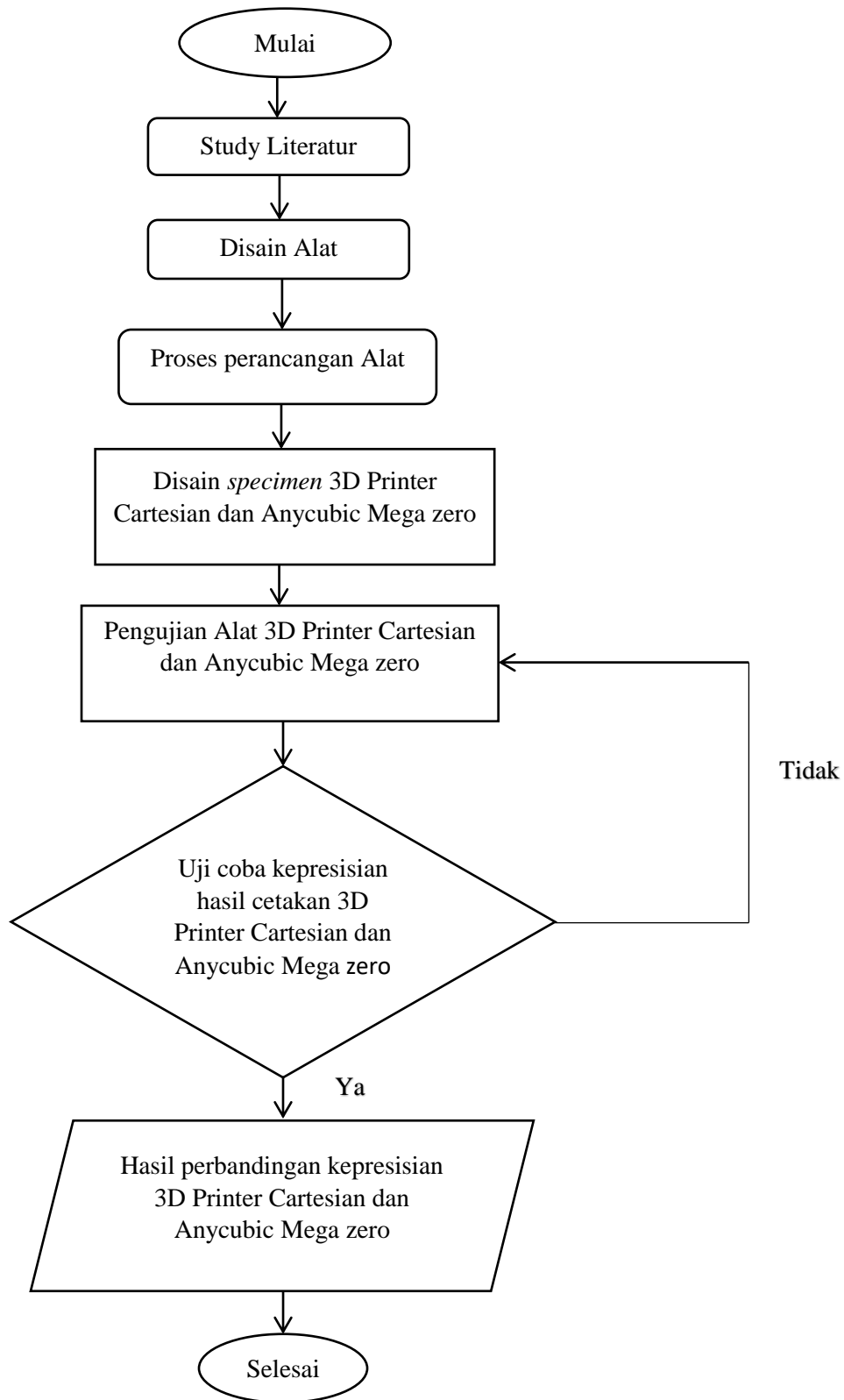
3.8 Rangkaian Circuit Diagram Keseluruhan

Rangkaian ini terdiri dari arduino mega 2560 sebagai mikrokontroller 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.

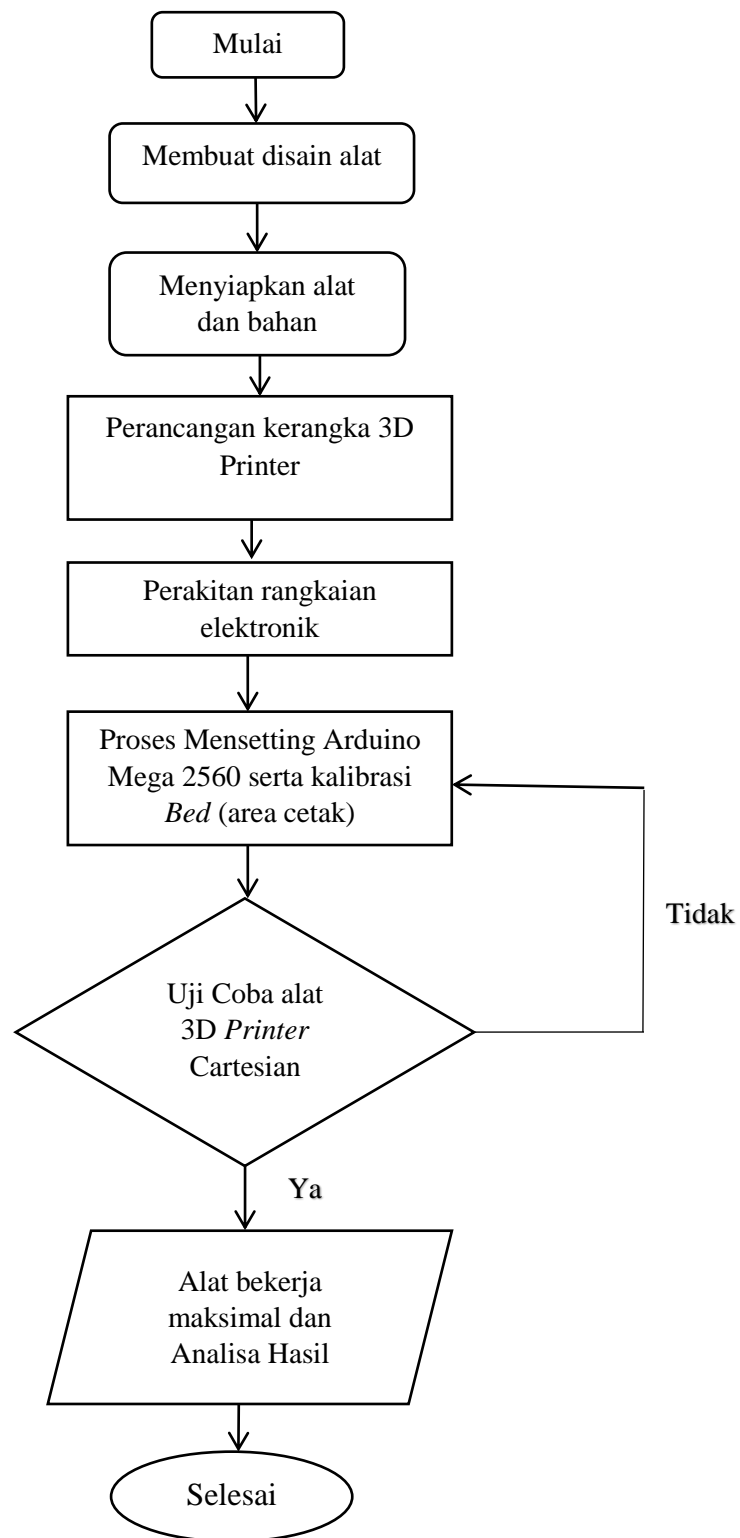


Gambar 3.2 Rangkaian Diagram Keseluruhan Sistem yang terhubung

3.9 Diagram Alir Penelitian

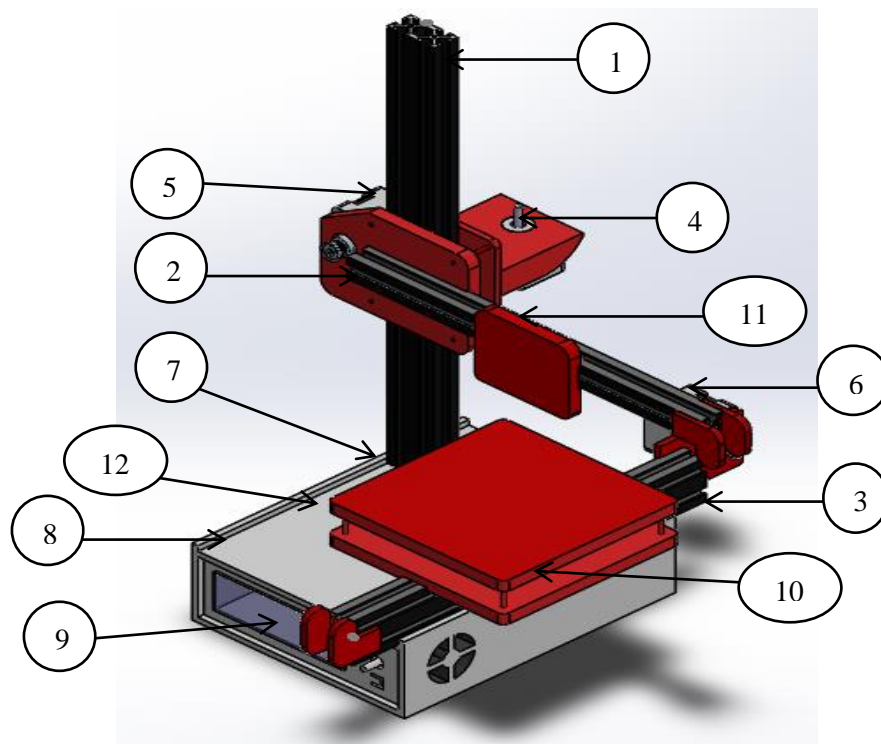


Gambar 3.3 Flow chart Alur Penelitian



Gambar 3.4 *Flow chart* Alur Perancangan

3.10 Disain Alat 3D Printer Cartesian



Gambar 3.5 Disain 3D Printer Cartesian

Keterangan :

1. *Frame* sumbu Z
2. *Frame* sumbu Y
3. *Frame* sumbu X
4. *Motor Stepper extruder* filament
5. *Motor Stepper* sumbu Y
6. *Motor Stepper* sumbu X
7. *Motor Stepper* sumbu Z
8. Rangka dasar
9. Layar LCD
10. *Bed* atau *Build platform*
11. Dudukan *extruder*
12. Arduino Mega 2560

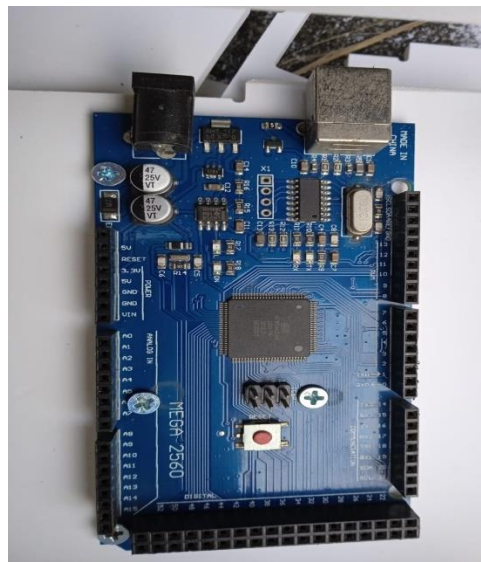
3.11 Proses perancangan alat

Dalam proses merancang 3D *Printer* Cartesian dengan luas area cetak sumbu X 150 mm, sumbu Y 150 mm, dan sumbu Z 200 mm menggunakan kontroler Arduino Mega 2560, sebagai berikut :

- a. Perancangan kerangka dasar 3D *Printer* menggunakan bahan PVC dengan ukuran panjang 230 mm, lebar 180 mm, dan tinggi 70 mm. selanjutnya dirakit dan dipasang Arduino Mega 2560.



Gambar 3.6 bahan kerangka dasar



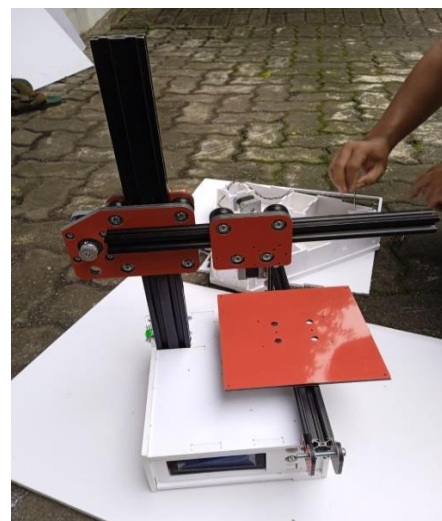
Gambar 3.7 Arduino Mega 2560

- b. Perancangan frame *aluminium profile* 40x20 untuk sumbu Z sepanjang 450 mm, sumbu X sepanjang 300 mm, dan *aluminium profile* 20x20 untuk sumbu Y sepanjang 300 mm. Setelah semua dipotong selanjutnya merakit frame dengan kerangka dasar PVC.



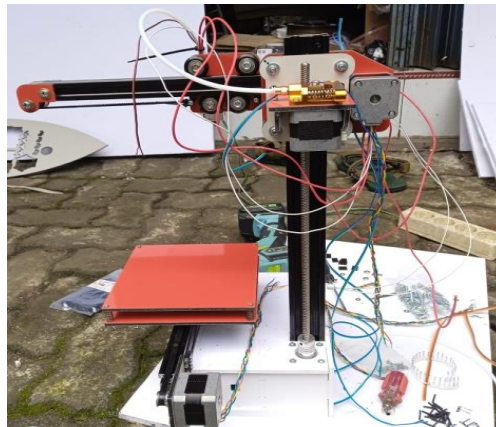
Gambar 3.8 Kerangka 3D Printer

- c. Perancangan meja area cetak sepanjang 150 x 150 mm, dudukan ekstruder, dudukan motor stepper dll. Selanjutnya memasang motor *stepper* sebanyak 4 buah untuk sumbu X, Y, Z dan ekstruder serta dirakit dengan kerangka 3D Printer.



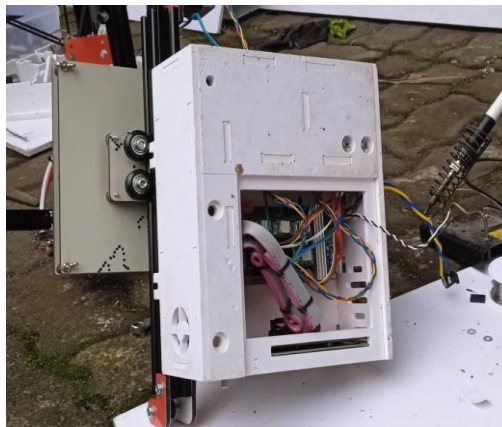
Gambar 3.9 Bahan dudukan *extruder* dan kerangka setengah jadi

- d. Proses penyempurnaan alat dengan memasang komponen seperti *extruder*, *heater*, *limit switch*, dan *nozzel*.



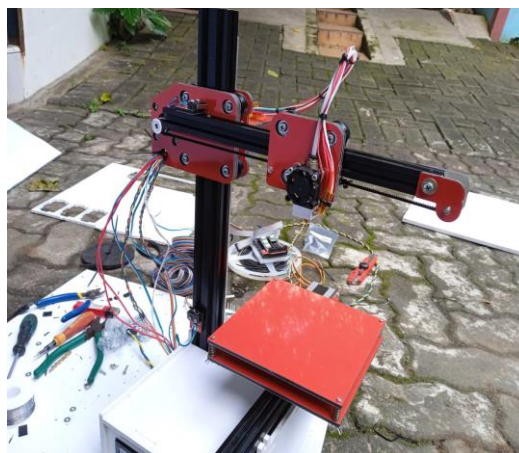
Gambar 3.10 Memasang komponen 3D *Printer*

- e. Proses menyambung dan menyolder kabel pada rangkaian elektronik seperti Arduino Mega 2560, *limit switch*, dan *extruder*.



Gambar 3.11 Menyambung kabel

- f. Mensetting Arduino Mega 2560 dan uji coba alat 3D *Printer* Cartesian

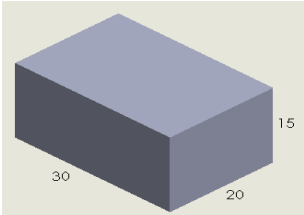


Gambar 3.12 Uji coba alat 3D *Printer* Cartesian

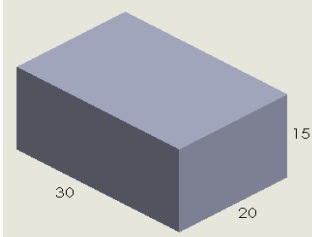
3.12 Material dan disain *spesimen*

Material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan material jenis PLA (*Poly Lactic Acid*). Dengan setingan *printer* 3D pada software repetier host menggunakan *temperature extruder* 200°C, dan *speed* 50 mm/s. Desain yang akan diuji coba merupakan desain yang digunakan untuk mengetahui secara pasti keakurasian dari 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* cartesian dan cartesian Anycubic Mega Zero, 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* Cartesian dan 3D *printer* Cartesian Anycubic Mega Zero.

Tabel 3.3 Pengujian Spesimen 3D *Printer* Cartesian.

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

Tabel 3.4 Pengujian Spesimen 3D *Printer* Cartesian Anycubic Mega Zero

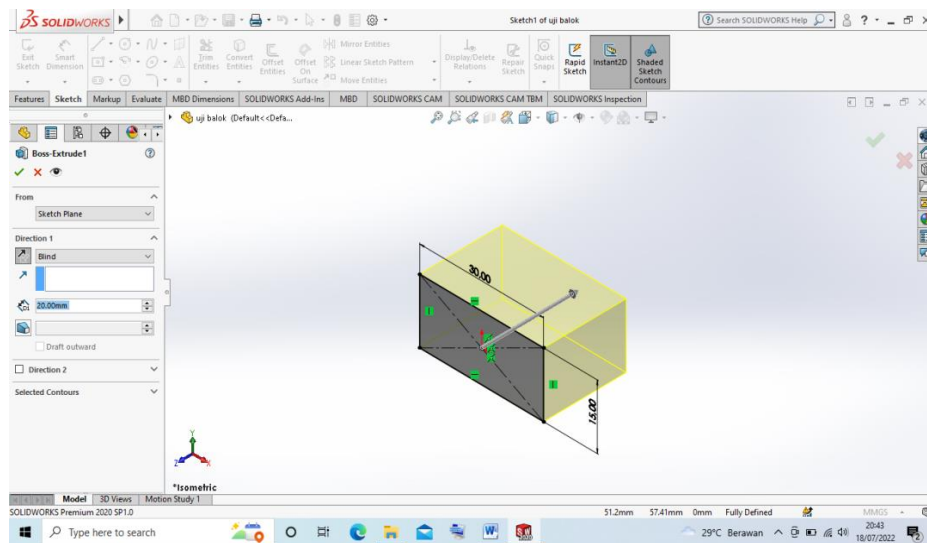
No	3D <i>Printer</i> Cartesian Anycubic Mega Zero	Keterangan			Hasil		
		p	ℓ	t	p	ℓ	t
1	Balok 	30	20	15			

3.13 Proses desain spesimen menggunakan Solidworks 2020

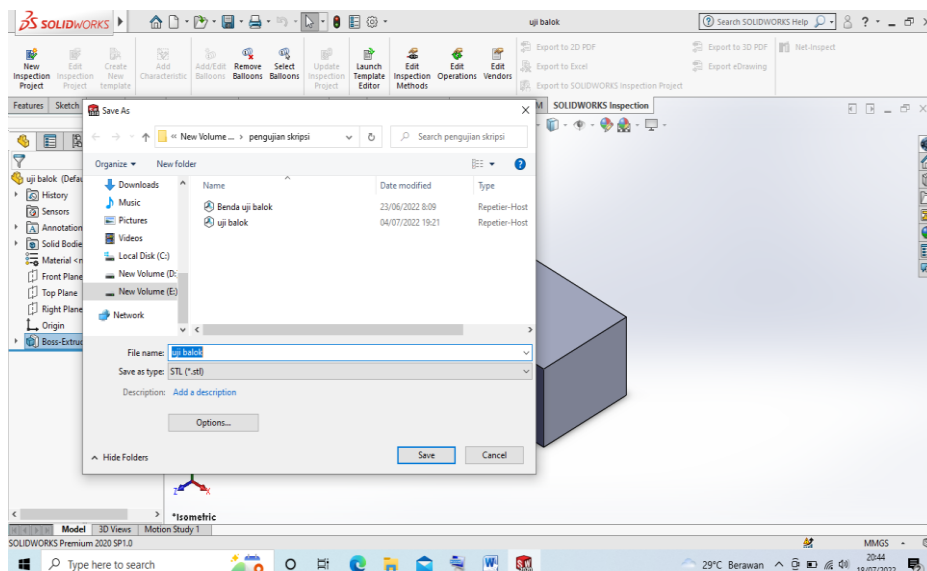
Proses selanjutnya yaitu proses membuat desain pada *software* solidworks 2020 dan mengubah file tersebut ke dalam format .stl. Proses pembuatan desain dapat dilihat pada gambar 3.13 dan gambar 3.14.

a. Benda uji balok

Pada benda uji kali ini yaitu membuat balok dengan $p = 30$, $\ell = 20$ $t = 15$ mm. berikut adalah proses pembuatan desain kubus menggunakan *software* solidworks 2020.



Gambar 3.13 Pembuatan desain balok

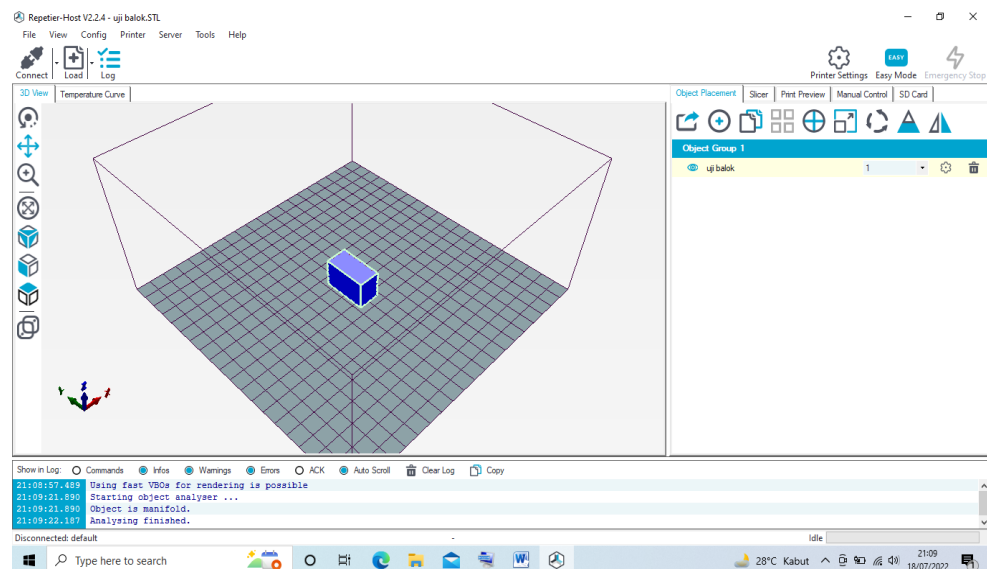


Gambar 3.14 Proses merubah format file ke dalam .stl

Setelah menggambar desain di software solidworks 2020 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 dalam software repetier host 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*, dan *temperature*. Berikut adalah proses persiapan dan mensetting file dengan format .stl ke dalam file siap cetak menggunakan software repetier host.

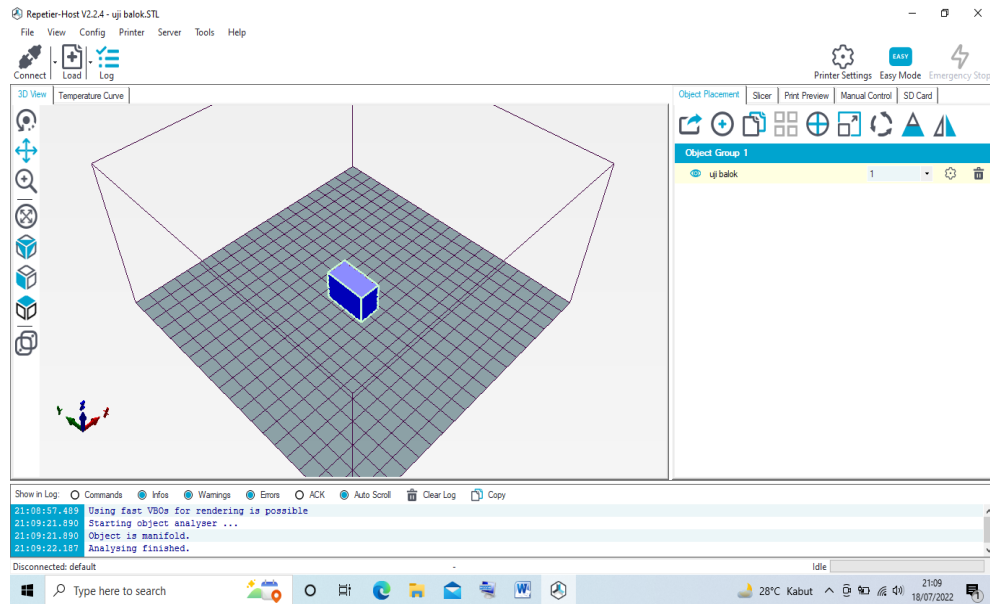


Gambar 3.15 membuka file .stl dengan Repetier Host

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*

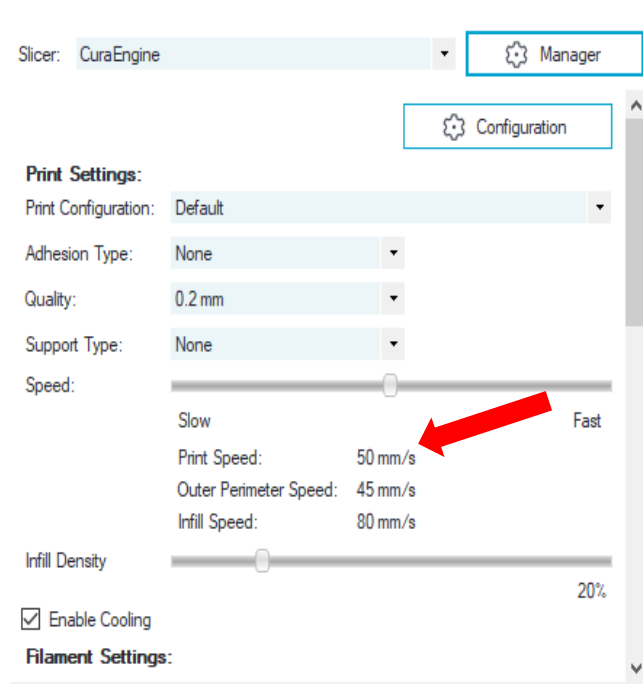
3.15 Simulasi Percetakan

Proses selanjutnya yaitu proses simulasi percetakan menggunakan *software* repetier host dan mendapatkan file 3D siap cetak. Simulasi yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.16 sampai gambar 3.19.



Gambar 3.16 File format .stl ke software Repetier Host balok

Pada proses *mensetting* di software repetier host kita perlu menentukan berapa besar *print speed* pada desain benda yang kita mau cetak. Pada penelitian kali ini yaitu menggunakan *print speed* sebesar 50 mm/s.



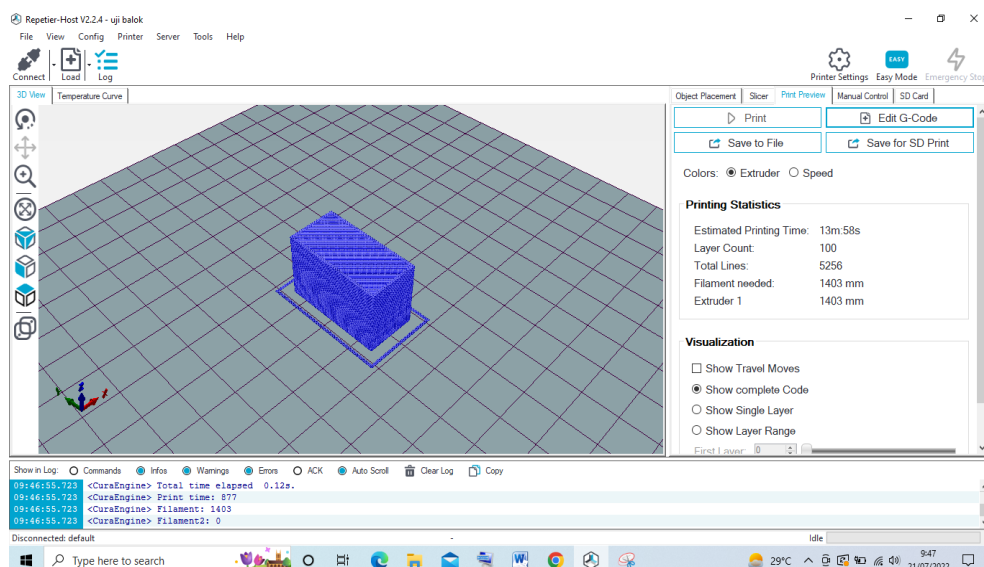
Gambar 3.17 Mengatur *print speed* sebesar 50 mm/s

Proses selanjutnya yaitu mengatur *Temperature* diubah menjadi 200° C karena menggunakan filamen PLA.

Filament	
Filament Diameter:	1.75 [mm]
Flow:	100 [%]
Temperature	
Print Temperature:	200 [°C]
Bed Temperature:	50 [°C]
Cooling	
Min. Fan Speed:	50 [%]
Max. Fan Speed:	100 [%]
Minimum Layer Time:	5 [s]

Gambar 3.18 mengatur *temperature* pada software repetier host

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



Gambar 3.19 Simulasi hasil akhir

3.16 Toleransi umum

Pada penelitian kali ini menggunakan toleransi umum, pada panjang balok berukuran 30 mm, lebar 20 mm, 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

Proses yang terakhir yaitu mencari nilai standart error untuk mengetahui keakurasian hasil pengukuran dari kedua mesin 3D *printer* Cartesian dan Anycubic Mega Zero. 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. Berikut adalah rumus untuk mencari nilai standar error :

Rumus mencari nilai simpangan baku :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n}} \dots \dots \dots (3.1)$$

Rumus mencari nilai standart error :

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

Rumus mencari simpangan baku menggunakan excel :

$$\text{“=STDEV(AREA DATA)”} \dots \dots \dots (3.3)$$

Rumus mencari nilai standart error menggunakan excel :

$$\text{“=SEL S.BAKU/SQRT(SEL BNYKDATA)”} \dots \dots \dots (3.4)$$

(Sumber: Buku Statistika dasar)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil perancangan alat

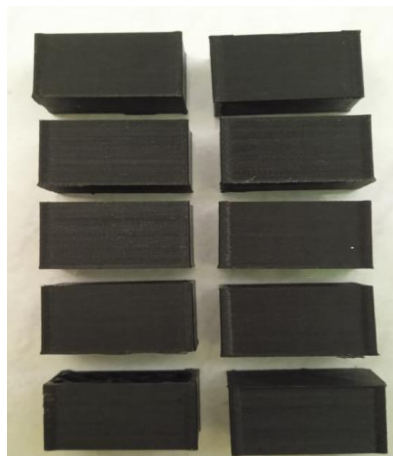
Hasil perancangan alat 3D *Printer* Cartesian menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 dengan luas area cetak sumbu X sepanjang 150 mm, sumbu Y sepanjang 150 mm, dan sumbu Z sepanjang 200 mm.



Gambar 4.1 Hasil akhir 3D *Printer* Cartesian

4.2 Percetakan mesin 3D *Printer* Cartesian Anycubic Mega Zero

Hasil percetakan terbaik spesimen menggunakan 3D *printer* Cartesian Anycubic Mega Zero seperti pada Gambar 4.2. Untuk proses menggunakan 3D *printer* cartesian anycubic mega zero tidak dilakukan proses uji coba berkali-kali karena 3D *printer* cartesian anycubic mega zero dianggap sebagai acuan dalam penelitian ini. Disini ukuran pada program dijelaskan pada tabel 3.1 dan 3.2.



Gambar 4.2 Hasil percetakan 3D *printer* cartesian anycubic mega zero.

4.3 Percetakan mesin 3D Printer Cartesian

Dari proses percetakan didapatkan hasil spesimen seperti pada Gambar 4.3. Untuk proses menggunakan 3D printer Cartesian dilakukan proses uji coba berkali-kali karena 3D printer Cartesian ini kontrol baru sehingga untuk mendapatkan hasil yang sesuai perlu dilakukan percobaan berkali kali.



Gambar 4.3 Hasil percetakan menggunakan 3D printer cartesian

Dari proses percetakan didapatkan hasil parameter percetakan kedua mesin 3D printer cartesian dan cartesian anycubic mega zero yang dapat dilihat pada tabel 4.1. Dari mulai awal dengan parameter percetakan yang sama untuk mendapatkan ukuran dan waktu yang terbaik dari kedua mesin 3D printer tersebut.

Tabel 4.1 Parameter Percetakan 3D Printing cartesian dan cartesian anycubic mega zero

Parameter	3D printer Cartesian	3D printer Cartesian anycubic mega zero
<i>Temperature primary extruder</i>	200°C	200°C
<i>Speeds</i>	50 mm/s	50 mm/s
Panjang Balok	30 mm	30 mm

Lebar Balok	20 mm	20 mm
Tinggi Balok	15 mm	15 mm
Waktu	\pm 14 menit	\pm 19 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 30 mm, lebar 20 mm dan tinggi 15 mm untuk balok. Sehingga didapatkan hasil dari uji coba pada mesin 3D *printer* cartesian dan Cartesian anycubic mega zero ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 hasil pengukuran benda balok dengan 3D *printer* cartesian

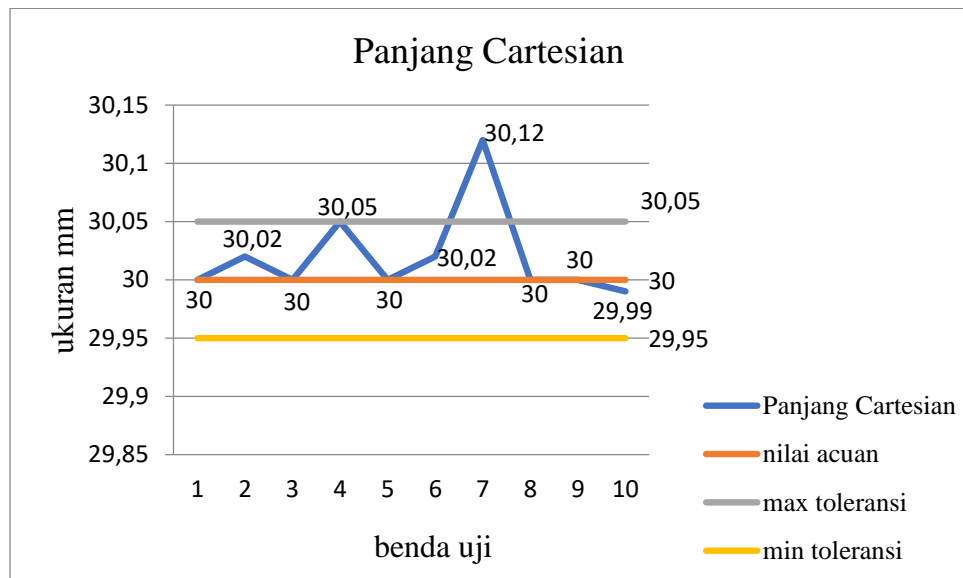
No	3D Printer Cartesian		
	Panjang	Lebar	Tinggi
1	30,00 mm	20,03 mm	15,00 mm
2	30,02 mm	20,00 mm	15,02 mm
3	30,00 mm	20,00 mm	15,01 mm
4	30,05 mm	20,01 mm	15,00 mm
5	30,00 mm	20,02 mm	15,00 mm
6	30,02 mm	20,00 mm	15,03 mm
7	30,12 mm	20,01 mm	15,10 mm
8	30,00 mm	20,10 mm	15,01 mm
9	30,00 mm	20,03 mm	15,00 mm
10	29,99 mm	20,00 mm	15,00 mm

Tabel 4.3 hasil pengukuran benda balok dengan 3D *printer* Cartesian anycubic mega zero

No	3D <i>Printer</i> Cartesian anycubic mega zero		
	Panjang	Lebar	Tinggi
1	30,02 mm	20,02 mm	15,01 mm
2	30,03 mm	20,00 mm	15,00 mm
3	30,00 mm	20,01 mm	15,04 mm
4	30,01 mm	20,02 mm	15,01 mm
5	30,02 mm	20,01 mm	15,00 mm
6	30,18 mm	20,00 mm	15,16 mm
7	30,02 mm	19,99 mm	15,02 mm
8	30,03 mm	19,89 mm	15,00 mm
9	30,20 mm	20,00 mm	15,11 mm
10	30,02 mm	20,01 mm	15,02 mm

Dari hasil tabel hasil percetakan yang didapat dari 3D *printer* cartesian dan Cartesian anycubic mega zero diketahui bahwa kedua mesin tersebut didapatkan hasil yang selisihnya ± 0.1 mm untuk benda balok. Hasil tersebut membuktikan bahwa mesin 3D *printer* Cartesian dapat disandingkan dengan mesin 3D *printer* cartesian anycubic mega zero sehingga 3D *printer* cartesian bisa dijadikan alat untuk membantu proses produksi maupun praktikum.

Nilai error dan grafik batas nilai *max* dan *min* toleransi $\pm 0,05$ yang telah ditetapkan pada tabel 3.5.



Gambar 4.4 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 sebanyak 1 kali pada benda uji ke-7 dan secara keseluruhan terdapat nilai error sebesar 1,2 %.

Mencari nilai error:

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

$$Se = \frac{0,0391578}{\sqrt{10}}$$

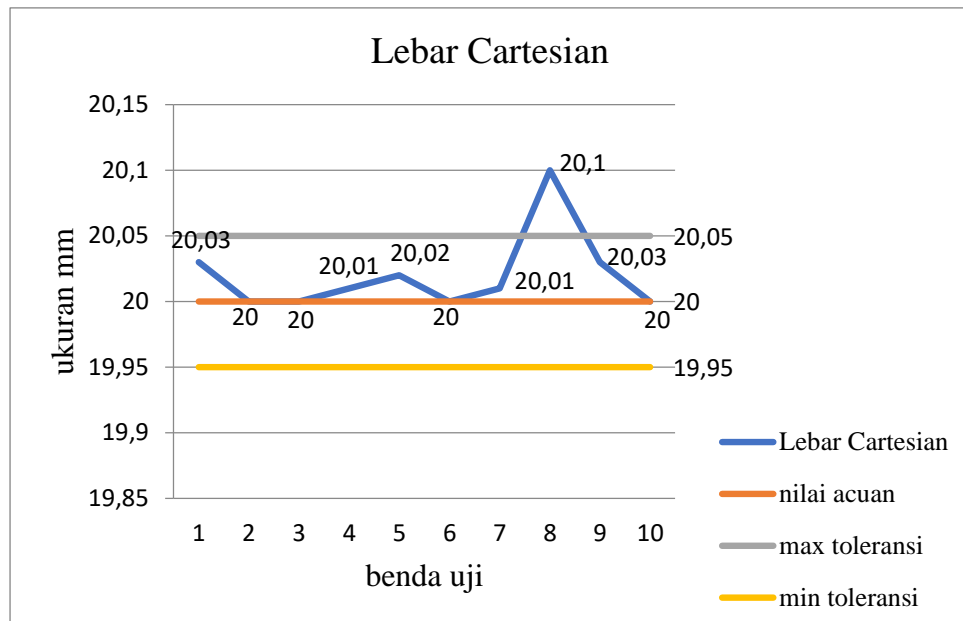
$$Se = 0,012382784$$

Mencari nilai error menggunakan excel:

“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.4 Nilai error panjang balok 3D *Printer* cartesian

Panjang balok cartesian	
Simpangan baku	= 0,0391578
Banyak data	= 10
Nilai error mean	= 0,012382784 (1,2%)



Gambar 4.5 Grafik batas toleransi lebar balok 3D *printer* Cartesian

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran lebar yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer* cartesian sebanyak 1 kali pada benda uji ke-8 dan secara keseluruhan terdapat nilai error sebesar 0,9%.

Mencari nilai error:

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

$$Se = \frac{0,030550505}{\sqrt{10}}$$

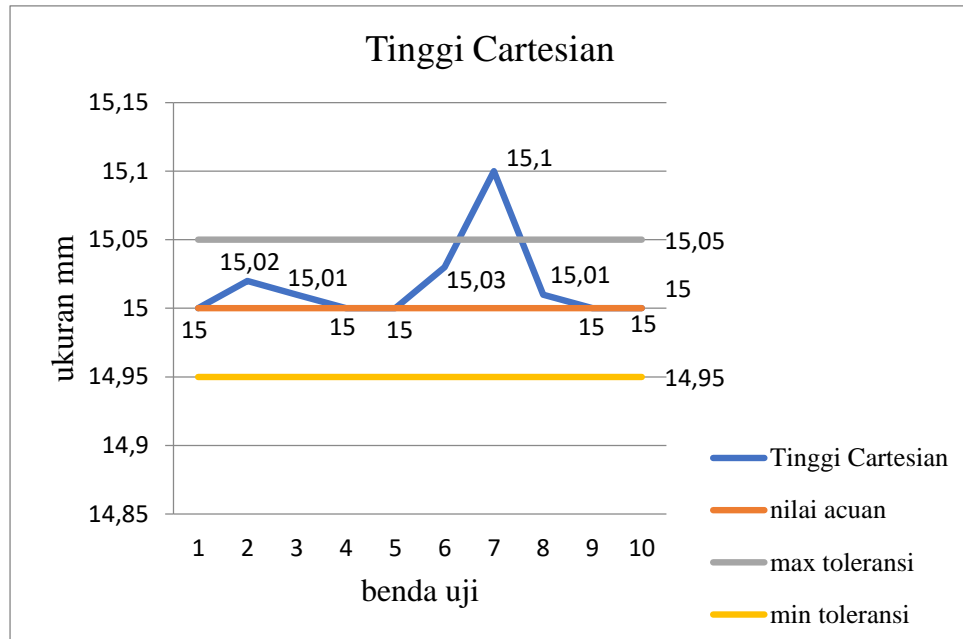
$$Se = 0,009660918$$

Mencari nilai error menggunakan excel:

“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.5 Nilai error lebar balok 3D *Printer* cartesian

Lebar balok cartesian		
Simpangan baku	=	0,030550505
Banyak data	=	10
Nilai error mean	=	0,009660918 (0,9%)



Gambar 4.6 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 sebanyak 1 kali pada benda uji ke-7 dan secara keseluruhan terdapat nilai error sebesar 0.9 %.

Mencari nilai error:

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

$$Se = \frac{0,030930029}{\sqrt{10}}$$

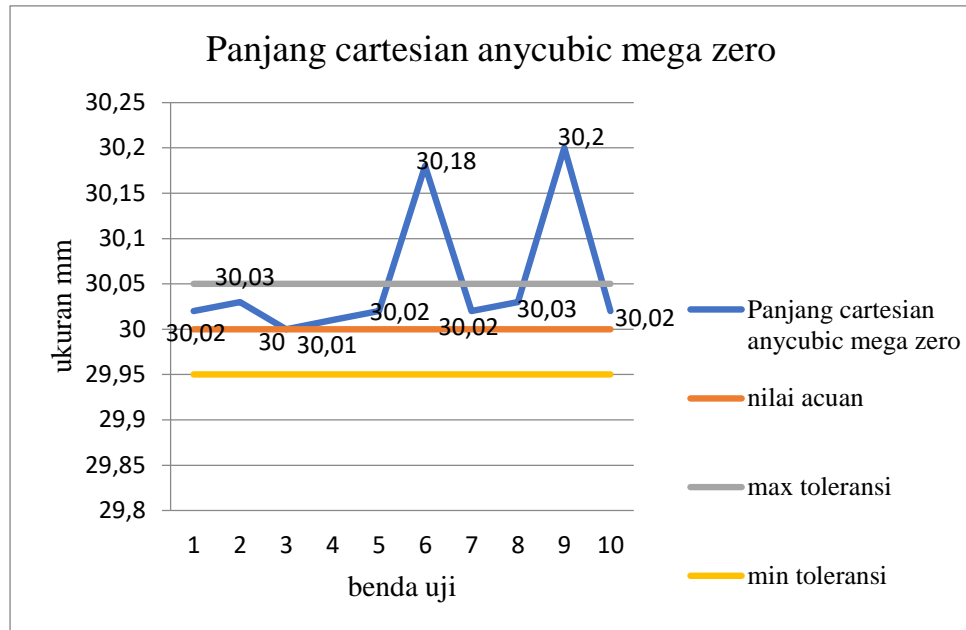
$$Se = 0,009780934$$

Mencari nilai error menggunakan excel:

“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.6 Nilai error tinggi balok 3D *Printer* cartesian

Tinggi balok cartesian	
Simpangan baku =	0,030930029
Banyak data =	10
Nilai error mean =	0,009780934 (0,9%)



Gambar 4.7 Grafik toleransi panjang balok Cartesian anycubic mega zero

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer* cartesian anycubic mega zero sebanyak 2 kali pada benda uji ke-6 dan ke-9 dan secara keseluruhan terdapat nilai error sebesar 2%.

Mencari nilai error:

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

$$Se = \frac{0,072884993}{\sqrt{10}}$$

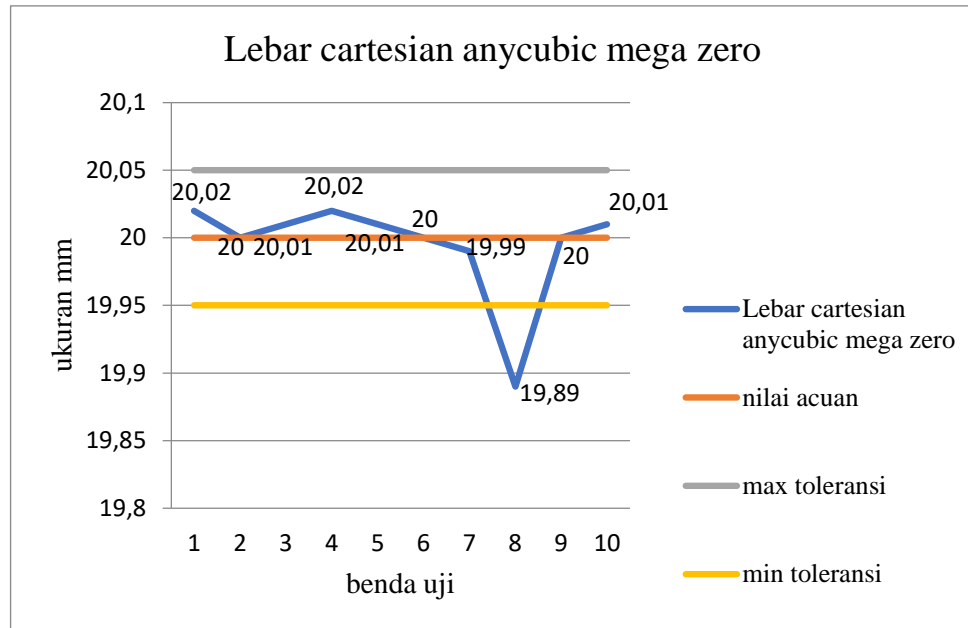
$$Se = 0,023048259$$

Mencari nilai error menggunakan excel:

“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.7 Nilai error panjang balok 3D *Printer* anycubic mega zero

Panjang balok anycubic mega zero	
Simpangan baku	= 0,072884993
Banyak data	= 10
Nilai error mean	= 0,023048259 (2%)



Gambar 4.8 Grafik toleransi lebar balok Cartesian anycubic mega zero

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang melebihi batas minimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer* cartesian anycubic mega zero sebanyak 1 kali pada benda uji ke-8 dan secara keseluruhan terdapat nilai error sebesar 1,2%.

Mencari nilai error:

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

$$Se = \frac{0,038078866}{\sqrt{10}}$$

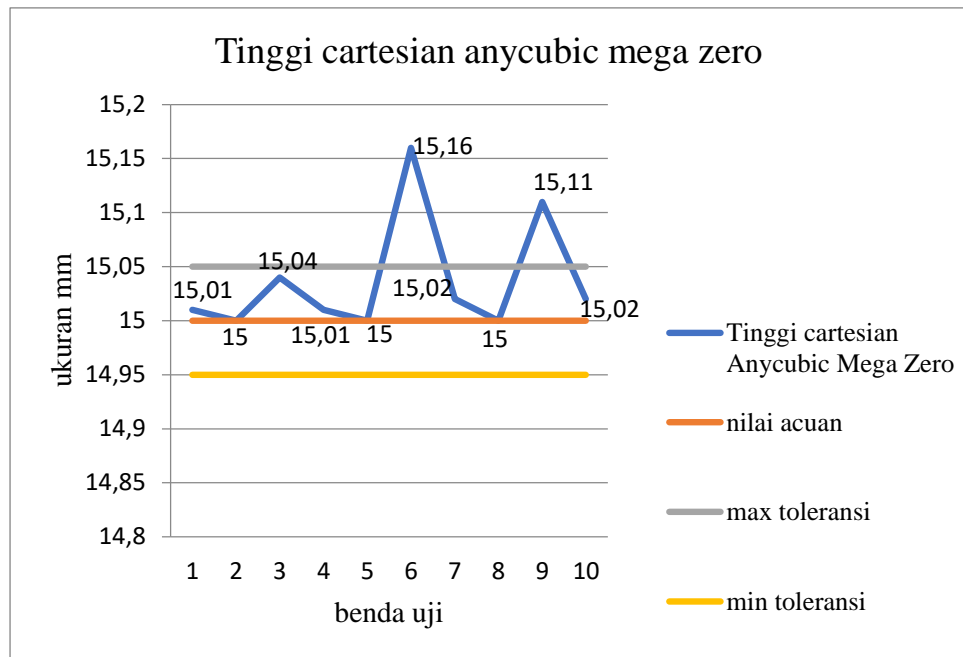
$$Se = 0,012041595$$

Mencari nilai error menggunakan excel:

“=E2/SQRT(E3)”

Tabel 4.8 Nilai error lebar balok 3D *Printer* anycubic mega zero

Lebar balok anycubic mega zero		
Simpangan baku	=	0,038078866
Banyak data	=	10
Nilai error mean	=	0,012041595 (1,2%)



Gambar 4.9 Grafik toleransi tinggi balok Cartesian anycubic mega zero

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat ukuran panjang yang melebihi batas maksimal toleransi pada benda balok yang dicetak menggunakan 3D *printer* Cartesian anycubic mega zero sebanyak 2 kali pada benda uji ke-6 dan ke-9 dan secara keseluruhan terdapat nilai error sebesar 1,7%.

Mencari nilai error:

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

$$Se = \frac{0,054375239}{\sqrt{10}}$$

$$Se = 0,017194961$$

Mencari nilai error menggunakan excel:

“=E2/SQRT(E3)”

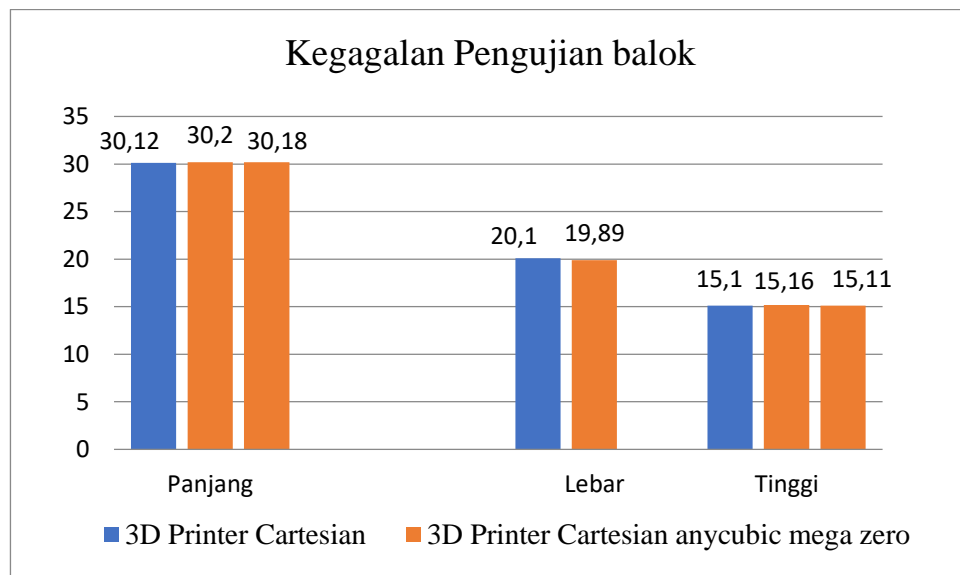
Tabel 4.9 Nilai error tinggi balok 3D *Printer* anycubic mega zero

Tinggi balok anycubic mega zero		
Simpangan baku	=	0,054375239
Banyak data	=	10
Nilai error mean	=	0,017194961 (1,7%)

Dari hasil grafik dan nilai 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 ekstruder pada saat mengeluarkan filament sehingga benda yang dicetak hasilnya kurang maksimal.

Tabel 4.10 Tabel kegagalan pengujian benda balok

No	3D Printer Cartesian		
	Panjang	Lebar	Tinggi
1.	30,12 mm		15,10 mm
2.		20,10 mm	
No	3D Printer Cartesian anycubic mega zero		
	Panjang	Lebar	Tinggi
1.	30,18 mm		15,16 mm
2.		19,89 mm	
3.	30,20 mm		15,11 mm



Gambar 4.10 Grafik kegagalan pengujian balok

Dari hasil grafik diatas telah didapatkan dari hasil pengukuran Panjang, lebar, dan tinggi pada benda balok, secara keseluruhan terdapat 3 ukuran kegagalan dalam percetakan menggunakan 3D *printer* cartesian pada *specimen* ke-7 dan ke-8, sedangkan pada 3D *printer* cartesian anycubic mega zero terdapat 5 ukuran kegagalan yang tidak masuk dalam toleransi yang telah di tetapkan yaitu pada *specimen* ke-6, ke-8, dan ke-9. Hasil tersebut membuktikan bahwa mesin 3D *printer* cartesian lebih akurat dan presisi dalam percetakan *specimen* dan dapat disandingkan dengan mesin 3D *printer* cartesian anycubic mega zero sehingga 3D *printer* cartesian bisa dijadikan alat untuk membantu proses produksi maupun praktikum.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Dari hasil perancangan, didapatkan mesin 3D *Printer* Cartesian dengan luas area cetak sumbu X sepanjang 150 mm, sumbu Y sepanjang 150 mm, dan sumbu Z sepanjang 200 mm. Mesin 3D *Printer* ini menggunakan kontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat kontrol bekerjanya mesin 3D *Printer*.
2. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan percetakan *specimen* balok sebanyak 10 kali pada 3D *printer* cartesian dengan luas area cetak sumbu X 150, Y 150, Z 200 mm didapatkan hasil cetakan *specimen* balok yang kurang atau melebihi batas toleransi $\pm 0,05$ sebanyak 3 ukuran pada *specimen* ke-7, dan ke-8, masing-masing satu setiap dimensi panjang, lebar, dan tinggi dan terdapat nilai error pada panjang sebesar 1,2 %, lebar 0,9%, dan tinggi 0,9%. Sedangkan 3D *printer* cartesian anycubic mega zero dengan luas area cetak sumbu X 220, Y 220, Z 250 mm sebanyak 5 ukuran yang melebihi toleransi pada *specimen* ke-6, ke-8, dan ke-9 terdapat pada dua untuk dimensi panjang, satu dimensi lebar, dua dimensi tinggi dan terdapat nilai error pada panjang sebesar 2%, lebar 1,2%, dan tinggi 1,7%.

5.2 Saran

Adapun saran dari hasil penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Konstruksi dari perancangan alat juga sangat dipertimbangkan agar proses percetakan mesin 3D *Printer* tidak terjadi error yang besar pada benda yang akan dicetak.
2. Pada saat proses percetakan sebaiknya operator selalu menjaga dan mengawasi jalannya mesin 3D *printer*, untuk mengantisipasi jika ada masalah dalam proses percetakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, A.A.N. dan Sumbodo, W. (2018). Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*. 3(2), 110-115.
- 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).
- Andriyansyah, D., & Jamaldi, A. (2021). Perancangan Dan Pembuatan Mesin 3D Printer Tipe Cantilever. *Abdi Masya*, 1(2), 108-114.
- 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>
- Hidayati, Tri., Ita Handayani., Ines Heidiani Ikasari. 2019. Statistika Dasar. Purwokerto: CV Pena persada
- <http://www.labelektronika.com/2017/02/arduino-mega-2560-mikrokontroler.html>, diakses tanggal 3 Agustus 2022
- <https://electron.com/12v-dc-switching-power-supply-mean-well-rs-100-12-p53684/>, diakses tanggal 3 Agustus 2022
- <https://uge-one.com/3d-printer-cnc-parts>, diakses tanggal 3 Agustus 2022
- Huda, Yon Fatkhunal. 2017. Gambar Teknik Manufaktur. Yogyakarta: Yudhistira Ghalia Indonesia
- Jaedun, A. (2011) ‘Oleh : Amat Jaedun’, *Metodologi Penelitian Eksperimen*, pp. 0 12.
- Kalsoon, 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












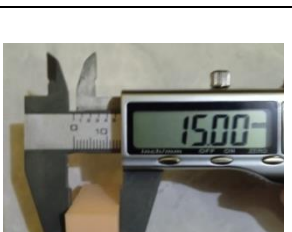
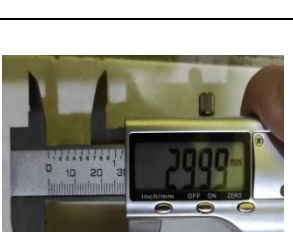
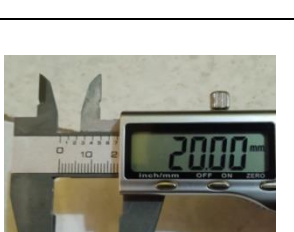
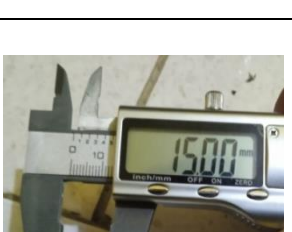
- Printing. *Analytical Chemistry*, 90(20), 12081–12089. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b02893>
- Li, B., Liu, J., Gu, H., Jiang, J., Zhang, J., & Yang, J. (2019). Structural Design of FDM 3D Printer for Low-melting Alloy. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 592(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/592/1/012141>
- 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>
- Pamasaria, H. A., Herianto, H., & Saputra, T. H. (2019). Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Tipe FDM (Fused Deposition Modeling) terhadap Kualitas Hasil Produk. IENACO (Industrial Engineering National Conference) 7 2019.
- 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>
- Setyoadi, Y., Carsoni, C., Amiruddin, M., & Harjanto, I. (2016, January). PERANCANGAN DAN MANUFAKTUR PRINTER 3 DIMENSI TIPE FUSED DEPOSITION MODELING (FDM). In *SEMINAR HASIL-HASIL PENELITIAN 2015*.
- Sumantri, D. (2012). Peningkatan Kinerja Mesin Rapid Prototyping Berbasis Fused Deposition Modelling. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Indonesia*.
- Wicaksono, R. A., Kurniawan, E., Syafrianto, M. K., Suratman, R. F., & Sofyandi, M. R. (2021). Rancang Bangun dan Simulasi 3D Printer Model

Cartesian Berbasis Fused Deposition Modelling. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 5(2), 53-64.
















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>













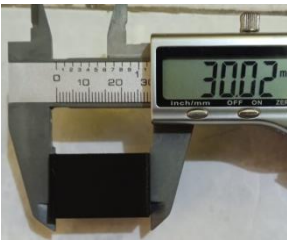


Lampiran 1 Hasil pengukuran *specimen 3D Printer Cartesian*

3D Printer Cartesian			
No	Panjang	Lebar	Tinggi
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

6.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 3002.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 2000.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 1503.
7.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 3012.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 2001.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 1510.
8.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 3000.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 2010.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 1501.
9.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 3000.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 2003.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 1500.
10.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 2999.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 2000.	 A digital caliper is shown measuring a small orange rectangular object. The digital display shows the number 1500.

Lampiran 2 Hasil pengukuran *specimen 3D Printer anycubic mega zero*

3D Printer Anycubic Mega Zero			
No.	Panjang	Lebar	Tinggi
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Lampiran 3 Lembar bimbingan skripsi dosen pembimbing I



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 : Achmad Didi Riyadi
 Npm : 18650049
 Program Studi : Teknik Mesin
 Judul Skripsi : RANCANG BANGUN 3D *PRINTER* CARTESIAN DENGAN LUAS AREA CETAK SUMBU X 150 Y 150 Z 200 MM MENGGUNAKAN KONTROLER ARDUINO MEGA 2560
 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 disetujui	

Dosen Pembimbing I


 Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T

NIP/NPP 138201417

Mahasiswa



Achmad Didi Riyadi

18650049

Lampiran 4 Lembar bimbingan skripsi dosen pembimbing II



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 : Achmad Didi Riyadi
 Npm : 18650049
 Program Studi : Teknik Mesin
 Judul Skripsi : RANCANG BANGUN 3D *PRINTER* CARTESIAN DENGAN LUAS AREA CETAK SUMBU X 150 Y 150 Z 200 MM MENGGUNAKAN KONTROLER ARDUINO MEGA 2560
 Dosen Pembimbing I : Yuris Setyoadi, S.Pd., M.T
 Dosen Pembimbing II : Rifki Hermana, S.T., M.T

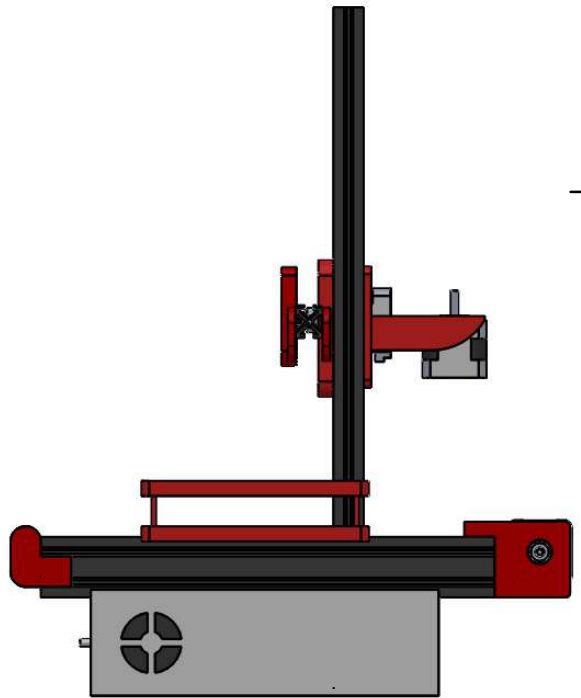
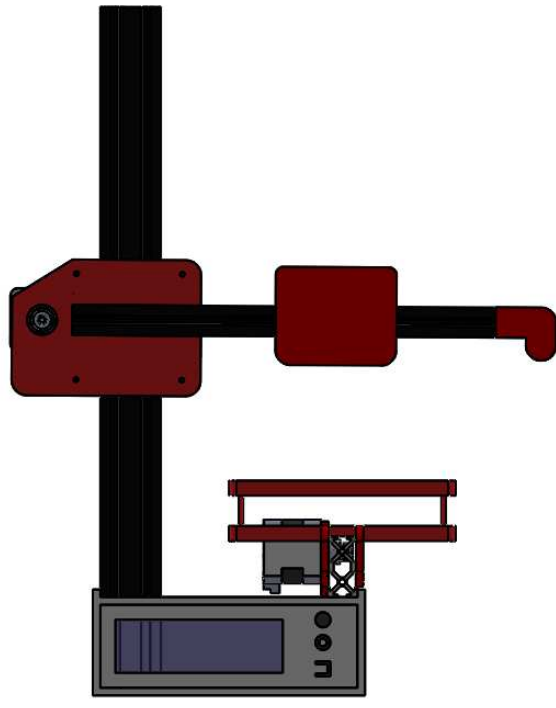
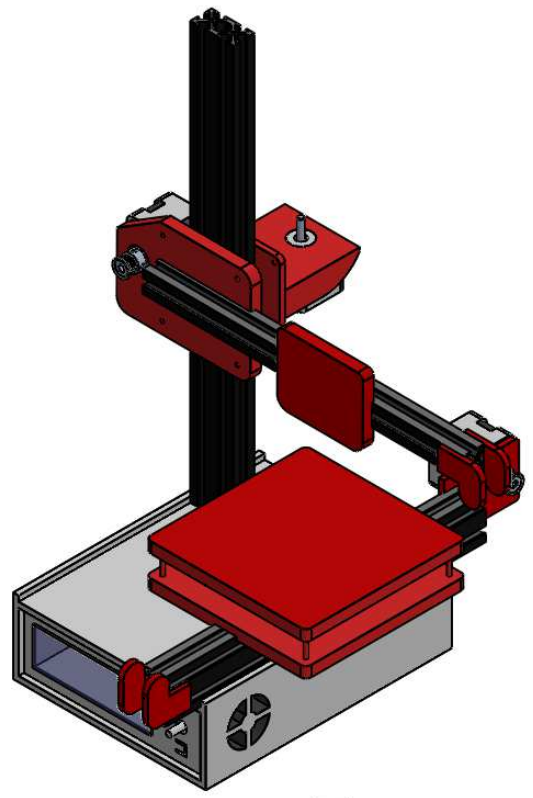
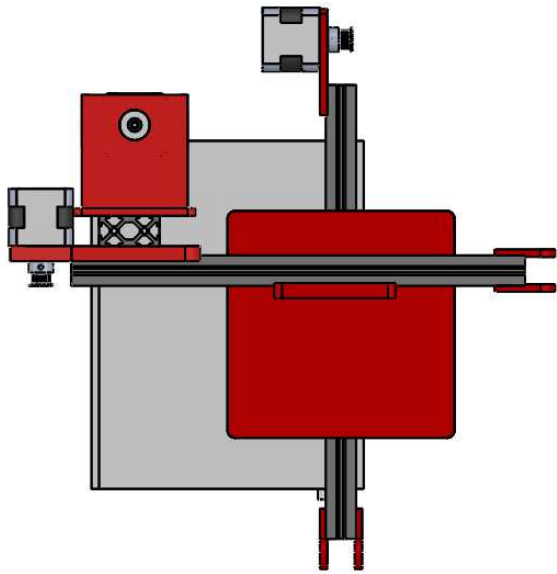
No.	Hari, Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
1.	23 -08-2022	Bimbingan skripsi	
2.	05 -09-2022	Seminar Hasil	
3.	07-09-2022	Revisi bab IV	
4.	12-09-2022	Bimbingan skripsi, revisi bab V	
5.	16-09-2022	Bimbingan, skripsi di setujui	

Dosen Pembimbing II

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

Mahasiswa

Achmad Didi Riyadi
 18650049



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME			DATE	TITLE:	
DRAWN	Achmad Didi Riyadi	16/08/22		Cartesian 3D Printer	
NPM	18650049				
APPV'D					
MFG					
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.	A4
			WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1