

Kontrol *High Speed Extruder* pada 3D Printer 2x2x2 Meter Berbasis *MCU Bigtree*

Resti Dyah Ayu Retno Palupi¹, Budhy Setiawan, Agus Pracoyo³

e-mail: restipalupi83@gmail.com, budhy.setiawan@polinema.ac.id, agus.pracoyo@polinema.ac.id

^{1,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No. 9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 26 Juli 2023
Direvisi 23 Desember 2023
Diterbitkan 31 Mei 2023

Kata kunci:

3D Printer
Extruder
Bigtreeech

Keywords:

3D Printer
Extruder
Bigtreeech

Penulis Korespondensi:

Resti Dyah Ayu Retno Palupi,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta No.9, Malang, Indonesia, Kode Pos. 65141
Email: restipalupi83@gmail.com
Nomor HP/WA aktif: +62 813-3325-3837

ABSTRAK

3D printer merupakan suatu inovasi terbaru dalam dunia teknologi. Industri manufaktur saat ini mengalami kemajuan pesat dan 3D printer menjadi salah satu alat yang berguna dalam industri tersebut. Alat ini dapat mencetak benda-benda tiga dimensi dari gambar CAD (*Computer Aid Design*). Di Indonesia, 3D printer digunakan untuk membuat *prototype* dengan cepat sehingga mempercepat pengembangan produk baru. Tahapan pembuatan *prototype* dengan 3D printer meliputi pengolahan file digital, proses slicer, dan *G-Code*, hingga menjadi objek benda nyata berbentuk 3D. Agar dapat bekerja dengan efisien, 3D printer membutuhkan ekstruder dengan kecepatan tinggi yang mampu mendorong lelehan plastik dengan cepat menuju *nozzle*, sehingga filamen plastik dapat meleleh keluar. Kecepatan ekstruder diatur oleh motor stepper dan menggunakan MCU Bigtreeech dan Marlin *Firmware* untuk kontrol high speed ekstruder. Berdasarkan pengujian *high speed* ekstruder saat proses *printing* berlangsung, didapatkan presentase *error* sebesar 3.6567% pada saat mencetak bentuk persegi (garis lurus) dan 2.483% pada saat mencetak bentuk kerucut (garis lurus dan lengkung).

ABSTRACT

The 3D printer is a recent innovation in the world of technology. The manufacturing industry is currently experiencing rapid advancement, and the 3D printer has become a useful tool in this industry. This device can print three-dimensional objects from Computer-Aided Design (CAD) images. In Indonesia, 3D printers are used to swiftly create prototypes, expediting the development of new products. The stages of creating a prototype with a 3D printer involve digital file processing, the slicing process, and G-Code, resulting in the creation of a tangible 3D-shaped object. To work efficiently, a 3D printer requires a high-speed extruder capable of rapidly pushing melted plastic towards the nozzle, allowing the plastic filament to melt and extrude. The extruder's speed is controlled by a stepper motor and uses MCU Bigtreeech and Marlin Firmware for high-speed extruder control. Based on testing during the printing process using the high-speed extruder, an error percentage of 3.6567% was observed when printing square shapes (straight lines), and 2.483% when printing cone shapes (straight and curved lines).

1. PENDAHULUAN

Teknologi 3D Printer merupakan sebuah inovasi baru yang menjadi bagian dari perkembangan dunia industri terutama pada bidang manufaktur [1]. Mesin ini dapat mencetak benda dalam bentuk tiga dimensi berdasarkan

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



9 772356 053009

desain CAD (*Computer Aid Design*) yang telah dibuat. Di Indonesia, 3D printer mulai digunakan pada industri dengan tujuan *rapid prototyping* yang memungkinkan proses pembuatan *prototype* dilakukan lebih cepat dan efisien [2]. Tahapan pembuatan *prototype* menggunakan 3D printer dimulai dengan mengonversi desain 3D (CAD) menjadi file digital, yang selanjutnya melalui serangkaian proses termasuk *slicing* menggunakan Simplify3D untuk menghasilkan G-Code. Setelah itu, file tersebut akan dibaca oleh Mikrokontroler dan setiap komponen seperti ekstruder dan motor stepper akan dimodifikasi menggunakan Marlin Firmware, sehingga dapat membentuk objek tiga dimensi yang nyata. [3].

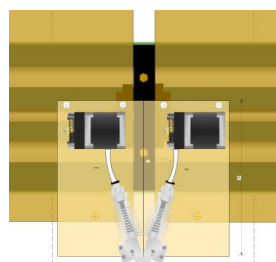
Untuk pembuatan *prototype*, penggunaan teknologi 3D printer dianggap sangat ideal karena produk dibuat dari file digital yang berisi desain 3D yang dibuat melalui software CAD dan disimpan dalam format STL yang merupakan format yang paling sering digunakan dan dapat dibaca oleh 3D printer [5]. File dengan format STL tersebut kemudian diolah oleh mesin 3D printer untuk dicetak secara bertahap sehingga menjadi objek 3D yang sebenarnya [4]. Dalam pengembangan produk baru, teknologi 3D printing dapat meningkatkan efisiensi dan juga mempunyai keunggulan dalam mencetak komponen yang kompleks dengan cara produksi yang mudah dan singkat. Selain itu, 3D printing menawarkan banyak pilihan bahan baku dan kemampuan mencetak model yang rumit sehingga semakin populer dan menjadi tren saat ini. [6].

Dalam proses 3D printing, ketidakseimbangan dalam aliran bahan sering terjadi karena kecepatan gerakan dan ekstrusi yang tidak optimal. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan penentuan parameter kecepatan gerakan dan ekstrusi yang optimal, dimana dimensi cetakan akan meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan ekstrusi. Setiap tingkat kecepatan gerakan memerlukan kecepatan ekstrusi yang optimal untuk menghasilkan hasil cetakan yang baik. Oleh karena itu, 3D printer membutuhkan ekstruder yang berkecepatan tinggi agar dapat mendorong bahan cair ke nozzle dengan cepat. Motor stepper yang berbasis BigtreeTech pada kontrol *high speed* ekstruder akan digunakan dalam untuk meningkatkan kecepatan cetakan dan efisiensi waktu pada mesin 3D printer berukuran 2×2×2 meter. Tujuannya adalah untuk mencapai kecepatan pencetakan hingga mendekati 25cm/s.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Extruder

Ekstruder atau mesin ekstrusi adalah sebuah alat yang digunakan untuk meleburkan bahan mentah berupa biji plastik atau filamen plastik, bagian yang digunakan untuk meleburkan bahan mentah disebut *melting heater*, sedangkan bagian yang digunakan untuk memasukkan bahan disebut hopper [7]. Prinsip dasar alat ini adalah mengolah bahan mentah yang telah dimasukkan melalui hopper, kemudian dipanaskan pada *melting heater* dan didorong keluar melalui *nozzle* (lubang cetakan) yang terletak di ujung *hotend* ekstruder. Extruder 3D printer dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: Extruder 3D Printer

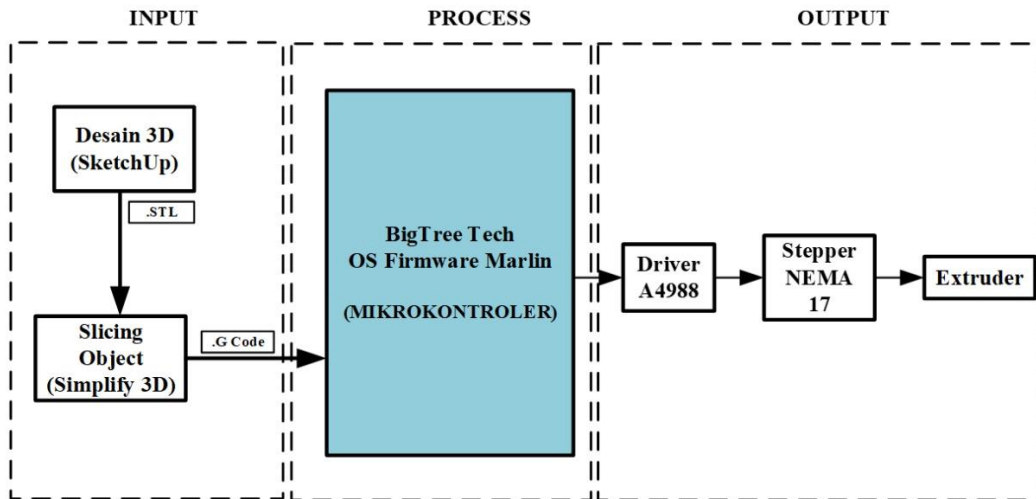
Sebelum mencetak menggunakan 3D printer, langkah awal yang harus dilakukan adalah mengubah desain objek ke dalam beberapa format file yang sesuai dengan perangkat lunak yang digunakan. [8]. Desain 3D dibuat dengan menggunakan software CAD, sebuah bentuk otomatisasi yang membantu perancang dalam membuat desain suatu sistem dengan bantuan computer [9]. Desain 3D (CAD) akan disimpan dalam bentuk file stereolithography (STL), kemudian dikirim ke 3D printer untuk dicetak menjadi objek fisik dengan proses cetak bertahap lapis demi lapis. [10]. Setelah proses pengirisan (*slicing*) 3D model menjadi lapisan-lapisan, data tersebut kemudian dikonversi ke dalam format file G-code. File ini akan memberikan instruksi kepada nozzle,



sistem penggerak, dan sistem ekstrusi pada 3D printer. Untuk mengendalikan proses pencetakan, diperlukan sebuah aplikasi khusus yang dapat membuka hasil pengirisan, mengatur pergerakan sumbu 3D printer, memonitor suhu bed dan ekstruder, serta memulai, memberhentikan, dan membatalkan proses pencetakan. [11].

2.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok system berisi masukan, proses, dan keluaran pada saat mengontrol high speed extruder pada 3D Printer 2x2x2 meter berbasis MCU Bigtree dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 : Diagram Blok Sistem

a. Input

Untuk mengendalikan high speed extruder pada blok diagram, diperlukan input berupa program G-Code untuk Marlin Firmware. Pada mesin 3D printer, G-Code berisi instruksi yang mengatur gerakan motor stepper, termasuk motor yang terdapat pada ekstruder. Instruksi G-Code memberikan petunjuk kepada pengontrol mesin tentang arah gerakan motor, jalur yang harus ditempuh, dan kecepatan yang diperlukan untuk bergerak.

b. Process

Input berupa G-Code akan diproses di MCU Bigtreetech menggunakan Marlin Firmware. Dimana MCU Bigtreetech merupakan papan pengembangan microcontroller yang dibuat untuk proses pada 3D printing termasuk pada *extruder*. Program yang dibuat akan mengatur kecepatan pada motor stepper di *extruder*. Firmware Marlin dikonfigurasi dan ditambah kode program untuk mengatur kontrol *high speed extruder* kemudian diupload ke MCU BigTree menggunakan computer dan masukan berupa G-code diproses oleh MCU BigTree. Firmware Marlin menerima perintah gerakan dan memasukkannya ke antrian gerakan yang akan dieksekusi dalam urutan yang diterima. Perintah tersebut meliputi arah dan kecepatan gerak dari masing-masing motor stepper dibidang Y yang menggerakkan bed, bidang X (X+ dan X-) yang menggerakkan ekstruder secara horizontal, dan bidang Z (Z left dan Z right) yang menggerakkan ekstruder secara vertikal.

c. Output

G - Code yang diproses dengan Marlin Firmware pada MCU Bigtreetech akan menghasilkan output berupa kecepatan gerak di motor stepper pada *extruder* (pergerakan motor stepper untuk menggerakkan *extruder* sehingga kecepatannya dapat dikontrol) dan juga pada LCD berupa tampilan nilai *speed extruder*.

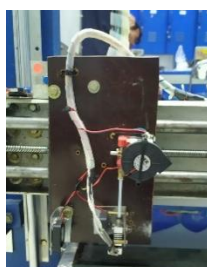


2.3 Prinsip Kerja

Input berupa G-Code akan diproses di MCU Bigtree menggunakan Marlin Firmware. Marlin Firmware menerima perintah gerakan dan memasukkannya ke antrean gerakan yang akan dieksekusi dalam urutan yang diterima. Perintah tersebut meliputi arah dan kecepatan gerak dari masing-masing motor, dibidang Y menggerakkan bed, bidang X (X+ dan X-) yang menggerakkan ekstruder secara horizontal, dan bidang Z (Z left dan Z right) yang menggerakkan ekstruder secara vertikal. Extruder pada 3D printer adalah bagian yang sangat penting, karena bertanggung jawab untuk mencairkan dan mengekstrusi bahan cetak berupa filamen PLA melalui nozzle kecil dan membentuk objek tiga dimensi. Bahan cetak berupa filamen plastik ditempatkan pada reel di atas 3D printer. Filamen kemudian ditarik ke dalam ekstruder dan dipanaskan sampai meleleh. Motor pada ekstruder mendorong bahan cetak melewati nozzle kecil di ujung ekstruder.

2.4 Perancangan Mekanik

Extruder 3D printer 2x2x2 meter terdiri dari motor stepper Nema17, hotend ekstruder, dan dua buah kipas sebagai pendingin supaya suhu tidak overheat. Mekanik dari Extruder 3D printer 2x2x2 meter dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3: Extruder pada 3D Printer 2x2x2 Meter

Spesifikasi pembuatan mekanik 3D printer 2x2x2 meter adalah sebagai berikut:

TABEL I : Spesifikasi Mekanik Mesin 3D Printing 2x2x2 Meter

Dimensi Mesin Keseluruhan		Dimensi Kapasitas Bidang Kerja Mesin	
Panjang	4400 mm	Panjang	2000 mm
Lebar	2400 mm	Lebar	2000 mm
Tinggi	3300 mm	Tinggi	2000 mm
Berat	700 kg		
Bahan case/base	Besi, stainless steel		

Spesifikasi Mekanik Extruder 3D Printer 2x2x2 Meter

TABEL II : Spesifikasi Mekanik Extruder pada Mesin 3D Printing 2x2x2 Meter

Dimensi Extruder		Bahan	
Panjang	40 mm	Plastik Filamen	PLA
Lebar	50 mm	Rangka Alat	Tembaga
Tinggi	230 mm	Penyangga Extruder	Besi
		Dudukan Extruder	Besi

2.5 Perancangan Elektronik

Skematik rangkaian keseluruhan dari 3D printer 2x2x2 meter berbasis MCU Bigtree SKR 1.4 Turbo, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4: Skematik Rangkaian Keseluruhan dari 3D Printer 2x2x2 Meter

Spesifikasi elektronik pada rangkaian wiring mesin 3D Printing 2x2x2 meter sebagai berikut :

TABEL III : Spesifikasi Elektronik pada Mesin 3D Printing 2x2x2 meter

No.	Nama	Keterangan
-----	------	------------

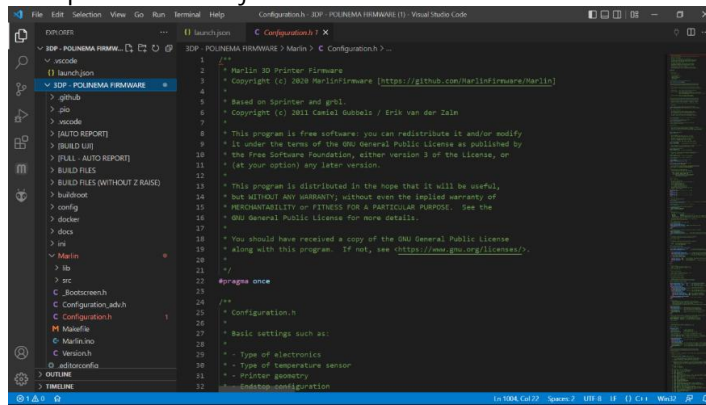


1.	Tegangan kerja 3D Printer	48V
2.	Tegangan Kerja Extruder	12V
3.	Jenis Processor	MCU Bigtreetech
4.	Display	LCD
5.	Jenis Motor	

2.6 Perancangan Software

a. Marlin Firmware

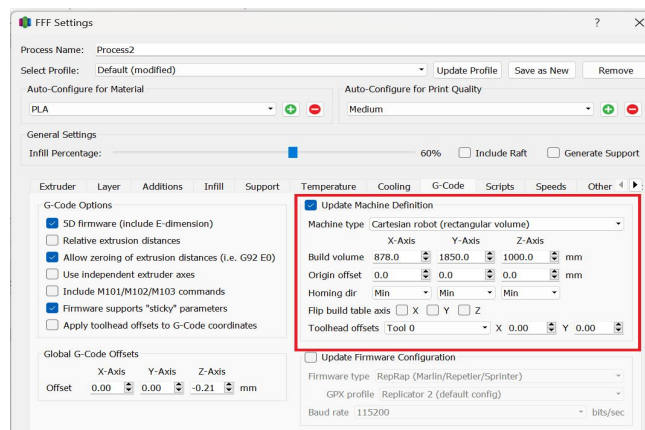
Bahasa pemrograman yang digunakan pada Firmware Marlin-bugfix-2.0.x adalah Bahasa C. Firmware Marlin-bugfix-2.0.x menggunakan software editor Visual Studio Code dan memerlukan extension PlatformIO dan AutoBuildMarlin untuk proses compile dan upload firmware. Firmware Marlin-bugfix-2.0.x digunakan untuk mengelola semua aktivitas real-time yang berjalan pada MCU Bigtreetech SKR V1.4 Turbo mesin 3D Printer, seperti mengelola pemanas bed, pemanas extruder, motor stepper, sensor, LCD dan segala sesuatu yang terlibat dalam proses pencetakan objek 3D.



Gambar 5: Tampilan Mrlin Firmware pada VS Code

b. Simplify 3D

Digunakan untuk *slicing* gambar 3D dengan format .stl ke dalam file berformat G-code, agar dapat dibaca oleh firmware Marlin yang terdapat pada MCU Bigtree. Didalam Simplify 3D terdapat pengaturan kecepatan printing, pengaturan suhu saat print serta dimensi nozzle dan berapa tebal isian pada object (*infill*).



Gambar 6: Setting pada Simplify 3D




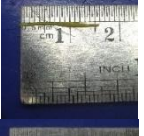






3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kemampuan 3D printer dilakukan untuk mengontrol kecepatan pergerakan sumbu XYZ dengan akurat pada kecepatan ekstrusi tinggi. Pada pengujian dilakukan dengan mencetak model uji berbentuk persegi dengan kombinasi pergerakan horizontal dan vertikal untuk melihat apakah printer mampu menjaga kecepatan dan akurasi pergerakan secara konsisten.



3.1 Pengujian Motor Stepper Nema 17

TABEL IV : Spesifikasi Mekanik Extruder pada Mesin 3D Printing 2x2x2 Meter

No.	Speed (mm/s)	Foto Setting pada Mesin 3D Printer	Foto Hasil Keluaran Filamen	Selisih (mm)	Error
1.	10			2.5	0.25
2.	20			4	0.2
3.	30			8	0.26
4.	40			8	0.2
5.	50			10	0.2
Error Rata-Rata					0.22

Pada hasil pengujian kecepatan pergerakan motor stepper Nema 17 terhadap hasil keluaran lelehan filamen, didapatkan hasil seperti pada TABEL IV. Dimana didapatkan *Error* rata-rata sebesar 0.22, *error* tersebut dipeloreh dari persamaan di bawah ini:

$$Selisih = parameter\ terukur - parameter\ input \tag{1}$$

$$Error = \frac{Selisih}{Parameter\ terukur} \tag{2}$$

Keterangan:

Parameter Input = Setting Speed Motor (mm/s)









Parameter terukur = Panjang Filamen yang dikeluarkan (mm)

3.2 Pengujian Jerk, Acceleration, Velocity

Pengujian jerk, acceleration, dan velocity pada 3D printer merupakan bagian penting dalam memastikan kualitas cetakan dan pergerakan printer yang tepat. Jerk adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan perubahan percepatan dalam pergerakan, terutama saat printer 3D berubah arah atau menghentikan gerakan secara tiba-tiba. Uji jerk membantu mengoptimalkan gerakan printer agar menghasilkan cetakan yang akurat dan halus.



TABEL V : Pengujian Jerk, Acceleration, dan Velocity

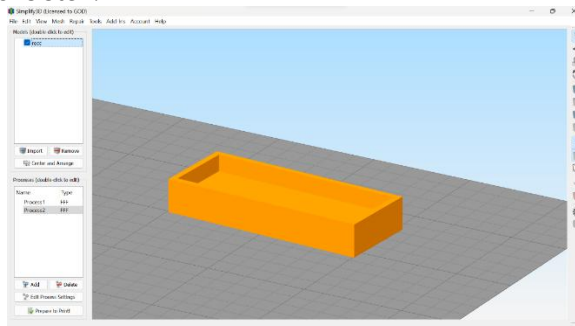
No.	Speed (mm/s)	Jerk	Acc	Velocity	Hasil Printing		Keterangan																								
					Persegi	Kerucut																									
1.	20	X:9 Y:9 Z:0.3 E:2.5	X:500 Y:500 Z:100 E:100	X:55 Y:55 Z:20 E:50			<ul style="list-style-type: none"> • Persegi: hasil printing pada bagian-bagian sudut (bagian yang terjadi perubahan gerakan) kasar dan ukuran melebihi parameter desain. • Kerucut: hasil printing pada setiap lengkungan tidak rata (bentuk kerucut tidak seperti desain) 																								
								2.	25	X:9 Y:9 Z:0.3E: 2.5	X:500 Y:500 Z:100 E:100	X:55 Y:55 Z:20 E:50			<ul style="list-style-type: none"> • Persegi: hasil printing pada bagian-bagian sudut (bagian yang terjadi perubahan gerakan) kasar dan ukuran melebihi parameter desain akan tetapi tidak sebesar sebelumnya. • Kerucut: hasil printing pada setiap lengkungan tidak rata (bentuk kerucut tidak seperti desain) dan ada over extrusion 																
																3.	30	X:9 Y:9 Z:0.3 E:2.5	X:500 Y:500 Z:100 E:100	X:55 Y:55 Z:20 E:50			<ul style="list-style-type: none"> • Persegi: hasil printing pada bagian-bagian sudut (bagian yang terjadi perubahan gerakan) kasar dan ukuran melebihi parameter desain dan terlihat membaik dari printing sebelumnya. • Kerucut: hasil printing pada setiap lengkungan tidak rata dan menonjol melebihi ukuran desain. 								
																								4.	35	X:9 Y:9 Z:0.3E: 2.5	X:500 Y:500 Z:100E: 100	X:55 Y:55 Z:20 E:50			<ul style="list-style-type: none"> • Persegi: hasil printing pada bagian-bagian sudut (bagian yang terjadi perubahan gerakan) kasar dan ukuran sedikit melebihi parameter desain. • Kerucut: hasil printing pada setiap lengkungan tidak rata (bentuk kerucut tidak seperti desain) dan semakin jauh dari parameter desain.

Dari pengujian *jerk*, *acceleration*, dan *velocity* pada saat proses printing terhadap hasil cetakan dapat dilihat pada TABEL V. Pada saat printing bentuk persegi, semakin besar speed yang digunakan bentuk yang dicetak semakin mendekati parameter desain yang dibuat. Sedangkan pada proses printing bentuk kerucut, semakin besar speed yang digunakan bentuk yang dicetak semakin tidak rapi dan jauh dari parameter desain. Dibandingkan dengan *acceleration* dan *velocity*, hal yang paling terlihat pada hasil cetak adalah pengaruh *tunning jerk*. Dikarenakan *jerk* mengontrol perubahan tiba-tiba dalam percepatan. Pengaturan *jerk* yang tidak tepat dapat mengakibatkan stringing, perubahan dimensi cetakan, ketidakakuratan geometri, dan vibrasi.



3.3 Pengujian Kecepatan Pergerakan untuk Printing Model Persegi (Garis Lurus) terhadap Sumbu XYZ

Uji kemampuan 3D printer dilakukan untuk mengontrol kecepatan pergerakan sumbu XYZ dengan akurat pada kecepatan ekstrusi tinggi. Pada pengujian 3.3 dilakukan dengan mencetak model uji berbentuk persegi dengan kombinasi pergerakan horizontal dan vertikal untuk melihat apakah printer mampu menjaga kecepatan dan akurasi pergerakan secara konsisten.



Gambar 7: Desain Model Persegi

Model yang dicetak berbentuk persegi dengan X - axis = 20 mm (lebar), Y-axis = 50 mm (panjang), dan Z - axis = 8 mm (tinggi).

TABEL VI : Pengujian Kecepatan Pergerakan Printing Model Persegi

No.	Speed (mm/s)	Axis	Parameter Desain (mm)	Parameter Hasil Printing (mm)	Selisih (mm)	Error (%)
1.	20	X	20	20.7	0.7	3.5
		Y	50	52.5	2.5	5
		Z	8	8.4	0.4	5
2.	25	X	20	20.5	0.5	2.5
		Y	50	52.5	2.5	5
		Z	8	8.1	0.1	1.25
3.	30	X	20	20.8	0.8	4
		Y	50	51.9	1.9	3.8
		Z	8	8.2	0.2	2.5
4.	35	X	20	20.4	0.4	2
		Y	50	52.3	2.3	4.6
		Z	8	8.3	0.3	3.75
5.	40	X	20	20.8	0.8	4
		Y	50	52.1	2.1	4.2
		Z	8	8.3	0.3	3.75
Error Rata-Rata (%)						3.6567

TABEL VI menyajikan hasil uji kemampuan 3D printer dalam mengontrol kecepatan pergerakan sumbu XYZ dengan akurat ketika melakukan proses printing desain persegi pada kecepatan ekstrusi tinggi. Untuk mendapatkan selisih yang akurat, kami melakukan pengurangan antara parameter yang diharapkan pada desain dengan parameter hasil printing yang diukur menggunakan jangka sorong, mengacu pada Persamaan (3).

Selanjutnya, selisih tersebut digunakan untuk menghitung prosentase error melalui Persamaan (4). Hal ini bertujuan untuk memahami sejauh mana ketepatan 3D printer dalam mereproduksi desain persegi dengan kecepatan ekstrusi yang tinggi. Data hasil perhitungan error ini nantinya akan memberikan gambaran tentang kinerja 3D printer dalam menghasilkan objek dengan akurasi yang diinginkan.



$$\text{Selisih} = \text{parameter desain} - \text{parameter terukur} \tag{3}$$

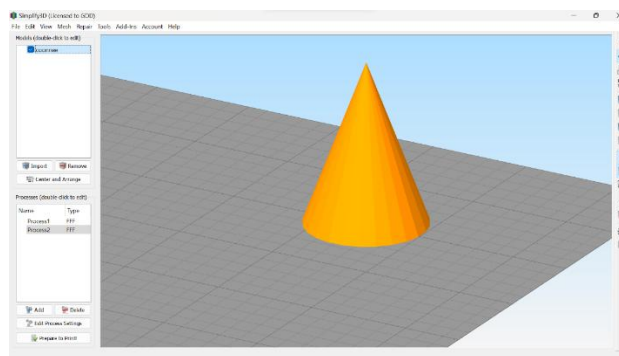
$$\text{Error} = \frac{\text{Selisih}}{\text{Parameter Desain}} \times 100\% \tag{4}$$

$$\text{Rata - Rata Error} = \frac{\sum \text{Persentase Error} (\%)}{\text{Jumlah Data}} \times 100\% \tag{5}$$

Dari uji coba proses printing yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa terdapat rata-rata error ukuran sebesar 3.6567%. *Error* ini mencerminkan perbedaan antara dimensi yang diharapkan dari objek yang direncanakan dengan dimensi aktual dari objek yang dicetak menggunakan 3D printer.

3.4 Pengujian Kecepatan Pergerakan untuk Printing Model Kerucut (Garis Lurus Lengkung) terhadap Sumbu XYZ

Uji kemampuan 3D printer dilakukan untuk mengontrol kecepatan pergerakan sumbu XYZ dengan akurat pada kecepatan ekstrusi tinggi. Pada pengujian 3.4 dilakukan dengan mencetak model uji berbentuk persegi (box) dengan kombinasi pergerakan horizontal, vertikal, dan sudut tajam untuk melihat apakah printer mampu menjaga kecepatan dan akurasi pergerakan secara konsisten.



Gambar 8 : Desain Model Kerucut

Model yang dicetak berbentuk kerucut dengan alas = 30 mm (X dan Y -axis) dan tinggi = 40 mm (Z -axis).

TABEL VII : Pengujian Kecepatan Pergerakan Printing Model Kerucut

No.	Speed (mm/s)	Axis	Parameter Desain (mm)	Parameter Hasil Printing (mm)	Selisih (mm)	Error (%)
1.	20	XY	30	30.6	0.6	2
		Z	40	39.8	0.2	0.5
2.	25	XY	30	29.1	0.9	3
		Z	40	38.2	1.8	4.5
3.	30	XY	30	29.4	0.6	2
		Z	40	38.7	1.3	3.25
4.	35	XY	30	30.7	0.7	2.33
		Z	40	38.4	1.6	4
5.	40	XY	30	30.3	0.3	1
		Z	40	39.1	0.9	2.25
Error Rata-Rata (%)						2.483



Pada TABEL VII, terdapat hasil dari uji kemampuan 3D printer yang telah dilakukan untuk mengontrol kecepatan pergerakan sumbu XYZ dengan akurat pada kecepatan ekstrusi tinggi saat melakukan proses printing dengan desain garis lurus dan lengkung seperti kerucut. Selisih antara parameter yang diharapkan pada desain dengan parameter hasil printing yang diukur menggunakan jangka sorong dihitung berdasarkan Persamaan (3).

Prosentase *error* kemudian dihitung berdasarkan Persamaan (4) untuk memperoleh informasi tentang sejauh mana ketepatan 3D printer dalam proses printing desain garis lurus dan lengkung seperti kerucut. Hasil perhitungan menunjukkan adanya *error* rata-rata ukuran sebesar 2.483%. Meskipun nilai *error* tersebut relatif rendah, penting untuk memerhatikan nilai *error* dalam proses cetak guna menghindari *over-extrusion*. *Over-extrusion* dapat mempengaruhi akurasi dan kualitas cetakan, sehingga pengaturan speed atau kecepatan ekstrusi perlu diperhatikan dengan cermat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Perancangan dan Pengujian Alat 3D Printer 2x2x2 Meter Berbasis MCU Bigtree, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

Rancangan dan implementasi kontrol *high-speed extruder* pada 3D Printer saat uji coba menggunakan speed maksimal sebesar 40 mm/s menyesuaikan dengan speed pada sumbu XYZ. Pengaruh terhadap hasil cetakan 3D, parameter yang paling mencolok adalah pengaturan jerk. Hal ini dikarenakan jerk mengendalikan perubahan tiba-tiba dalam percepatan pergerakan printer. Parameter jerk yang tidak sesuai dapat menyebabkan masalah seperti stringing, perubahan dimensi cetakan, ketidakakuratan geometri, dan vibrasi pada hasil cetakan. Dalam pengoperasian mesin 3D Printer, kontrol kecepatan ekstruder berperan penting dalam menentukan seberapa cepat filament plastik dapat diekstrusi selama proses pencetakan. Ketika kontrol kecepatan ekstruder diatur dengan benar pada saat proses slicing, hal ini akan berdampak langsung pada kecepatan pergerakan sumbu X, Y, dan Z dalam mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumantri, Dede. (2012). Peningkatan Kinerja Mesin Rapid Prototyping berbasis Fused Desposition Modelling. Skripsi. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [2] Pangestu Fitrah Sugandi, A. (2021). Pangestu Fitrah Sugandi, A. (n.d.). *Analisis Kekuatan Uji Tarik Terhadap Hasil 3D Printer Creality Ender 5 Pro*.
- [3] Ririh, G., Setiawan, B., & Siradjuddin, I. (2021). Kontrol Suhu Extruder Menggunakan Metode Feeding Biji Plastik HDPE Pada 3D Printer Simetris Bilateral. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*.
- [4] More, M. P. (2013). 3D printing making the digital real
- [5] Nuslika Purwanti, D., Setiawan, B., & Dewatama, D. (n.d.). *Kontrol Resume pada Mesin 3D Printer 2x2x2M POLINEMA Berbasis MCU Bigtree*.
- [6] Fiiirizky,A.(2020). Kontrol dan Monitoring Heater Pada Bedplate Mesin 3D Printing dengan Menggunakan Metode PID.
- [7] Cahya Diyanto, Muhammad Agung(2021). Pengatur Suhu dan Debit Extruder pada 3D Printing Simestris Bilateral
- [8] Stopforth,R.(2021). Conductive polylactic acid filaments for 3D printed sensors: experimental electrical and thermal characterization, *Sci. Afr.*
- [9] Evans, Brian. (2012). Practical 3-D Printers – The Science and Art of 3D Printing. *3-D Printer for Libraries*, 50(5),23-31
- [10] ASTM 2792-12a, Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies1,2
- [11] K Tran, N. H., Nguyen, V. C., & Nguyen, V. N. (2017). Study on design and manufacture of 3D printer based on fused deposition modeling technique. *IJEAT*, 6, 83-88

