

**RANCANG BANGUN 3D PRINTER FDM MODEL
CARTESIAN BERBASIS ARDUINO**

SKRIPSI

SAEPUL IHSAN
20190110019



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
SUKABUMI
JULI 2023**

RANCANG BANGUN 3D PRINTER FDM MODEL CARTESIAN BERBASIS ARDUINO

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Mesin*

SAEPUL IHSAN
20190110019



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER DAN DESAIN
SUKABUMI
JULI 2023**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : RANCANG BANGUN 3D PRINTER FDM MODEL CARTESIAN
BERBASIS ARDUINO

NAMA : SAEPUL IHSAN

NIM : 20190110019

“Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya dan pembimbing saya kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti- bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik Mesin, saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.

Sukabumi, 13 Juli 2023



SAEPUL IHSAN

Penulis

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : RANCANG BANGUN 3D PRINTER FDM MODEL CARTESIAN
BERBASIS ARDUINO

NAMA : SAEPUL IHSAN

NIM : 20190110019

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal 13 Juli 2023 Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik Mesin.

Sukabumi, 13 Juli 2023

Dosen Pembimbing



Dani Mardiyana, S.Pd., M.T.
NIDN. 0429038703

Penguji I



Fabrobi Fazlur Ridha B.Eng., MT.
NIDN. 0406029002

Penguji II



Zaid Sulaiman, M.T.
NIDN. 0410109701

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Lazuardi Akmal Islami, M.Si.
NIDN. 0415039402

Dekan Fakultas *Engineering, Computer
and Design* (FECD)

Ir. Paikun, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIDN. 0402037401

Skripsi ini ku persembahkan untuk orang tua saya, dosen saya, dan guru-guru saya.



ABSTRAK

Pembuatan prototipe secara manual menelan banyak waktu, bahan baku, dan tidak akurat. Solusi pembuatan prototipe agar cepat dan detail adalah 3D printer. Penelitian tentang 3D printer oleh peneliti sebelumnya masih terdapat kekurangan mengenai akurasi dimensi produk, serta terjadi stringing. Penelitian rancang bangun 3D printer FDM model Cartesian berbasis arduino ini dilaksanakan untuk menghasilkan rangka 3D printer yang kokoh, akurasi yang baik, dan mengatasi stringing. Metode yang digunakan adalah rancang bangun, dimana mesin 3D printer dirancang dan dibuat, kemudian diuji performanya. Desain 3D printer memiliki dimensi 434 x 470 x 610 mm dengan area kerja 220 x 220 x 233 mm Rangka yang dibuat disimulasikan dengan FEA dengan hasil Faktor Keamanan 15 ul. Kontrol 3D printer menggunakan Arduino Mega 2560 untuk pengoperasiannya. Hasil pengujian performa 3D printer telah berhasil menghilangkan *stringing* dengan akurasi produk sumbu X sebesar 99,98%, sumbu Y 99,97%, dan sumbu Z 99,93%. Kata Kunci : 3D Printer, FDM, Rancang Bangun, Arduino Mega



ABSTRACT

Manual prototyping consumes a lot of time, raw materials, and is inaccurate. The solution for making prototypes to be fast and detailed is a 3D printer. Research on 3D printers by previous researchers still has shortcomings regarding the accuracy of product dimensions, and stringing occurs. This research on the design of an arduino-based Cartesian model FDM 3D printer was carried out to produce a sturdy 3D printer frame, good accuracy, and overcome stringing. The method used is design, where the 3D printer machine is designed and built, then tested for performance. The 3D printer design has dimensions of 434 x 470 x 610 mm with a working area of 220 x 220 x 233 mm. The frame was simulated with FEA with a safety factor of 15 ul. The 3D printer control uses Arduino Mega 2560 for its operation. The 3D printer performance test results have successfully eliminated stringing with X-axis product accuracy of 99.98%, Y-axis 99.97%, and Z-axis 99.93%.

Keywords: 3D Printer, FDM, FEA, Arduino Mega



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul : Rancang Bangun 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai bentuk mencerdaskan kehidupan bangsa dan sebagai upaya perdamaian bangsa Indonesia.

Sehubungan dengan itu penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. H. Kurniawan, S.T., M.Si., M.M selaku Rektor Universitas Nusa Putra.
2. Bapak Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T selaku Wakil Rektor I Bidang Akademik Universitas Nusa Putra
3. Bapak Lazuardi Akmal Islami, M.Si selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Nusa Putra
4. Bapak Dani Mardiyana, S.Pd., M.T selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Zaid Sulaiman, M.T, selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Fabrobi Fazrul Ridha, M.T selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan untuk penelitian yang dilakukan.
7. Seluruh Staf pengajar di Program Studi Teknik Mesin. Universitas Nusa Putra yang selalu memberikan masukan serta saran dan juga pengetahuan yang tidak ternilai harganya.
8. Kedua Orang tua yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat, serta kesabarannya yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis, yang merupakan anugerah terbesar dalam hidup.
9. NIM 20190080068 *my support system* yang selalu memberikan dukungan, doa, nasehat serta selalu sabar dalam menghadapi penulis dalam kondisi apa pun. dan selalu memberikan kebahagiaan serta keceriaan.
10. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin Angkatan 2018 dan 2019.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat kami harapkan demi perbaikan. Amin Yaa Rabbal 'Alamiin.

Sukabumi, 13 Juli 2023

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Saepul Ihsan
NIM : 20190110019
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (Non-exclusive Royalty- Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Rancang Bangun 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (data Base), 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 : Sukabumi

Pada tanggal : 13 Juli 2023

Yang menyatakan


(Saepul Ihsan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENULIS	ii
PENGESAHAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
BAB II	4
LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Pengertian 3D Printer.....	4
2.2 FEA (<i>Finite Element Analysis</i>).....	4
2.3 Sejarah 3D Printer.....	9
2.4 Skema Rangkaian 3D Printer.....	15
2.5 Arduino	16
2.6 Mikrokontroler.....	17
2.7 <i>Filament PLA</i>	19
2.8 <i>Stepper Motors</i>	20
2.9 Desain dan Komponen.....	21
2.10 Spesimen Uji.....	23
2.11 Toleransi Hasil Pengujian.....	24
BAB III.....	26
METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Diagram Alir Penelitian	26
3.2 Desain dan Kalkulasi Komponen	27
3.3 Desain Mekanik	27



3.4 Analisis Statik Rangka.....	27
3.5 Desain Elektrik	28
3.6 <i>Checking</i> Komponen Elektrik.....	28
3.7 <i>Assembly</i> Komponen.....	28
3.8 Program.....	29
3.9 Kalibrasi.....	29
3.10 Pengujian <i>Stringing</i> Produk.....	29
3.11 Testing dan Analisis Hasil	30
BAB IV	31
HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Desain dan Kalkulasi Komponen	31
4.2 Perancangan Elektrikal	38
4.3 <i>Assembly</i> 3D Printer.....	40
4.4 Program.....	49
4.5 <i>Testing</i> dan Kalibrasi	53
4.6 <i>Stringing</i> Produk.....	55
4.7 Analisis Ketelitian Ukuran.....	57
BAB V.....	63
PENUTUP.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN.....	68



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Peregangan dan Penyusutan	8
Gambar 2.2 3D Printer Pertama di Dunia [8].....	9
Gambar 2.3 <i>Direct And Binder Printer 3D</i> [9]	12
Gambar 2.4 <i>Stereolithography</i> [10]	13
Gambar 2.5 <i>Selective Laser Sintering</i> [11]	14
Gambar 2.6 <i>Digital light processing</i> [12]	14
Gambar 2.7 3D Printer Model Cartesian Berbasis FDM [7].....	15
Gambar 2.8 Rangkaian Kelistrikan [8].....	15
Gambar 2.9 Arduino Atmega 2560 [13]	16
Gambar 2.10 Komponen Arduino Atmega 2560 [15]	18
Gambar 2.11 <i>Stepper Motors</i> [17]	21
Gambar 2.12 Desain 3D Printer.	21
Gambar 2.13 <i>Extruder</i> [17].....	22
Gambar 2.14 <i>Limit switch</i> [19].....	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.	26
Gambar 3.2 Proses Desain dan Kalkulasi Komponen.....	27
Gambar 3.3 Skema Rangkaian 3D Printer.....	28
Gambar 3.4 <i>Setting</i> pada <i>Software Cura</i> dengan tiga variasi	30
Gambar 4.1 Desain dan Kalkulasi Komponen	31
Gambar 4.2 Dimensi 3D Printer.....	31
Gambar 4.3 Bagian-bagian Rangka di 3D Printer.....	31
Gambar 4.4 Hasil Pengujian <i>Handle Filament</i>	32
Gambar 4.5 Hasil Pengujian <i>Frame Atas</i>	34
Gambar 4.6 Hasil Pengujian <i>Frame Bawah</i>	35
Gambar 4.7 Grafik Pengujian Statik	36
Gambar 4.8 Penempatan Komponen Elektrikal 3D Printer	38
Gambar 4.9 Skema Rangkaian 3D Printer	39
Gambar 4.10 Diagram Alir Perancangan Elektrikal	39
Gambar 4.11 Perakitan <i>Frame</i>	40
Gambar 4.12 Perakitan Motor <i>Stepper Axis Z</i>	42
Gambar 4.13 Perakitan Motor <i>Stepper Axis Y</i>	42

Gambar 4.14 Perakitan Motor <i>Stepper Axis X</i>	42
Gambar 4.15 Perakitan <i>Lead Trapezoidal Screw</i>	42
Gambar 4.16 Perakitan <i>Belt</i>	43
Gambar 4.17 Perakitan <i>Rail Utama</i>	43
Gambar 4.18 Perakitan <i>Bed</i>	44
Gambar 4.19 Perakitan <i>Extruder</i>	44
Gambar 4.20 <i>Heater Block</i>	44
Gambar 4.21 Perakitan <i>Cooler</i>	45
Gambar 4.22 Perakitan <i>Cover Hotend</i>	45
Gambar 4.23 <i>Limit switch Axis X</i>	46
Gambar 4.24 <i>Limit switch Axis Y</i>	46
Gambar 4.25 <i>Limit switch Axis Z</i>	47
Gambar 4.26 Program ketelitian langkah dan kecepatan motor stepper.....	47
Gambar 4.27 Pemrograman area kerja 3D printer	48
Gambar 4.28 Pemrograman <i>setting Nozzle</i>	48
Gambar 4.29 Pemrograman <i>Autohome</i>	49
Gambar 4.30 Pemrograman LCD	50
Gambar 4.31 Tampilan Menu 3D Printer Pada LCD.....	50
Gambar 4.32 Kalibrasi Sumbu X	50
Gambar 4.33 Kalibrasi Sumbu Y	51
Gambar 4.34 Kalibrasi Z.....	52
Gambar 4.35 Kalibrasi <i>Nozzle</i> dan <i>Bed</i>	53
Gambar 4.36 <i>Software Cura</i>	53
Gambar 4.37 Perbandingan Hasil Produk dengan 3 variasi temperatur	53
Gambar 4.38 <i>Software Cura</i>	53
Gambar 4.39 Perbandingan Analisis <i>Stringing</i> Sebelumnya	53
Gambar 4.40 Perbandingan Analisis <i>Stringing</i> Yang Sedang Dilakukan.....	54
Gambar 4.41 Analisis Ketelitian Ukuran	55
Gambar 4.42 <i>Setting Software Cura</i> Pengukuran Spesimen	56
Gambar 4.43 Pengukuran Ketelitian Ukuran Spesimen	57
Gambar 4.44 <i>Stringing</i>	58



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Teknik Board Arduino Atmega 2560	16
Tabel 4.1 Bagian-Bagian Rangka 3D Printer.....	32
Tabel 4.2 Spesifikasi Mesin 3D <i>Printing</i> Model Cartesian.	33
Tabel 4.3 Bahan Mekanik dan Elektrik.....	33
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Handle</i>	35
Tabel 4.5 hasil pengujian frame atas.....	35
Tabel 4.6 Hasil kalibrasi 3D printer.	54
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Axis X.....	58
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Axis Y.....	59
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Axis Z	60
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Spesimen Uji.....	60
Tabel 4.11 <i>Descriptive Statistics</i>	60



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu produk yang akan diproduksi haruslah melalui proses *prototype* awal, sehingga dapat ditetapkan apakah suatu produk desain sudah memenuhi kriteria yang diharapkan dan siap untuk diproduksi secara massal [1]. Pembuatan *prototype* produk saat ini masih banyak dikerjakan dengan cara manual seperti menggunakan tanah liat, kayu, lilin, dan resin. Proses ini menelan banyak waktu, bahan baku, dan dimensi yang beragam/tidak akurat karena dibuat manual dengan tangan [2].

Solusi untuk mempermudah pembuatan *prototype* agar cepat dan detail adalah 3D printer. Proses 3D printer tidak menghasilkan material sisa atau limbah seperti proses manufaktur konvensional (subtraktif), selain itu memiliki komponen yang sederhana sehingga hemat energi [3]. Salah satu teknologi 3D printer yaitu *Fused Deposition Modelling* (FDM) atau dikenal juga *Fused Filament Fabrication* (FFF), prinsip kerja teknologi ini yaitu dengan cara ekstrusi termoplastik melalui *nozzle* yang dipanaskan pada suhu leleh dan kemudian produk dibuat lapis per lapis. PLA dan ABS merupakan dua material yang umum digunakan pada teknologi ini [4].

Penelitian mengenai perancangan 3D printer FDM model cartesian ini telah dilaksanakan sebelumnya oleh Peneliti Teknik Mesin dari Universitas Subang, namun masih terdapat kekurangan pembahasan mengenai akurasi hasil kualitas geometri dari hasil produk, selain itu terdapat masalah pada hasil cetaknya, yaitu terjadi “*stringing*” yang banyak, sehingga sangat berpengaruh kepada kualitas hasil pengeprinan [5].

Stringing adalah keadaan dimana ketika pengeprinan dilakukan, timbul adanya sisa plastik yang keluar dari *nozzle* saat perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lain. Berdasarkan hasil analisis, *stringing* disebabkan karena pengeprinan beberapa objek sekaligus, pengaturan retraksi dan temperatur yang tinggi. Temperatur yang tinggi dapat mengakibatkan filament menjadi terlalu cair sehingga mudah keluar dari *nozzle*, hal ini menyebabkan adanya benang-benang tipis pada hasil cetak 3D Printer [6].

Berdasarkan pada latar belakang tersebut di atas, penelitian “Rancang Bangun 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino” akan dilaksanakan guna menjawab permasalahan 3D printer pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, yaitu untuk memperbaiki kualitas produk 3D printer, dan meminimalisir terjadinya stringing produk menggunakan material PLA dengan variasi temperatur 190⁰ C, 200⁰ C, dan 210⁰ C pada *print speed* 150 mm/s.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino?
2. Bagaimana memprogram 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino?
3. Bagaimana menyetting dan mengkalibrasi 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino agar *stringing* dapat diatasi dan memiliki tingkat ketelitian ukuran yang tinggi?
4. Bagaimana hasil pengujian *stringing* dan hasil ketelitian ukuran pada 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino?



1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah dari riset ini sebagai berikut :

1. Perancangan mesin 3D Printer berbasis arduino model Cartesian menggunakan teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM);
2. *Microcontroller* menggunakan Arduino Atmega 2560;
3. Desain dan analisis rangka menggunakan *software Autodesk Inventor 2020*;
4. Untuk mengetahui program *g-code* yaitu menggunakan software Cura;
5. Pada pengujian menggunakan PLA+ dengan Merek eSun.

1.4 Tujuan

Adapun Tujuan dari Riset ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino;
2. Memprogram 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino;

3. Menyetting dan mengkalibrasi 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino agar *stringing* dan hasil ketelitian ukuran dapat diatasi sehingga kualitas produk lebih baik ;
4. Mengetahui hasil pengujian *stringing* dan ketelitian ukuran 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino.

1.5 Manfaat

Manfaat Penelitian yang di peroleh dari pembahasan rancang bangun mesin 3D Printer berbasis arduino menggunakan teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) yaitu :

1. Dapat membantu para desainer, pelajar, maupun pengusaha untuk membuat prototipe produk dengan cepat dan akurat tanpa harus menggunakan metode produksi tradisional yang lebih mahal dan rumit. Dapat mengetahui hasil analisa terjadinya *stringing* yang diterima oleh mesin 3D printer berbasis arduino menggunakan teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM).
2. Masyarakat dapat membuat produk atau karya seni yang lebih kreatif dan unik. Hal ini dapat membuka peluang bagi para seniman, pengrajin, dan pengusaha untuk menciptakan produk dengan nilai jual yang lebih tinggi.
3. Masyarakat dapat memproduksi produk dalam jumlah kecil dengan biaya yang lebih terjangkau. Hal ini dapat membuka peluang bagi pengusaha kecil dan menengah untuk memproduksi produk dengan modal yang lebih kecil.
4. Mesin 3D printer dapat digunakan sebagai alat pendidikan dan penelitian di sekolah atau perguruan tinggi. Hal ini dapat membantu siswa atau mahasiswa untuk mempelajari teknologi terbaru dan meningkatkan kemampuan kreativitas dan pemecahan masalah.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dari hasil proses perancangan, pengujian sampai pembuatan yang sudah dilakukan. Terdapat beberapa hasil dari penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Desain 3D printer memiliki dimensi 470 mm x 434 mm x 610 mm dengan area kerja 220 mm x 220 mm x 233 mm serta untuk kekuatan rangka pada 3D Printer yang disimulasikan dengan *FEA* secara statik menghasilkan nilai *Von Mises stress* terbesar senilai 7,2 MPa dengan nilai *safety factor* terkecil 15 ul. Yang dimana rangka sangat kuat untuk menopang seluruh komponen yang ada di dalam 3D Printer. Adapun untuk komponen elektrik dan kontrol yaitu menggunakan motor *stepper* untuk penggerak dan Arduino ATmega 2560 sebagai mikrokontroler atau sistem kendali dari 3D Printer yang dirancang.
2. Proses Pemrograman menggunakan *Software* Arduino IDE dengan *setting* pada motor *stepper* yaitu nilai *default axis steps per unit* pada *axis X* dan *Y* adalah 80,5 *step/menit*, sedangkan nilai *axis Z* adalah 402 *step/menit*, dan nilai program E0 (*ekstruder*) adalah 100 *step/menit* dalam keadaan *nozzle* aktif. Pada program area kerja nilai *X min pos X*, *Y* dan *Z* adalah 0 mm dan *X max pos X* dan *Y* adalah 220 mm, kemudian *max pos* pada *axis Z* adalah 233 mm. Sedangkan *Setting Nozzle* dan *Bed* yaitu 0,4 mm, tinggi lapisan 0,2 mm, temperatur *hotend* disesuaikan dengan jenis *filament PLA* 205°C dan temperatur *Bed* 60°C. dan Program *autohome* Nilai program yang diinput nilai *X Bed size* -220 dan *Y Bed size* -220. Pemrograman LCD Program yang aktif adalah (*#define*) kemudian program yang tidak aktif adalah (*//#define*).
3. Untuk membuat hasil produk yang baik agar tidak terjadi *stringing* maka *settingan* yang harus dilakukan pada saat proses pembuatan, yaitu dengan menggunakan *filament PLA* + dengan suhu *nozzle* 200 °C, suhu *Bed* yang digunakan yaitu 60°C dan kecepatan *Print* yaitu 150 mm/s, dengan kalibrasi jarak antara *bed* dan *nozzle* adalah menggunakan ketebalan kertas hvs.
4. Kualitas Produk 3D Printer tidak mengalami *stringing*. Dan Tingkat ketelitian yang didapat pada 3D printer ini yaitu pada sumbu X sebesar 99,98%, sumbu

Y 99,97%, dan sumbu Z 99,93%. Secara dimensi ketelitian yang didapatkan pada produk 3D printer kubus dengan ukuran desain yaitu 25x25x25 menghasilkan ukuran hasil produk yaitu tingkat ketelitian *axis X* = 25,136 mm , tingkat ketelitian *axis Y*= 25,19481 mm dan tingkat ketelitian *axis Z*= 25,40074 mm.

5.2 Saran

1. Kalibrasi program *stepper unit* kurang akurat sehingga pada saat proses pegeprinan tidak 100% akurat, maka dari itu harus menggunakan alat ukur yang dimana tingkat ketelitian nya tinggi pada saat proses kalibrasi antara program dengan mesin 3D printer.
2. Kemudian tempat penyimpanan mikrokontroler arduino kurang kuat sehingga membutuhkan kaki-kaki dibawah *box* mikrokontroler nya agar tahan terhadap tekanan yang dihasilkan pada saat pengoprasian kontrol *analog* pada LCD.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Arifin, L. N. Zulita, and H. Hermawansyah, "Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega 2560," *J. Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 89–98, 2016, doi: 10.37676/jmi.v12i1.276.
- [2] A. Nugroho and R. Ardiansyah, "Pembuatan Komponen Lsu (Lapan Surveillance Uav) Dengan Menggunakan 3D Printer (Lapan Surveillance Uav (Lsu) Part Manufacturing With 3D Printer)," *Ber. Dirgant.*, pp. 27–36, 2018.
- [3] D. A. Lam, P. Atan, M. Cftakan, S. I. Dl, and P. O. M. Pa, "j ! : -C ^ f," 2007.
- [4] R. A. M. Napitupulu, L. Siagian, J. Panjaitan, and M. Tampubolon, "Pelatihan Pembuatan Prototype Spare Part Motor Dengan Aplikasi Printer 3D Pada Siswa Siswi Kls XI SMK Swasta Parulian 3 Medan," vol. 1, no. 1, pp. 37–44, 2021.
- [5] Y. Yang, Y. Zhou, X. Lin, Q. Yang, and G. Yang, "Printability of external and internal structures based on digital light processing 3D printing technique," *Pharmaceutics*, vol. 12, no. 3, 2020, doi: 10.3390/pharmaceutics12030207.
- [6] A. A. Nurul Amri and W. Sumbodo, "Perancangan 3D Printer Tipe Core XY Berbasis Fused Deposition Modeling (FDM) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 110–115, 2018, doi: 10.21831/dinamika.v3i2.21407.
- [7] R. A. Wicaksono, E. Kurniawan, M. K. Syafrianto, R. F. Suratman, and M. R. Sofyandi, "Rancang Bangun dan Simulasi 3D Printer Model Cartesian Berbasis Fused Deposition Modeling," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 5, no. 2, p. 53, 2021, doi: 10.30588/jeemm.v5i2.895.
- [8] D. W. Utama, "Optimasi topologi pada komponen penampakan mesin printer 3dimensi dengan metode generative desain," *Din. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 60–68, 2017, doi: 10.29303/d.v7i2.150.
- [9] M. Faisol, "Pembuatan Sambungan Part Head Tube Pada Sepeda Menggunakan 3D Printer Berdasarkan Topology Optimization Design," *Undergraduated Theses*, pp. 1–113, 2018,
- [10] B. A. B. Ii and B. Tinospora, "BAB II TINJAUAN PUSTAKA A. Kajian Pustaka 1. Brotowali (," no. 2015, pp. 7–29, 2008.
- [11] F. A. Akbar and M. F. Razali, "Analysis and design of frame structure for additive manufacturing machine," *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, vol. 11, no. 4, pp. 4254-4264, 2017.
- [12] T. Rachman, *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 4, pp. 10–27, 2018.
- [13] R. Pahlevi, "Kontrol 3D Printer Berbasis Arduino Bangka Belitung Tahun

2021 Lembar Pengesahan Kontrol 3D Printer Berbasis Arduino,” 2021.

- [14] Y. T. Budianto, A. D. Soewono, and M. Darmawan, “Rancang Bangun Mesin 3D Printer dan Laser Engraver Berbasis Arduino,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 3, p. 183, 2020, doi: 10.32497/jrm.v15i3.1994.
- [15] R. A. Wicaksono, E. Kurniawan, M. K. Syafrianto, R. F. Suratman, and M. R. Sofyandi, “Rancang Bangun dan Simulasi 3D Printer Model Cartesian Berbasis Fused Deposition Modelling,” *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 5, no. 2, p. 53, 2021, doi: 10.30588/jeemm.v5i2.895.
- [16] H. Tondi, “Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filamen 3D Printer,” *Skripsi Tek. Mesin, Fak. Teknol. Ind. Univ. Islam Indones.*, pp. 1–50, 2019.
- [17] B. C. Wibowo, “Stepper Motor Speed Control Using Start-Stop Method Based On PLC,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 10, no. 3, pp. 213–219, 2021.
- [18] D. Andriyansyah, Sriyanto, and A. Jamaldi, “Perancangan Dan Pembuatan Mesin 3D Printer Tipe Cantilever,” *Abdi Masya*, vol. 1, no. 2, pp. 108–114, 2021, doi: 10.52561/abma.v1i2.139.
- [19] D. W. Utama, “Optimasi topologi pada komponen penampakan mesin printer 3dimensi dengan metode generative desain,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 60–68, 2017, doi: 10.29303/dtm.v7i2.150.
- [20] S. Santoso, "Analisis Struktur dengan Metode Elemen Hingga," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 57-68, 2017.
- [21] M. S. Hakim and A. M. Nasution, "Analisis toleransi linear dan dimensi pada hasil cetakan 3D menggunakan mesin 3D printer tipe FDM," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 1-10, 2018.
- [22] E. I. Riza, C. Budiyanoro, A. W. Nugroho, E. Iqbal Riza, C. Budiyanoro, and A. Widyo Nugroho, “Peningkatan Kekuatan Lentur Produk 3D Printing Material PETG dengan Optimasi Parameter Proses Menggunakan Metode Taguchi,” *Materials (Basel)*, pp. 66–75, 2020.
- [23] T. Lieneke, V. Denzer, G. A. O. Adam, and D. Zimmer, “Dimensional Tolerances for Additive Manufacturing: Experimental Investigation for Fused Deposition Modeling,” *Procedia CIRP*, vol. 43, pp. 286–291, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.02.361.
- [24] Tayibnapis, A. S., Hendra, M., Setiawan, T., Adawiyah, S. R., & Moeliono, M. (2018). Rancang Bangun Prototip Mesin Benang Bulky Portabel Dengan Metode Roda Gigi Crimp. *Arena Tekstil*, 33(2), 65–74. <https://doi.org/10.31266/at.v33i2.4392>.
- [25] Nugraha, H. D., & Kosasih, D. P. (2021). Perancangan Mesin 3D Printing Model Cartesian. *Jurnal Teknik Mesin ITI*, 5(1), 29. <https://doi.org/10.31543/jtm.v5i1.557>.
- [26] Sungkono, I., Irawan, H., & Patriawan, D. A. (2019). Analisis Desain Rangka

Dan Penggerak Alat Pembulat Adonan Kosmetik Sistem Putaran Eksentrik Menggunakan Solidwork. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VII 2019*, 575–580.

- [27] Nurul Amri, A. A., & 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. <https://doi.org/10.21831/dinamika.v3i2.21407>.
- [28] Prasetyo, E., Hermawan, R., Ridho, M. N. I., Hajar, I. I., Hariri, H., & Pane, E. A. (2020). Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solidworks. *Rekayasa*, 13(3), 299–306. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i3.8872>.
- [29] N. Nafi'iyah, “Perbandingan Modus , Median , K _ Standar Deviasi , Iterative , Mean Dan Otsu Dalam Thresholding,” vol. 8, no. 2, pp. 31–36, 2016.
- [30] Myers, R. H., & Myers, S. L. (2015). *IENG 213 : Probability and Statistics IENG 213 : Probability and Statistics*.

