



UNIVERSITAS DIPONEGORO

RANCANG BANGUN 3D PRINTER

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Terapan**

ARDIANSYAH BAGAS ADHIATMA

40040217640012

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

JULI 2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Ardiansyah Bagas Adhiatma

NIM : 40040217640012

Tanda Tangan : 

Tanggal : 31 July 2022



TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 50 / TA / DIV RPM/ 2022

Dengan ini diberikan Tugas Akhir untuk Mahasiswa berikut:

Nama : Ardiansyah Bagas Adhiatma

NIM : 40040217640012

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun *3D Printer*

Isi Tugas:

1. Menghasilkan design dan rancang bangun 3D printer yang efisien.
2. Memahami cara pembuatan 3D printer.
3. Dapat menguji 3D printer yang telah dibuat dan mengetahui hasil pengujian tersebut.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini, dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang , 31 July 2022
Ketua PSD IV Rekayasa
Perancangan Mekanik

Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T
NIP. 197110301998021001

Tembusan :
Dosen Pembimbing

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Ardiansyah Bagas Adhiatma
NIM : 40040217640012
Program Studi : S.Tr Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN *3D PRINTER*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing I : Bambang Setyoko. S.T., M.Eng ()
Pembimbing II : Ir. H. Murni, MT ()
Penguji : Alaya Fadlu H. M., S.T., M.Eng. ()

Semarang,
Ketua Program Studi
Rekayasa Perancangan Mekanik

Dr. Seno Darmanto, ST, MT.
NIP. 19711030 199802 1 001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ardiansyah Bagas Adhiatma
NIM : 40040217640012
Jurusan/Program Studi : S.Tr Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“RANCANG BANGUN 3D PRINTER”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 31 Juli 2022

Yang menyatakan



Ardiansyah Bagas Adhiatma

40040217640012

HALAMAN MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Qs. Al Baqarah ayat 286)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir dengan judul “RANCANG BANGUN 3D *PRINTER*” dengan baik.

Dalam penyusunan laporan proyek akhir ini, penulis mendapat banyak saran, bimbingan dan bantuan dari pihak pembimbing, pemateri, maupun teknisi, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Dr . Ir. Budiono, M.Si selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
2. Dr. Seno Darmanto, ST,MT, selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
3. Bambang Setyoko, ST, M.Eng, selaku dosen pembimbing I atas bimbingan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian dan laporan proyek akhir.
4. Ir. H. Murni, MT, selaku dosen pembimbing II atas bimbingan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian dan laporan proyek akhir.
5. Seluruh dosen dan staff pengajar Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik;
6. Bunda dan kedua adik saya atas doa dan bantuan yang selalu diberikan selama ini;

7. Seluruh rekan Abhivandya 2017 Rekayasa Perancangan Mekanik;
8. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan laporan ini.

Semarang, 22 Maret 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'bagas', written in a cursive style.

Ardiansyah Bagas Adhiatma

RANCANG BANGUN 3D PRINTER

Proses Perancangan dan pembuatan *3D Printer* menunjukkan bahwa pada proses perancangan *3D printer* didapatkan hasil berupa area kerja 30 cm x 30 cm x 35 cm yang terbagi atas rangka bawah, rangka atas, serta rangka utama, Pembuatan 3d printer yaitu Merancang desain *3D Printer* terlebih dahulu menggunakan *software Autocad*, Menyiapkan komponen dan jenis bahan sesuai desain yang telah buat, merakit komponen hingga menjadi mesin *3D Printer*, Pengujian mesin *3D Printer* diuji dengan menggunakan bahan *PLA*, Pengujian dilakukan dengan membandingkan parameter kesesuaian hasil cetak mesin *3D Printer* dan Menganalisis hasil cetak *3D Printer*. Kemudian pengujian *3D printer* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Cura*. Penggunaan aplikasi *Cura* mudah dimengerti dan banyak sumber tutorial yang dapat diakses. Hasil pengujian *3D printer* yang dilakukan ternyata membuktikan terdapat masalah pada hasil cetak terdapat *stringing*. Munculnya benang plastik yang tipis yang seharusnya tidak dicetak oleh *print head* harusnya hanya melintas dari satu area ke area yang lain. Oleh karena itu harus menyesuaikan retraksi dan suhu temperatur secara optimal agar tidak terjadi *stringing* pada hasil cetak *3D Printer*.

Kata kunci : *3D Printer, Cura, Stringing, Retraksi, Temperature*

3D PRINTER DESIGN

The process of designing and manufacturing 3D Printers shows that in the 3D printer design process, the results are in the form of a 30 cm x 30 cm x 35 cm work area which is divided into the lower frame, upper frame, and main frame. Autocad software, Preparing components and types of materials according to the designs that have been made, assembling components to become 3D Printer machines, and Testing 3D Printer machines using PLA materials.

Then the 3D printer testing was carried out using the Cura application. Using the Cura application is easy to understand and many tutorial resources are accessible. The results of the 3D printer testing that were carried out proved that there was a problem in the print results, there was stringing. The appearance of a thin plastic thread that should not be printed by the print head should just pass from one area to another. Therefore, it is necessary to optimally adjust the retraction and temperature so that stringing does not occur in 3D Printer prints.

Keywords: *3D Printer, Cura, Stringing, Retraction, Temperature*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	2
HALAMAN MOTTO.....	3
KATA PENGANTAR.....	4
BAB I PENDAHULUAN.....	12
1.1 Latar Belakang.....	12
1.2 Pembatasan Masalah	13
1.3 Tujuan.....	13
1.4 Manfaat.....	14
1.5 Sistematika Penulisan	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	16
2.1 Kajian Pustaka	16
2.2 Teori Penunjang.....	17
2.2.1 Manufaktur dan Fabrikasi	17
2.2.2 Proses Kerja 3D Printer	19
2.3 Klasifikasi 3D Printer	21
2.4 Filament 3D Printer	23
2.5 Rangka (frame).....	25
BAB III METODOLOGI PROYEK AKHIR.....	40
3.1 Diagram Alir.....	40
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	41
3.2.2 Bahan Penelitian	42

3.3	Perancangan Penelitian.....	43
3.4	Prosedur Penelitian.....	48
BAB IV ANALISA & HASIL PEMBAHASAN.....		49
4.1	Hasil Perancangan 3D Printer	49
4.2	Pengujian 3D Printer	50
4.3	Analisa Perhitungan Daya Pada 3D Printer	52
4.3.1	Daya Motor Stepper.....	52
4.3.2	Daya Heat Bed	53
4.3.3	Daya Screen	53
4.3.4	Daya Extruder	54
4.3.2	Analisa Hasil Cetak 3D Printer.....	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		56
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 3D printer model Cartesian dan delta	22
Gambar 2. 2 3D printer model polar (kiri) dan scara (kanan)	23
Gambar 2. 3 Alumunium Profile	25
Gambar 2. 4 Gerinda duduk	26
Gambar 2. 5 Head Bandsaw	27
Gambar 2. 6 Mesin Bubut	27
Gambar 2. 7 Bagian-bagian ulir (Dwi, 2010).....	30
Gambar 2. 8 Pengecekan Kisar Ulir (Dwi, 2010).....	31
Gambar 2. 9 Frame (Endi, 2017).....	32
Gambar 2. 10 Printed Part (Moh Dahlan,2017).....	33
Gambar 2. 11 <i>Corner Gusset</i> (Endi,2017).....	33
Gambar 2. 12 Shaft Stainless Steel (Endi,2017).....	34
Gambar 2. 13 <i>Linear Bearing</i> (Endi,2017).....	34
Gambar 2. 14 <i>Bearing</i> (Endi,2017)	35
Gambar 2. 15 <i>Timming Pulley</i> (Endi,2017).....	35
Gambar 2. 16 Timing Belt (Endi,2017)	36
Gambar 2. 17 <i>Extruder</i> (Endi,2017).....	36
Gambar 2. 18 <i>Motor Stepper</i> (Endi,2017)	37
Gambar 2. 19 Lead Screw dan Nut (Endi,2017)	37
Gambar 2. 20 <i>Flexible Coupling</i> (Endi,2017)	38
Gambar 2. 21 Heat Bed (Moh. Dahlan, 2017)	38
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3. 2 Desain Rangka Mesin 3D Printer Menggunakan <i>Software</i>	45
Gambar 4. 1 Hasil pembuatan mesin 3D printer	49
Gambar 4. 2 Pengaturan 3D Printer Pada Software Cura.....	51
Gambar 4. 3 Pengaturan Manipulasi Objek.....	52
Gambar 4. 4 Hasil Cetak Dari Pengujian 3D Printer.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kekurangan Alumunium	26
Tabel 2. 2 Cutting Speed	28
Tabel 2. 3 Kisar Ulir	29
Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin 3D Printer.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi saat ini sangat pesat dikarenakan pengetahuan manusia yang tinggi. *3D printer* adalah alat terobosan baru dalam dunia teknologi. *3D printer* merupakan *printer* yang bisa mencetak benda berdimensi tiga, tidak seperti gambar atau tulisan dikertas. Apapun hasilnya *3D printer* mampu membuat benda seperti *prototype*.

3D printer adalah *printer* cetak yang mampu menghasilkan dan memproduksi ataupun serta merancang struktur yang canggih dan modern. *3D printer* adalah salah satu proses fabrikasi *Fused Deposition Modelling (FDM)* yaitu teknologi *Additive Manufacturing (AM)* yang mana proses pencetakan 3D dikerjakan dengan cara aditif, objek dibuat dengan cara meletakkan/menambahkan material lapis demi lapis (Petrovic,Dkk,2010). Metode pencetakan 3D sangat berbeda dengan Teknik permesinan tradisional yang lebih dikenal proses subtraktif dimana pembuatan produk dengan cara mengurangi material awal melalui proses penyayatan.

Penggunaan *3D printer* di Indonesia mulai disoroti karena *3D printer* mempermudah manusia untuk membuat sebuah *prototype*. Pada umumnya untuk membuat sebuah *prototype* membutuhkan waktu yang lama. Hal ini dikarenakan pembuatan *prototype* melalui beberapa tahapan dari

pembuatan desain hingga *finishing*. Sehingga pada saat pembuatan *prototype* secara konvensional membutuhkan banyakan pekerja dan membutuhkan waktu yang lama (Tseng dan Tanaka,2000). Oleh karena itu para ilmuwan menemukan inovasi terbaru yang seharusnya dikembangkan pada saat ini yaitu *3D printer*. Pada saat ini teknologi *rapid prototyping* banyak digunakan dalam pembuatan *prototype* (Priyanto, 2005). *3D printer* menggunakan teknologi *rapid prototyping* yaitu teknologi yang berasal dari data program *software* desain seperti *solidwork*, *inventor*, *autocad*, dan lain-lain.

Namun teknologi *3D printer* ini tergolong mahal dan komponen yang sulit di dapat dan hanya ada di tempat tertentu. Disini saya akan membuat *3D printer* menggunakan komponen yang murah dan terjangkau dan kontrolnya menggunakan *Arduino mega*.

1.2 Pembatasan Masalah

Dalam penulisan laporan yang berjudul “RANCANG BANGUN *3D PRINTER*”, yaitu:

1. Bagaimana desain *3D printer* tersebut?
2. Bagaimana rancang bangun *3D printer* tersebut?
3. Bagaimana hasil pengujian *3D printer* yang telah dibuat tersebut?

1.3 Tujuan

Tujuan dari modifikasi rancang bangun *3D printer*, yaitu:

1. Menghasilkan desain dan rancang bangun *3D printer* yang efisien.

2. Memahami cara pembuatan *3D printer*.
3. Dapat menguji *3D printer* yang telah di buat dan memahami hasil dari pengujian tersebut.

1.4 Manfaat

Dengan dilakukannya penelitian ini dapat memberi manfaat, terutama bagi penulis :

1. Memahami cara merancang atau merakit sebuah *3D printer*.
2. Memahami prinsip kerja dari sebuah *3D printer*.
3. Memahami program apa yang digunakan untuk menjalankan ataupun mengoperasikan sebuah *3D printer*.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman, maka sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang penyusunan Tugas Akhir, latar belakang, rumusan masalah, pembatasan masalah, manfaat penulisan, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan konsep teori yang menunjang kasus Tugas Akhir, memuat tentang dasar teori yang digunakan dan menjadi ilmu penunjang bagi peneliti, berkenaan dengan masalah yang akan diteliti yaitu;

komponen komponen pada alat *3D printer* serta pengontrolan dan program apa yang digunakan untuk pengoperasiannya.

BAB III METODOLOGI PROYEK AKHIR

Bab ini berisi tentang pembahasan data-data yang dijadikan proyek akhir, data yang dibahas adalah mengenai 3D Printer.

BAB IV ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas mengenai Analisa data.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat tentang kesimpulan dari seluruh hasil penelitian perancangan 3D printer menggunakan program cura serta saran yang berhubungan dengan Tugas Akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Chuck Hull (1984) mengembangkan metode *Stereolithography Apparatus (SLA)* pada *3D Printer*. Metode *Stereolithography Apparatus (SLA)* pada *3D Printer* merupakan metode yang memanfaatkan seberkas sinar *ultraviolet* yang ditembakkan ke permukaan sebuah wadah (*vat*) yang berisi cairan *photopolymer (resin)*. Cairan tersebut akan langsung mengeras saat sinar laser mengenai permukaannya. Metode ini berkerja dengan prinsip “*layer by layer*”(lapisan demi lapisan). Setelah satu *layer* selesai dikerjakan, sebuah *platform* yang membawa sejenis alat penyapu (*recoater blade*) digerakkan turun untuk membersihkan sisa-sisa *resin* di permukaan *layer*. Langkah selanjutnya adalah menembakkan kembali berkas sinar ultraviolet di atas *layer* yang telah dibersihkan. Dua tahun kemudian, yaitu pada tahun 1986, setelah metode *Stereolithography Apparatus (SLA) 3D Printer* berhasil dikembangkan, Chuk Hull mematenkannya.

Scott dan Lisa Crump (1989) melakukan percobaan pembuatan mainan katak anak perempuannya dengan menggunakan pistol lem dan campuran *polietilen* serta lilin. Dari percobaan tersebut, mereka menemukan sebuah teknologi terbaru yang diberi nama *Fused Deposition modeling (FDM)*. Teknologi *FDM* adalah teknologi cetak 3 dimensi yang paling banyak digunakan di berbagai industri. *FDM* menggunakan *filament* termoplastik yang dipanaskan sampai titik lelehnya kemudian diekstrusi lapis demi lapis. Sampai akhirnya terbentuklah objek 3 dimensi yang diinginkan. Pada tahun 1992, Crump mematenkan teknologi *Fused Deposition Modeling* dan mendirikan *Stratasys*. *Stratasys* kemudian menciptakan

perangkat lunak untuk mengubah file stereolithography (STL) ke format lain. Tujuannya adalah untuk memudahkan mengiris bagian dari model 3D dan menentukan bagaimana lapisan demi lapisan akan dicetak.

Jacobs, Paul Francis (1992) melakukan penelitian mengenai *layered manufacture*. Menurutnya *layered manufacture* yang juga bisa disebut *prototyping* cepat atau manufaktur aditif adalah perkembangan *revolusioner* di bidang proses manufaktur dalam dua dekade terakhir. Tidak seperti material yang dikeluarkan dari stok dalam proses pemesinan, manufaktur berlapis membangun volume padat dari model CAD dengan menambahkan lapisan demi lapisan secara berturut-turut. Karena bagian dibuat lapisan demi lapisan, membangun orientasi yang kuat menjadi hal yang penting dalam proses pembuatan karena dapat meningkatkan kualitas dalam hal akurasi dan penyelesaian permukaan, mengurangi volume dukungan yang diperlukan, serta mendukung bidang kontak dan waktu pembangunan. Ini juga mempengaruhi kekuatan bagian dan biaya produksi.

2.2 Teori Penunjang

2.2.1 Manufaktur dan Fabrikasi

Manufaktur adalah suatu cabang industri yang mengaplikasikan mesin manufaktur, peralatan dan tenaga kerja dan suatu medium proses untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi untuk dijual (Heizer, 2005). Istilah ini bisa digunakan untuk aktifitas manusia, dari kerajinan tangan sampai ke produksi dengan teknologi tinggi, namun demikian istilah ini lebih sering digunakan untuk dunia industri, dimana bahan baku diubah menjadi barang jadi dalam skala yang besar. Sedangkan, fabrikasi adalah suatu rangkaian pekerjaan dari beberapa

komponen material baik berupa plat, pipa ataupun baja profil dirangkai dan dibentuk setahap demi setahap berdasarkan item-item tertentu sampai menjadi suatu bentuk yang dapat dipasang menjadi sebuah rangkaian alat produksi maupun konstruksi (Nursyahid, 2015). *3D Printer*

3D printer merupakan bentuk teknologi manufaktur *aditif* dimana mesin akan membuat benda berbentuk tiga dimensi dengan cara membuat dengan meletakkan lapisan material secara berturut-turut (Tyagi, 2018). Pencetakan 3D merupakan proses yang berbeda dari teknik mesin tradisional (proses subtraktif) yang sebagian besar bergantung pada penghapusan materi oleh pengeboran, pemotongan dan lain-lain. Salah satu keuntungan penggunaan 3D printer untuk membuat prototyping adalah dapat membuat prototipe dalam waktu yang singkat dan biaya yang murah dibandingkan pembuatan prototipe secara konvensional.

Aplikasi teknologi *3D printer* 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 di analisa kelayakan suatu produk seperti ergonomi dan lainnya.

2.2.2 Proses Kerja 3D Printer

1. Proses *Modelling* Objek 3D

Pemodelan 3D adalah proses menganalisis dan mengumpulkan data tentang bentuk dan penampilan suatu objek. Berdasarkan data ini, model 3D dari objek yang dipindai dapat diproduksi (Rusianto,2019). Model 3D ini dapat diciptakan menggunakan *software* khusus desain 3D. *Software* tersebut juga harus didukung oleh printer yang akan digunakan. *Software* tersebut antara lain *Autocad*, *Tinkercad*, *Solidwork*, *Catia*, *Delcam* dan lainnya. Untuk mendapatkan file CAD ini, pengguna juga bisa menggunakan *scanner 3D*.

2. Proses Pencetakan

Sebelum mencetak model 3D dari file *.STL, harus diproses oleh perangkat lunak yang disebut "*slicer*" yang mengubah model 3D menjadi serangkaian lapisan tipis dan menghasilkan file kode-G dari file *.STL yang berisi instruksi ke *printer*. Ada beberapa program perangkat lunak *slicer* yang *open source* yang ada termasuk *Slicer*, *KISSlicer*, dan *Cura*. *Printer 3D* mengikuti instruksi Gcode untuk meletakkan lapisan berturut-turut dari bahan cair, bubuk, atau lembaran untuk membangun model dari serangkaian penampang model. Lapisan-lapisan ini, yang sesuai dengan penampang *virtual* dari model CAD, bergabung atau menyatu untuk membuat bentuk akhir model. Keuntungan utama dari teknik ini adalah kemampuannya untuk membuat hampir semua bentuk atau model geometris. Konstruksi model dengan metode yang ada dapat berlangsung mulai dari beberapa jam hingga sehari-hari, tergantung pada metode yang digunakan dan ukuran serta kompleksitas model. Sistem *aditif* biasanya dapat mengurangi waktu ini menjadi sangat sedikit, sangat bervariasi tergantung pada jenis mesin yang digunakan dan

ukuran dan jumlah model yang diproduksi.

3. Proses *Finishing*

Di tahap akhir ini, pengguna dapat menyempurnakan bagian yang dianggap kompleks yang mungkin mengalami perbedaan ukuran (*over-sized*). Teknik yang bertujuan menyempurnakan ini juga bisa dilakukan dengan bahan yang berbeda (*multiple material*), warna berbeda (*multiple color*). Terlepas dari jenis mesin *3D Printer*, secara umum, selalu ada delapan langkah berbeda dalam urutan proses:

1. Konseptualisasi dan CAD: Desain bagian *3D* / model dengan perangkat lunak *Computer Aided Design (CAD)*.
2. Konversi ke STL: Ubah file CAD dari format perangkat lunak ke format yang lebih terbuka sebagai file STL.
3. Transfer dan manipulasi file STL pada mesin *3D Printer*: Biasanya menggunakan kartu jaringan, *USB*, atau *SD Card*
4. Pengaturan mesin: Mengkonfigurasi mesin itu sendiri.
5. Urutan Bangunan: Bangunan aktual dari objek 3D.
6. Penghapusan dan pembersihan bagian: Hapus dari mesin, bersihkan, dan hapus dukungan.
7. Bagian pasca pemrosesan: *Finishing* permukaan, pengerasan, dll.
8. Aplikasi: Penggunaan bagian

2.3 Klasifikasi 3D Printer

1. *Cartesian*

3D Printer model *cartesian* merupakan mesin *3D printer* yang paling umum di pasaran sehingga sering disebut *classic printer* (Ikhwan, 2018). Dinamakan model *Cartesian* karena *3D Printer* model ini 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.

Model *cartesian* dengan sumbu X, Y, Z dikembangkan dengan model menggunakan proses *FDM* . Teknologi *FDM* sangat ideal untuk pembuatan model fungsional, *prototipe* atau komponen dalam bahan termoplastik.

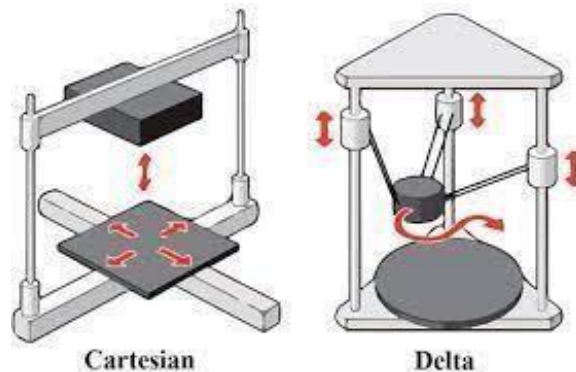
Pergerakan mesin *3D printing* terjadi karena pencetakan terjadi pada sumbu ortogonal X, Y, dan Z. Core XY adalah salah satu konfigurasi yang muncul untuk printer cartesian yang menampilkan gerakan *nozzel ekstruder* pada sumbu X dan Y dan alas konstruksi bergerak pada sumbu Z.

2. *Delta*

Karakteristik *3D printer* model *Delta* adalah kepala *printer/nozzle* (disebut *hotend*) ditopang dan digerakkan oleh tiga lengan dengan konfigurasi bentuk segitiga (Ikhwan, 2018). Tiap lengan digerakkan naik atau turun oleh satu motor. Kepala *printer delta* bergerak di sumbu X,Y, dan Z, maka *printbed* tidak perlu bergerak. Untuk bergerak dalam satu sumbu, ketiga motor harus bekerja sama. Oleh karena itu, kalibrasi *3D Printer* model *Delta* jauh lebih rumit. Karakteristik lain dari *3D Printer* model *Delta* adalah *printbed*-nya yang berbentuk lingkaran atau segi enam.

Secara umum, *3D Printer* model Delta dapat bergerak lebih cepat daripada jenis cartesian. Kelebihan lainnya adalah tentang kemudahan melihat dan mengambil hasil *printing* karena *printbed*-nya *statis*. Sementara itu, kekurangan dari *3D Printer* model *Delta* adalah tentang kalibrasi yang lebih rumit karena pergerakan tiap sumbu mempengaruhi sumbu yang lain. Bahkan ada yang mengatakan, tingkat kepresisiannya tidak sedetail *cartesian*.

Printer Cartesian dan *Delta 3D* tidak jauh berbeda. Perbedaannya hanya dimana setiap elemen dapat bergerak dalam kaitannya dengan tempat tidur cetak. Di *printer 3D Cartesian*, setiap elemen hanya dapat bergerak dalam satu arah, sedangkan di *printer Delta 3D*, *extruder* dapat bergerak ke segala arah tetapi meja cetak tidak bergerak, *type cartesian* dan *delta* dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2. 1 *3D printer* model *Cartesian* dan *delta*

3. *Polar*

Model *3D Printer* ini sebenarnya hampir mirip dengan model *Cartesian*. Hanya saja ciri utama *3D Printer* model *Polar* ini adalah menggunakan sistem koordinat *polar* pada meja kerja atau *printbed* yang bisa berputar (Ikhwan, 2018). Kelebihan *3D Printer* model *Polar* adalah hanya cukup menggunakan dua buah

motor *stepper*. Selain itu, *3D Printer* model Polar dapat memiliki volume bangun lebih besar dalam ruang yang lebih kecil, yang tidak memerlukan kerangka kerja X, Y, dan Z untuk bergerak.

4. *Scara*

Lengan robot paling umum dikenal untuk merakit komponen pada jalur produksi industri, terutama dipabrik otomotif besar. Sementara pencetakan *3D* telah mulai memasukkan lengan robot ke dalam proses produksinya, terutama terlihat dalam pencetakan *3D* rumah dan bangunan, teknologi model *scara* masih tetap dalam tahap pengembangan (Ikhwan, 2018). Meskipun bukan proses pencetakan yang umum digunakan, metode pencetakan menggunakan *3D printer* jenis ini mulai melihat peningkatan penggunaan. Ini karena prosesnya tidak terpasang pada pelat cetak, membuatnya jauh lebih *mobile*.

Selain itu, berkat fleksibilitas saat memposisikan kepala *3D printer*, model ini lebih mudah untuk membuat struktur yang kompleks. Namun perlu dicatat bahwa kualitas cetak akhir tidak sebagus *printer Cartesian* konvensional.



Gambar 2. 2 *3D printer* model polar (kiri) dan *scara* (kanan)

2.4 *Filament 3D Printer*

Filament yang menjadi bahan untuk membentuk model *3D* ternyata jenisnya

ada banyak. Saat ini jenis *filament* untuk *3D printing* ini memang didominasi oleh jenis plastik dan turunannya. *ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)*.

1. *Acetonitrile Butadiene Styrene* atau *ABS*

Salah satu bahan yang banyak digunakan untuk *filament* mesin *printer 3D* (Putra, 2018). Pemilihan bahan ini bukan tanpa alasan, pertama karena stabil dengan suhu dan paparan kimia. Selanjutnya sangat kuat dan mudah dirapikan dengan penguapan aseton.

Kekurangan dari bahan *ABS* ini adalah tidak bisa diuraikan secara alami karena merupakan plastik sintetis. Selanjutnya saat *printing* dilakukan akan ada asap berbahaya yang digunakan. *ABS* butuh suhu tinggi sehingga daya yang dipakai jugabesar.

2. *PLA (Polylactic acid)*

Bahan *PLA* termasuk yang mulai naik daun dan digunakan oleh banyak pelaku dan penggiat *3D print* (Putra, 2018). Alasan penggunaan *PLA* adalah bahan bakunya yang alami sehingga akan terurai kalau dibuang ke tanah. Secara harga produk ini cenderung murah dan membutuhkan daya rendah untuk pencairan. Karena tidak membutuhkan suhu tinggi, bantalan untuk mesin tidak diperlukan lagi. Kemungkinan membakar benda di sekitarnya juga rendah. Kekurangan dari bahan *PLA* hanyalah mudah meleleh, apalagi di suhu yang sangat tinggi. Hindari terkena sinar matahari agar bentuk model tidak berantakan.

3. *HIPS (High Impact Polystyrene)*

Sangat mirip dengan *ABS* perbedaan utama adalah bahwa *HIPS* dapat larut dalam larutan *Limonene* (Putra, 2018). Dapat juga untuk mencetak objek *3D* yang kompleks dengan kombinasi *3D filament* lain, dimana *HIPS* sebagai bahan

pendukung/support yang kemudian dapat dengan mudah dihilangkan dengan menempatkan hasil *3D Print* di Larutan *D-Limonene Oil*. Ini adalah alternatif yang fantastis untuk pembersihan bahan pendukung/support.

2.5 Rangka (*frame*)

a. Pemilihan material

Rangka pembuatan *3D printing* dibuat sesimpel mungkin dan tepat dalam penggunaannya. Material yang digunakan untuk membuat rangka *3D Printing* adalah *aluminium*. Menggunakan *aluminium* karena *aluminium* merupakan salah satu logam yang paling melimpah di Bumi ini. *Aluminium* juga menjadi elemen kimia peringkat tiga terbanyak di kerak Bumi. Produk-produk yang terbuat dari *aluminium*. Di antara logam lainnya, penggunaan aluminium menjadi peringkat dua setelah *iron*, *aluminium profile* dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 Aluminium Profile

Alumunium juga memiliki kelebihan dan kekurangan, berikut yang terlihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kekurangan Alumunium

Kelebihan	Kekurangan
Mempunyai bobot yang ringan	Mudah tergores
Kuat Tarik tinggi	Lemah terhadap benturan
Minim perawatan	Kurang fleksibel dalam hal desain
Mudah di fabrikasi	
Tahan terhadap korosi	

b. Proses pemotongan material

Suatu proses pemotongan dengan menggunakan sebuah alat potong (*Cutting Tool*) bertujuan untuk memperoleh bentuk tertentu (Endi, 2017). Adapun proses dalam pemotongan material menggunakan gerinda duduk, *head bandsaw* dan mesin bubut.

1. Gerinda duduk adalah suatu alat perkakas tangan yang digunakan untuk memotong atau mengurangi tebal dari benda kerja yang nantinya akan dikerjakan lagi (Endi, 2017). Pada proses ini gerinda duduk digunakan untuk memotong *shaft stainless steel*.



Gambar 2. 4 Gerinda duduk

2. *Head bandsaw* adalah suatu alat perkakas tangan yang digunakan untuk memotong benda kerja yang nantinya akan dikerjakan lagi (Endi, 2017). Pada proses ini *Head bandsaw* digunakan untuk memotong *aluminium profile*.



Gambar 2. 5 *Head Bandsaw*

3. Mesin Bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang diputar (Endi, 2017). Mesin Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan. Pada proses ini digunakan untuk pembuatan ulir.



Gambar 2. 6 Mesin Bubut

Pada mesin bubut memerlukan *cutting speed* yang berbeda sesuai dengan material yang akan dibubut, seperti yang terlihat pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Cutting Speed

Material	Teg. Tarik (kg/mm ²)	CS (m/mnt)	Material	Teg. Tarik (kg/mm ²)	CS (m/mnt)
Plain carbon steel			Spring Steel (JIS Grade)		
ST37 / MS	37	32	SUP4, 6, 7, 9, 10, 11	125	13
1080 / S30C	48	32	SUS 302, 304, 316 WPA	170	5
1035 / S35C	52	25	SUS 302,304, WPB	210	5
1040 / S40C	55	25	SUS 631J1 WPC	200	5
1045 / S45C / EMS45 / 1730	58	25	Stainless Steel		
1050 / S50C / ST60	62	25	304, 304L, 316, 316L	70	18
1055 / S55C	66	25	410, 416	77	18
Alloy Steel (JIS Grade)			420, 420F	84	18
SNC2, 3, 21	95	18	440C, 440F	91	18
SNC22	100	13	Copper		
SNCM1, 2, 22	90	18	Lead Bronze		
SNCM7, 8, 23, 25	100	13	50-70		
SCr3, 4, 21, 22	90	18	Phospor Bronze		
SCr5	100	13	40-50		
SCM2, 3, 21, 22	90	18	Pure Aluminum		
SCM4, 5, 23	100	13	200-300		
Tool Steel (AISI Grade)			Aluminum Alloy		
W Series	70	18	70-120		
O Series	135	13	Cast Iron		
D Series	140	13	GG20		
A Series	140	13	GG25		
H Series	140	13	GG30,35,40		
L Series	100	13	GG45,50		
P Series	100	13	GG55,60		
S Series	130	13			
HSS T Series	150	13			
HSS M Series	140	13			

Sumber : Ayip, 2016

1. Kecepatan pemotongan

Dihitung dari putaran per menit terhadap diameter benda kerjanya, sering juga disebut dengan kecepatan pada permukaan (Ayip, 2016)

$$Cs = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

n = Putaran benda kerja (rpm)

$\pi = 3,14$ (22/7)

D = Diameter benda kerja (mm)

Cs = Kecepatan pemotongan (m/menit)

2. Kecepatan putaran benda kerja (RPM)

Dihitung dari jumlah putaran setiap menitnya, konstanta 1000 adalah perubahan dari mm ke meter. (Ayip,2016)

$$n = \frac{Cs.1000}{\pi.D} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan ;

n = Putaran benda kerja (rpm)

$\pi = 3,14 (22/7)$

D = Diameter benda kerja (mm)

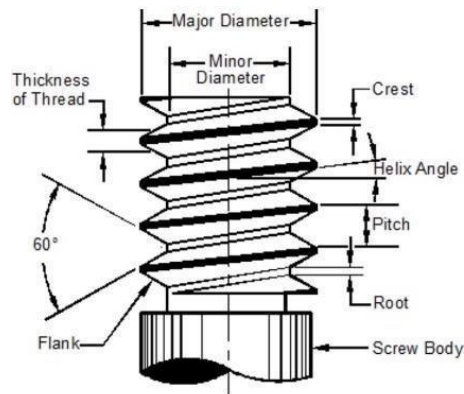
Cs = Kecepatan pemotongan (m/menit)

Pada pembuatan ulir di mesin bubut memerlukan kisar ulir yang berbeda, yang terdapat pada tabel 2.3

Tabel 2. 3 Kisar Ulir

Thread designation	Pitch P	Bolt		Nut	
		Nominal diameter D1	Thread hightH1	Core diameterD2	Thread height H2
M3	0.5	3.00	0.337	2.459	0.285
M3,5	0.6	3.50	0.416	2.850	0.355
M4	0.7	4.00	0.490	3.242	0.414
M4,5	0.75	4.50	0.529	3.688	0.448
M5	0.8	5.00	0.551	4.134	0.479
M6	1.0	6.00	0.717	4.917	0.609
M8	1.25	8.00	0.907	6.647	0.771
M10	1.5	10.00	1.100	8.376	0.934
M12	1.75	12.00	1.285	10.106	1.098
M14	2.0			11.835	1.257
M16	2.0			13.835	1.257

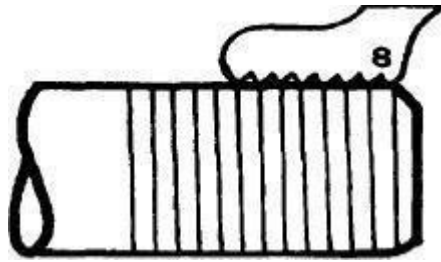
Sumber : Dwi, 2010



Gambar 2. 7 Bagian-bagian ulir (Dwi, 2010)

Proses bubut ulir dilakukan dengan cara :

1. Memajukan pahat pada diameter luar ulir
2. *Setting* ukuran pada eretan atas menjadi 0 mm
3. Tarik pahat keluar benda kerja sehingga pahat diluar benda kerja dengan jarak bebas sekitar 10 mm
4. Atur handel kisaran menurut tabel kisar yang ada di mesin bubut, geser handel gerakan eretan bawah untuk pembuatan ulir
5. Masukkan pahat dengan kedalaman potong sekitar 0,1 mm
6. Jalankan mesin sampai panjang ulir yang dibuat terdapat goresan pahat, kemudian hentikan mesin dan tarik pahat keluar
7. Periksa kisar ulir yang dibuat (gambar 2.7) dengan menggunakan kaliber ulir (*screw pitch gage*). Apabila sudah sesuai maka proses pembuatan ulir dilanjutkan. Kalau kisar belum sesuai periksa posisi handel pilihan kisar pada mesin bubut, pengecekan kisar ulir dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2. 8 Pengecekan Kisar Ulir (Dwi, 2010)

8. Gerakkan pahat mundur dengan cara memutar spindle arah kebalikan, hentikan setelah posisi pahat di depan benda kerja (gerakan seperti gerakan pahat untuk membuat poros lurus)
9. Majukan pahatan untuk kedalaman potong berikutnya dengan memajukan eretan atas.
10. Langkah dilanjutkan seperti nomer 7 sampai kedalaman ulir maksimal tercapai
11. Pada kedalaman ulir maksimal proses penyayatan perlu dilakukan berulang-ulang agar beram yang tersisa terpotong semua
12. Setelah selesai proses pembuatan ulir, hasil yang diperoleh dicek ukurannya (diameter mayor, kisar, diameter minor, sudut).
13. Langkah dilanjutkan seperti nomer 7 sampai kedalaman ulir maksimal tercapai
14. Pada kedalaman ulir maksimal proses penyayatan perlu dilakukan berulang-ulang agar beram yang tersisa terpotong semua
15. Setelah selesai proses pembuatan ulir, hasil yang diperoleh dicek ukurannya (diameter mayor, kisar, diameter minor, sudut).

1. *Frame*

Frame dari *3D printing* digunakan untuk kerangka meja mesin *plasma cutting* dan berfungsi sebagai tempat komponen-komponen *3D printing* tersebut, *Frame* dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2. 9 *Frame* (Endi, 2017)

2. *Printed Part*

Pada *3D printing*, *Printed Part* digunakan sebagai penghubung kerangka atau *frame* dan komponen pada *3D printing*, *printed part* dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2. 10 Printed Part (Moh Dahlan,2017)

3. *Corner Gusset*

Pada *3D printing*, *Corner Gusset* digunakan sebagai penguat *frame* yang diletakkan pada sudut frame atau kerangka bertujuan untuk memperkuat dan meredam getaran pada saat proses pembuatan produk *3D printing* berlangsung, *corner gusset* dapat dilihat pada gambar 2.11



Gambar 2. 11 Corner Gusset (Endi,2017)

4. Shaft Stainless Steel

Shaft Stainless Steel pada 3D printing digunakan sebagai poros yang berfungsi untuk jalur penggerak extruder ke arah X dan Y, Shaft Stainless Steel dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2. 12 *Shaft Stainless Steel (Endi,2017)*

5. Linear Bearing

Linear Bearing pada 3D printing digunakan sebagai elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif yang dihubungkan antara Shaft Stainless Steel dengan Printed Part agar dapat bergerak sesuai arah yang sudah di atur, linear bearing dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2. 13 *Linear Bearing (Endi,2017)*

6. *Bearing*

Bearing adalah bantalan yang digunakan untuk menyangga dari *screw* dan mengurangi gaya gesek yang terjadi, *bearing* dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2. 14 *Bearing* (Endi,2017)

7. *Timing Pulley*

Timing Pulley adalah suatu alat mekanis yang digunakan *3D printing* untuk mendistribusikan daya dari motor *stepper* ke *timing belt* (sebagai pendukung dari *timing belt*), *timing pulley* dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2. 15 *Timing Pulley* (Endi,2017)

8. *Timing Belt*

Timing belt adalah sabuk karet yang kuat dan bergigi, pada *3D printing* digunakan sebagai pengantar daya dari *timing pulley* ke *extruder*, *timing belt* dapat dilihat pada gambar 2.16



Gambar 2. 16 *Timing Belt* (Endi,2017)

9. *Extruder*

Extruder adalah alat untuk menekan keluar bahan padat sampai lembek melewati lubang dengan bentuk tertentu, pada *3D printing extruder* digunakan sebagai penggerak *filament* saat proses ekstrusi, *Extruder* dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2. 17 *Extruder* (Endi,2017)

10. *Motor Stepper*

Motor stepper pada *3D printing* digunakan sebagai daya penggerak dan dilanjutkan ke *timing pulley*. *Motor stepper* bertanggung jawab untuk memutar katrol dan *leadscrew*. Mereka tidak seperti motor DC karena mereka berputar secara bertahap, yang berarti mereka memiliki kontrol rotasi yang tepat. Varietas yang paling populer digunakan dalam *printer 3D* adalah nema 14, nema 17, nema 23, dan nema 24, motor *stepper* dapat dilihat pada gambar 2.18



Gambar 2. 18 *Motor Stepper (Endi,2017)*

11. *Lead Screw dan Nut*

Lead screw pada *3D printing* digunakan sebagai penggerak untuk menggerakkan sumbu X dan Y. *Nut* berfungsi untuk mengubah gerak rotasi menjadi gerak *linear*, *lead screw* dan *nut* dapat dilihat pada gambar 2.19



Gambar 2. 19 *Lead Screw dan Nut (Endi,2017)*

12. *Flexible Coupling*

Flexible coupling adalah alat yang digunakan untuk menghubungkan ujung poros motor dengan *screw* yang bertujuan untuk mentransmisikan daya mekanis, *flexible coupling* dapat dilihat pada gambar 2.20



Gambar 2. 20 *Flexible Coupling* (Endi,2017)

13. *Heat Bed*

Heat bed adalah *sparepart* atau modul tambahan untuk *3D printing* yang membuat proses pendinginan bahan cetak *3D* lebih terkontrol, untuk hasil yang lebih baik. Modul ini berbentuk meja yang dapat dipanaskan hingga suhu 150°C . *Heat Bed* pada *3D printing* digunakan karena secara dramatis meningkatkan kualitas cetak dengan menjaga plastik yang diekstrusi menjadi hangat dan dengan demikian mencegah lengkungan, *heatbed* dapat dilihat pada gambar 2.21



Gambar 2. 21 *Heat Bed* (Moh. Dahlan, 2017)

PEI, atau *polyetherimide*, adalah termoplastik yang menyediakan solusi adhesi permukaan pelat yang baik untuk berbagai bahan cetak, termasuk *PLA*, *ABS*, *Nylon* dan lainnya. Ini sangat tahan panas, berkinerja baik di suhu hingga 170C. Ini juga dapat digunakan kembali, relatif murah dan hampir tidak memerlukan pemeliharaan di antara pekerjaan cetak, selain membersihkan dengan isopropil alkohol dan larutan air.

Anda ingin menggunakan selebar PEI dengan ketebalan antara 0,5mm dan 1,0mm (sekitar 0,03 ") dan sekitar ukuran tempat tidur Anda. Ukuran umum adalah 200mm x 200mm hingga 300 x 300mm (12 "x 12"). Lembaran yang lebih tebal hanya akan lebih sulit untuk diterapkan pada permukaan bangunan Anda, membutuhkan lebih banyak panas, dan karena biaya bahan baku - lebih mahal.

14. Mur dan baut

Sistem sambungan dengan menggunakan mur dan baut ini, termasuk sambungan yang dapat dibuka tanpa merusak bagian yang disambung serta alat penyambung ini sendiri. Pada *3D printing* mur dan baut digunakan sebagai penghubung *printed part* dan *corner gusset*, mur dan baut dapat dilihat pada gambar 2.22



Gambar 2.22 Mur Baut (Endi, 2017)

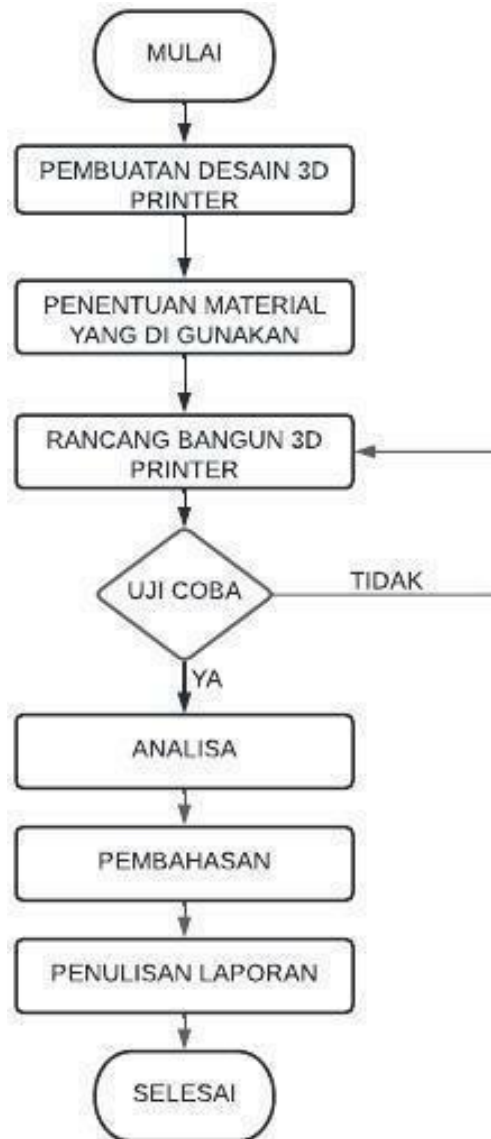
BAB III

METODOLOGI PROYEK AKHIR

3.1 Diagram Alir

Diagram alir pada Gambar 3.1 mendeskripsikan urutan proses penelitian. Tahap pertama dimulai dari pembuatan desain *3D Printer* yang dilakukan secara terencana sebagai pondasi awal penelitian. Setelah itu, mulai dilakukan penentuan material yang digunakan meliputi alat dan bahan. Semua komponen kemudian di *finishing* terlebih dahulu sebelum dilakukan penggabungan atau *assembly* secara keseluruhan.

Tahap akhir yaitu melakukan pengujian kinerja untuk melihat performa dari alat tersebut. Dari hasil pengujian didapatkan beberapakekurangan yang kemudian langsung diperbaiki. Pada bagian akhir, jika *3D Printer* sudah dapat digunakan dengan baik maka pengujian dilanjutkan dengan menganalisa serta membuat pembahasan dari hasil *3D Printer* tersebut. Secara lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.1. Diagram alir penelitian sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat sangat berguna dalam suatu proses pembuatan produk. Dalam hal ini, penggunaan alat untuk pembuatan *3D Printer* sangat diperlukan guna menunjang serta mempermudah proses pembuatan *3D printer*. Berikut adalah alat yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Laptop *ASUS A456UR 2017* dengan software *Autocad 2013* dan *Microsoft Word 2013*.

2. Penggaris.
3. *Tool set* obeng (+) dan (-).
4. Bor.
5. Tang.
6. Pemotong material (gerinda duduk, *head bendsaw*, mesin bubut).
7. *Software 3D Printer* yaitu *Cura*

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan termasuk dalam komponen penting dalam sebuah produk. Bahan perlu dipikirkan secara matang dalam pemilihan material yang digunakan. Pemilihan material juga harus berdasarkan efisiensi dan kekuatan. Pada *3D printer*, pemilihan material ditujukan untuk pemilihan bahan rangka yang merupakan komponen utama *3D printer*. Material yang digunakan pada rangka *3D printer* ini adalah *aluminium*. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. *Aluminium*.
2. *Bearing SC8UU*
3. *V-Slot wheel*
4. *Rail support SK8*
5. *Stepper nema17*
6. *Timing Belt holder*
7. *Belt gt2*
8. *Timing Pulley GT2*
9. *Pulley idler GT2*
10. *Tension sprint GT2*

11. *Lead screw*
12. *Ball bearing F688zz*
13. *MK2A aluminium heatedbed*
14. *Carriage bed*
15. *Power supply*
16. *E3D MK8 Extruder*
17. *External power mosfet*
18. *Arduino mega 2560*
19. *Ramps 1.4*
20. *Driver Stepper A4988*
21. *LCD ramps full graphic*
22. *Thermistor bed*
23. *End stop*
24. *DC cooling fan 24volt*
25. *Kabel stepper*
26. *DC fan blower 24 volt*
27. *Filament PLA*

3.3 Perancangan Penelitian

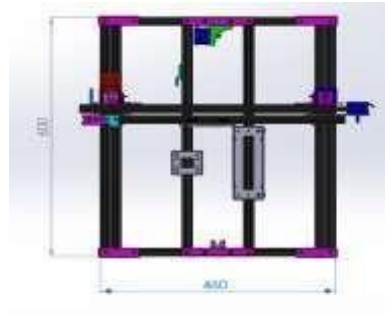
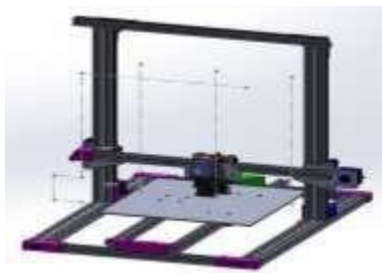
Perancangan *3D Printer* menghasilkan komponen utama rangka mesin *3D Printer* yang terdiri dari komponen mekanis dan komponen elektrik. Sebelum menguraikan komponen, desain area kerja pada mesin ditentukan terlebih dahulu. Luas area kerja yang digunakan adalah 30 cm x 30 cm x 35 cm . Sehingga dari rencana area kerja tersebut bisa ditentukan komponen mekanis, komponen rangka

utama dan pelengkap lainnya. Rangka utama dibagi menjadi 3 bagian yakni *base*, *gantry* dan *guide* rel untuk *heat bed*. Secara lebih khusus, penelitian ini menghasilkan spesifikasi *3D Printer* disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Mesin 3D Printer

<u>No</u>	<u>Jenis</u>	<u>Spesifikasi</u>
1	<i>Printing Type</i>	Cartesian
2	Rangka	Alumunium Profil VSlot 2020 Alumunium Profil VSlot 2040
3	Rail Utama	V Wheel Derlin typeB dan C
4	Heat Bed	30 cm x 30 cm
5	Power supply	360 Watt & 115V/230v
6	Rangka	60 cm x 46 cm x 52cm
7	Lead Trapezoidal Screw	8 mm - 2 mmPitch 4start
8	Belt	GT2 6 mm – 2 mmPitch
9	Pulley	16 Teeth GT2
10	Motor Stepper	Nema 17
11	Limit Switch	X min – Y min – Zmax
12	Automatic BedLeveling	Proximity sensor
13	<i>Screen</i>	LCD12864
14	<i>Filament Printer</i>	PLA
15	Kemampuan Printing	30 cm x 30 cm x 35 cm
16	Daya	360 Watt
17	Berat	10 kg

Setelah mendapatkan spesifikasi *3D Printer*, Langkah selanjutnya adalah merancang bentuk rangka dan sistem geraknya melalui aplikasi *Computer Aided Design (CAD)*. Hasil design perancangan ditampilkan pada Gambar3.2.



Gambar 3. 2 Desain Rangka Mesin 3D Printer Menggunakan *Software Autocad 2013*

Secara terperinci rangka mesin *3D Printer* terdiri dari rangka bawah, rangka atas dan rangka utama. Rincian komponen dijabarkan sebagai berikut.

1. Rangka bawah

- Batang *aluminium profile* 20 x 20 x 360 mm = 4 buah
- *Corner fitting* = 4 buah
- Ring plat M3 = 12 buah
- Motor *Stepper* nema 17 = 1 buah
- *Pulley* GT2 = 1 buah
- Baut M5 x 0,8 2 LH L:10 mm = 8 buah
- Ring plat = 8 buah
- Ring per = 8 buah
- *Hammer nut* = 8 buah
- *Printed Part Axis Y* = 1 buah
- Mur atau *Nut* M3 = 1 buah
- Baut + M5 x 0,8 2 LH L:10 mm = 4 buah
- *Hammer nut* = 4buah
- *Printed part Bracket Motor Stepper Y* = 1 buah

- Baut + M3 x 0,5 2 LH L:10 mm = 4 buah
- 2. Rangka atas
- Batang *aluminium profil* 20 x 20 x 360 = 1 buah
- Batang *aluminium profil* 20 x 20 x 320 = 2 buah
- *Corner fitting* = 2 buah
- Baut + M3 x 0,5 2 LH L: 20 = 3 buah
- Mur atau *nut* M5 = 1 buah
- *Linear bearing* LM 8 UU = 2 buah
- *Linear bearing* LM 8 UU long = 1 buah
- *Shaft* diameter 8 mm x 360 mm = 2 buah
- *Timing belt* GT2 = potong secukupnya
- *Pulley timing belt* GT2 = 1 buah
- *Linear bearing* LM 8 UU = 2 buah
- Mur atau *nut* M4 = 1 buah
- Ring plat M4 = 6 buah
- Baut + M4 x 0,7 2 LH L: 20 mm = 1 buah
- *Linear bearing* LM 8 UU = 2 buah
- *Bearing* 624ZZ = 1 buah
- *Printed Part extruder carriage* = 1 buah
- Kabel ties = 6 buah
- *Printed Part Bracket Axis X2* = 1 buah
- *Printed part belt idler axis X* = 1 buah
- Baut + M3 x 0,5 2 LH L:25 mm = 2 buah

- Mur atau *nut* M5 = 1 buah
- Mur atau *nut* M3 = 2 buah
- Baut + M5 x 0,8 2 LH L:10 mm = 4 buah
- Ring plat M5 = 4 buah
- *Hammer nut* = 4 buah
- *Printed Part Bracket Axis X1* = 1 buah
- Motor *Stepper nema 17* = 1 buah

3. Rangka utama

- Baut + M3 x 0,5 2 LH L: 20 mm = 2 buah
- Mur atau *nut* M3 = 1 buah
- *Bearing 624ZZ* = 1 buah
- *Linear bearing LM 8 UU* = 4 buah
- *Shaft guide* rel dia 8 x 390 mm = 2 buah
- *Timing belt GT 2* = potong secukupnya
- *Printed part idler belt* (pengatur kekencangan belt) = 1 buah
- Ring plat M3 = 7 buah

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini bertujuan merancang mesin *3D Printer* serta mengetahui kualitas hasil cetak produk. Teknik pengumpulan yang digunakan yaitu dengan teknik dokumentasi dan observasi. Jenis sumber data primer dikumpulkan pada saat pengujian mesin *3D Printer* dilakukan. Pengujian kinerja alat dilakukan di Laboratorium produksi D4 Rekayasa Perancangan Mekanik Universitas Diponegoro Jawa Tengah, Jalan Hayam Wuruk, No.3-4, Peleburan, Semarang. Secara lebih jelas tahapan pengujian dijelaskan sebagai berikut:

1. Merancang desain *3D Printer* menggunakan *software Autodesk*
2. Menyiapkan komponen dan jenis bahan sesuai desain yang telah dibuat merakit komponen hingga menjadi mesin *3D Printer*
3. Pengujian mesin *3D Printer* diuji dengan menggunakan bahan *PLA*
4. Pengujian dilakukan dengan membandingkan parameter kesesuaian hasil cetak mesin *3D Printer*
5. Menganalisis hasil cetak

BAB IV ANALISA & HASIL PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan 3D Printer

Proses perancangan *3D printer* terdiri dari tiga langkah. Langkah pertama yaitu menggambar area kerja atau meja kerja dengan ukuran 30 cm x 30 cm. Kemudian membuat rangka *base* dengan panjang minimal dua kali dari panjang area kerja atau meja kerja. Hal tersebut perlu dilakukan agar mencukupi *travel* gerak meja kerja pada saat digunakan. Proses pembuatan rangka *3D printer* dilakukan secara berurutan yakni mulai dari rangka *base* untuk rel *axis Y*, lalu rangka *gantry* yang akan digunakan sebagai rel *axis Z* dan terakhir rel untuk *axis Y* serta batang rel untuk *axis Z*. Selain itu, rangka bawah atau base berukuran 60 cm x 46 cm menggunakan *aluminium profil* 2040 dan 2020. Baut M5 dan *corner join* digunakan sebagai penghubung tiap rangka.



Gambar 4. 1 Hasil pembuatan mesin 3D printer

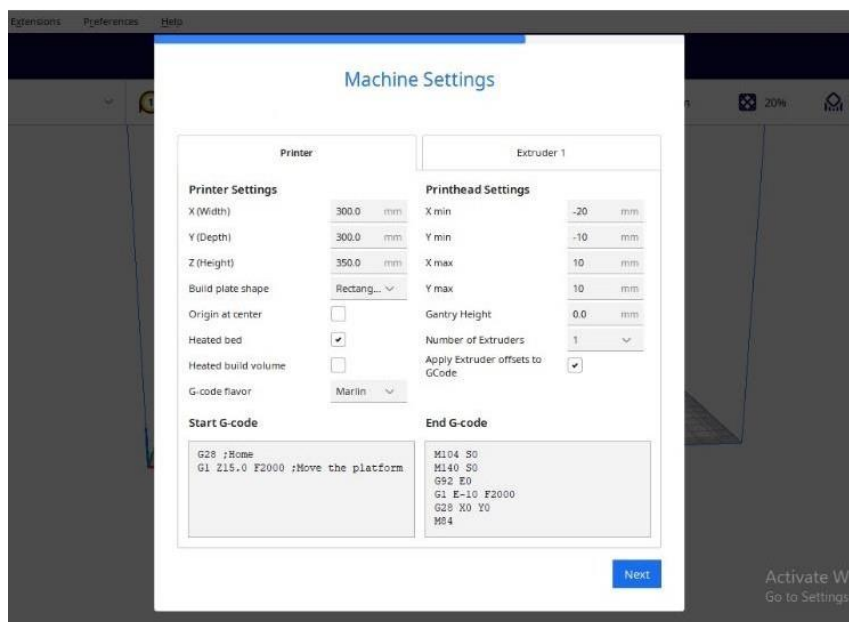
Pada Gambar 4.1 di atas merupakan hasil akhir perakitan akhir mesin *3D printer* model *cartesian*. Setelah melalui proses desain kemudian mengumpulkan komponen yang dibutuhkan pada desain tersebut dan dilanjutkan proses perakitan. Proses perakitan komponen dilakukan secara bertahap mulai dari pemasangan komponen rangka, pemasangan komponen mekanis dan komponen pendukung lainnya. Sehingga hasil *assembly* ini dapat dilakukan pengujian pada mesin *3D printer*.

4.2 Pengujian 3D Printer

Pengujian *3D printer* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Cura Software* ini dapat digunakan sebagai simulasi model *3D printer* yang dibuat. Keuntungan penggunaan *software* ini adalah pengguna memiliki kemudahan dalam mengontrol parameter dari keseluruhan proses manufaktur dan fabrikasi. *Software* ini memberikan rekomendasi apakah cukupkah ruang untuk dilakukan proses *printing* atau tidak. Penggunaan aplikasi *Cura* mudah dimengerti dan banyak sumber tutorial yang dapat diakses. Tahapan penggunaan *software Cura* ini dimulai dari proses penginstallan *software*, konfigurasi *software*, dan manipulasi objek *3D*. Sebelum proses penginstallan *software* ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi agar *Cura* dapat dipasang pada laptop. Pertama, pada *operating system* dibutuhkan minimal *Windows 7 64-bit*. Kedua, untuk *graphic card* minimal *Open GL 2*, serta untuk *3D layer view* minimal *Open GL 4.1* agar dapat memproses proses *rendering* objek *3D*. Ketiga, *memory* penyimpanan *RAM* pada Laptop minimal 4 GB. Jika beberapa kriteria sudah terpenuhi maka proses penginstallan dapat dilakukan.

Jika sudah dilakukan proses penginstallan, maka langkah berikutnya yaitu

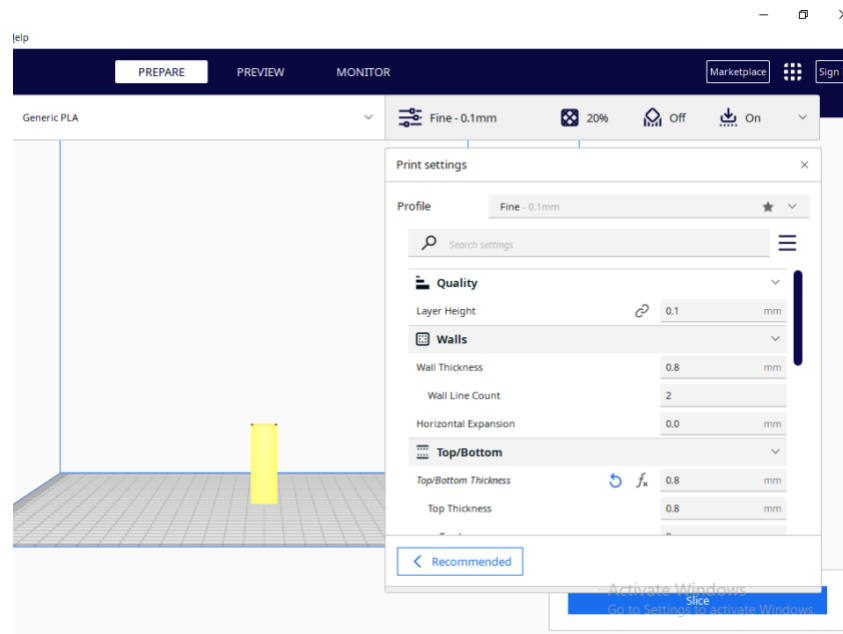
melakukan konfigurasi *software* terhadap printer. Konfigurasi *software* dilakukan untuk menyambungkan *software* dengan *printer*. Proses konfigurasi dimulai dengan mengkonesikan laptop dengan *micro SD* yang terdapat pada *printer*. Selanjutnya, konfigurasi *printer* bisa dilakukan kesesuaian dengan *3D printer* yang digunakan. Beberapa konfigurasi yang bisa dilakukan yaitu mengatur *ekstruder*, kecepatan *fan*, mengatur suhu maksimal *nozzle*, suhu *bed*, dan diameter *filament*. Pada penelitian ini diameter *ektruder* 0,4 mm, kecepatan fan 50 mm/s, maksimal suhu *nozzle* 210°C, maksimal suhu *bed* 60°C serta diameter *filamen* 1,75 mm. Selain itu, konfigurasi *printer* lainnya yaitu mengatur posisi *home* X, Y dan Z , mengatur gerakan minimal dan maksimal tiap *axis*, serta mengatur area cetak pada *3D printer*. Pengaturan *3D printer* pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 Pengaturan 3D Printer Pada Software Cura

Proses yang terakhir yaitu memanipulasi objek. Pada konfigurasi *software* dapat dilakukan masuk ke menu *Object Placement* yang akan dicetak. Objek yang akan dicetak dapat dimasukkan, setelah itu, pengaturan objek *3D* dapat dilakukan

seperti merubah skala, rotasi, *mirror* dan lain sebagainya. Padatahapan ini juga bisa dilakukan pengaturan kualitas dan ketebalan pada objek. Pengaturan manipulasi objek pada gambar 4.3



Gambar 4. 3 Pengaturan Manipulasi Objek

4.3 Analisa Perhitungan Daya Pada 3D Printer

Analisa Perhitungan Daya Pada 3D Printer

Mencari nilai daya menggunakan rumus:

$$P = V \times I$$

Keterangan :

P = Daya (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

4.3.1 Daya Motor Stepper

Diketahui motor sebagai penggerak 3D printer adalah motor stepper nema 17 yang memiliki spesifikasi tegangan sebesar 12 volt dan arus sebesar 2,5 ampere.

$$V = 12 \text{ volt}$$

$$I = 2,5 \text{ ampere}$$

Daya pada motor stepper (P):

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \times 2,5$$

$$P = 30 \text{ watt}$$

4.3.2 Daya Heat Bed

Diketahui *heat bed* pada *3D Printer* ini memiliki luas 30 cm x 30 cm, serta memiliki spesifikasi tegangan sebesar 12 *volt* dan arus sebesar

$$V = 12 \text{ volt}$$

$$I = 8 \text{ ampere}$$

Daya pada *heat bed* (P):

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \times 8$$

$$P = 96 \text{ watt}$$

4.3.3 Daya Screen

Diketahui *screen* yang digunakan pada *3D Printer* ini adalah *LCD 12864* yang memiliki spesifikasi tegangan sebesar 12 *volt* dan arus sebesar:

$$V = 12 \text{ volt}$$

$$I = 2 \text{ ampere}$$

Daya pada *Screen* (P):

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \times 2$$

$$P = 24 \text{ watt}$$

4.3.4 Daya Extruder

Diketahui *extruder* yang digunakan pada *3D Printer* ini memiliki spesifikasi tegangan sebesar 12 *volt* dan arus sebesar:

$$V = 12 \text{ volt}$$

$$I = 3,5 \text{ ampere}$$

Daya pada *extruder* (P):

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \times 3,5$$

$$P = 42 \text{ watt}$$

4.3.2 Analisa Hasil Cetak 3D Printer

Pada pengujian *3D printer* dilakukan percobaan membuat sebuah produk. Produk tersebut berupa bangun ruang yang kita desain di *autocad* dan kita cetak melalui *3D printer*. Gambar 4.4 merupakan hasil cetak dari pengujian *3D printer* yang telah dilakukan.



Gambar 4. 4 Hasil Cetak Dari Pengujian *3D Printer*

Hasil pengujian *3D printer* yang dilakukan ternyata membuktikan terdapat

masalah pada hasil cetak. Hasil cetak pada *3D printer* terdapat *stringing*. *Stringing* adalah keadaan dimana ketika printing dilakukan, timbul adanya sisa plastik yang keluar dari *nozzle* ketika perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lain. Munculnya benang plastik yang tipis yang seharusnya tidak dicetak oleh *print head* harusnya hanya melintas dari satu area ke area yang lain.

Hasil analisa membuktikan bahwa adanya *stringing* karena pengaturan *retraksi* dan temperatur yang terlalu tinggi. Temperatur yang tinggi menyebabkan *filament* akan menjadi terlalu cair dan akan terlalu mudah keluar dari *nozzle*. Hal ini dapat menyebabkan terdapat benang - benang plastik pada hasil cetak *3D*. Oleh karena itu jika suhunya terlalu tinggi, maka *filament* di dalam *nozzle* akan menjadi cair dan akan keluar lebih mudah dari *nozzle*. Namun, jika suhu terlalu rendah, plastik lebih padat dan akan susah keluar dari *nozzle*.

Selain itu, menyesuaikan pengaturan *retraksi* pada *printer* juga dapat mempengaruhi hasil *stringing* pada hasil cetak *3D printer*. Jarak *retraksi* sangat menentukan banyaknya *filament* yang ditarik keluar dari *nozzle*. Sehingga, semakin banyak *filament* yang ditarik dari *nozzle*, semakin kecil kemungkinan *nozzle* mengalir saat bergerak. Sebagian besar pengestrusi penggerak langsung hanya memerlukan jarak *retraksi* sekitar 0,5-2,0 mm, sementara beberapa pengestrusi memerlukan jarak *retraksi* setinggi 15 mm karena jarak yang lebih jauh antara gigi penggerak pengestrusi dengan *nozzle* yang dipanaskan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dari rancang bangun 3d printer, dapat di simpulkan bahwa:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada proses perancangan *3D printer* didapatkan hasil berupa area kerja 30 cm x 30 cm x 35 cm yang terbagi atas rangka bawah, rangka atas, serta rangka utama, Sehingga dari rencana area kerja tersebut bisa ditentukan komponen mekanis, komponen rangka utama dan pelengkap lainnya.
2. Cara pembuatan 3d printer yaitu Merancang desain *3D Printer* terlebih dahulu menggunakan *software Autocad*, Menyiapkan komponen dan jenis bahan sesuai desain yang telah buat, merakit komponen hingga menjadi mesin *3D Printer*, Pengujian mesin *3D Printer* diuji dengan menggunakan bahan *PLA*, Pengujian dilakukan dengan membandingkan parameter kesesuaian hasil cetak mesin *3D Printer* dan Menganalisis hasil cetak *3D Printer*.
3. Pengujian *3D printer* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Cura*. Penggunaan aplikasi *Cura* mudah dimengerti dan banyak sumber tutorial yang dapat diakses. Hasil pengujian *3D printer* yang dilakukan ternyata membuktikan terdapat masalah pada hasil cetak terdapat *stringing*. *Stringing* adalah keadaan dimana ketika printing dilakukan, timbul adanya sisa plastik yang keluar dari *nozzle* ketika perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lain. Munculnya benang plastik yang tipis yang seharusnya tidak dicetak oleh *print head* harusnya hanya melintas dari satu area ke area yang lain. Oleh karena itu

harus menyesuaikan suhu temperature pada nozzle agar tidak terjadi Stringing pada hasil cetak 3D Printer.

5.2 Saran

1. Pada proses perancangan, untuk rangka diusahakan memilih material yang kuat dan kokoh agar dapat menahan beban secara kuat.
2. Instalasi filamen ke dalam extruder yang tidak mudah, diperlukan ketelitian saat instalasi.
3. Sebelum mencetak, sesuaikan suhu pada nozzle dan bed di suhu yang di rekomendasikan dari filamen supaya tidak terjadi kegagalan pada proses percetakan.
4. Melakukan pengaturan retraksi secara optimal agar menghindari stringing pada hasil cetak.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Elkaseer, S. Schneider, and G. Scholz, 2020, *Applied sciences experiment-based process modeling and optimization for high-quality and resource-Efficient*, Appl. Sci..
- Agarwala, Mukesh K. 1996, *Structural quality of parts processed by fused deposition*, Rapid Prototyping Journal, Emerald Insight, University of Dayton, Ohio, USA
- Amri. A.A.N, dan Sumbodo. W, 2018, *Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor*, Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin. 3(2), 110-115.
- Dede Sumantri, 2012, *Peningkatan Kinerja Mesin Rapid Prototyping Berbasis Fused Deposition Modelling*, Universitas Indonesia
- Excell, Jon, 2013, *The rise of additive manufacturing*. The Engineer.
- Jacobs, Paul Francis, 1992, *Rapid Prototyping & Manufacturing: Fundamentals of Stereolithography*. Society of Manufacturing Engineers.
- Joan Horvath, 2014, *Mastering 3D Printing Modeling, Printing, and Prototyping with Reprap-Style 3D Printer*, Pasadena, California, USA.
- Masood, S.H., 2014, *Advances in Fused Deposition Modeling. Comprehensive Materials Processing*.
- Muliyawan, M.D., Pramono, G.E., dan Sumadi, 2017, *Rancang Bangun Konstruksi Rangka Mesin 3D Printer Tipe Cartesian Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM)*. Jurnal Teknik Mesin (JTM). 6(4), 252-257
- N. Li, Y. Li, dan S. Liu, 2016, *Rapid prototyping of continuous carbon fiber*

- reinforced polylactic acid composites by 3D printing*, J. Mater. Process. Technol., vol. 238.
- Rahim, T. N. A. T., Abdullah, A. M., dan Md Akil, H, 2019, *Recent Developments in Fused Deposition Modeling-Based 3D Printing of Polymers and Their Composites*. *Polymer Reviews*, 1–36.
- R. Melnikova, A. Ehrmann, dan K. Finsterbusch, 2014, *3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer materials*, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 62, no. 1, doi: 10.1088/1757-899X/62/1/012018.
- Setiawan, A. 2017. *Pengaruh Parameter Proses Ekstrusi 3D Printer Terhadap Sifat Mekanis Cetak Komponen Berbahan Filament Pla (Poly Lactide Acid)*. *Jurnal Teknik STTKD*. 4(2), 20-27.
- Setyoadi, Y., Carsoni, Amiruddin, M., dan Harjanto, I. 2015. *Perancangan dan Manufaktur Printer 3 Dimensi Tipe Fused Deposition Modeling (FDM)*, Proceeding, Semarang: Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNHP-V), ISBN:978- 602-0960-29-6, pp.547- 551.
- Taufik,I., 2018, *Model-model 3D Printer*, <https://3dprinting.ft.ugm.ac.id/2018/10/09/model-model-3d-printer>, diakses pada 5 Juli 2022

LAMPIRAN



