

IMPELEMENTASI *EXTRUDER GEETECH MK8* PADA PROTOTYPE PRINTER 3D MENGUNAKAN ARDUINO DAN RAMPS 1.4 CONTROL BOARDS

IMPLEMENTATION OF *GEEETECH MK8* EXTRUDER ON 3D PRINTER PROTOTYPE USING ARDUINO AND RAMPS 1.4 CONTROL BOARDS

Ery Muchyar Hasiri¹, La Raufun², L.M. Ikralkalbi³

Program Studi Teknik informatika

Universitas Dayanu Ikhsanuddin

Jl. Dayanu Ikhsanuddin no.124 Baubau Sultra telp. (0402)2821138

1erymuchyarhasiri@unidayan.ac.id, 2el.raufun@gmail.com, 3ikralkalbi69@gmail.com

Abstrak

Printer 3D merupakan sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi percetakan, Printer 3D adalah sebuah printer yang mampu mencetak benda berdimensi tiga, bukan berupa gambar atau tulisan diatas kertas, Printer 3D ini masih dijual dengan harga yang sangat mahal untuk umum. Penelitian ini bertujuan membuat suatu rancangan Printer 3D yang sederhana dari segi pengadaan bahan. Rancang bangun alat 3 dimensi ini menggunakan metode 3 (tiga) axis X,Y,Z, dan komponen pendukung yaitu aduino mega 2560, ramps 1.4, extruder geetech mk8, power supply, motor Stepper, filament, switch endstop, dan haed bed dan software pendukung Arduino IDE, PrusaSlicer Standalone 2.4.1, Marlin 1.1, 3D Modeling Thinkercad. Rangka alat printer 3D ini menggunakan bahan besi plat dengan diameter 2x4, sedangkan untuk ukuran diameter printer 3D secara keseluruhn yaitu lebar 350mm, Panjang 350mm, tinggi 530mm, cara kerja printer 3D ini menggunakan Extruder mendorong filament masuk ke Nozzle yang sudah dipanaskan dan filament otomatis akan meleleh pengaruh panas yang diberikan oleh Nozzle, kemuadin lelehan tersebut akan membentuk objek 3 dimensi dengan pergerakan masing-masing axis X,Y,Z sesuai dengan perintah G-code (Objek 3D) yang diberikan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat printer 3D hanya mampu mencetak objek berdiameter lebar 20mm Panjang 20mm tinggi 20mm dengan setingan parameter yaitu, Extruder step = 47 step/mm, tinggi layer = 0,2mm, printer Speed = 50mm/step, panas Nozzle = 210°C, dan panas bed = 60°C.

Kata kunci : Ramps 1.4, Arduino mega 2560, Extruder, printer 3D

Abstract

3D printers are a new breakthrough in the world of printing technology, 3D printers are printers that are capable of printing three-dimensional objects, not images or writing on paper, these 3D printers are still sold at very expensive prices to the public. This study aims to make a simple 3D Printer design in terms of material procurement. The design of this 3-dimensional tool uses the 3 (three) axis X, Y, Z method, and supporting components, namely aduino mega 2560, ramps 1.4, extruder geetech mk8, power supply, stepper motor, filament, endstop switch, and haed bed and software supports Arduino IDE, PrusaSlicer Standalone 2.4.1, Marlin 1.1, Thinkercad 3D Modeling. The frame of this 3D printer uses plate iron material with a diameter of 2x4, while the overall diameter of the 3D printer is 350mm wide, 350mm long, 530mm high, the way this 3D printer works is using an extruder to push the filament into the heated nozzle and the filament will automatically melted by the heat given by the nozzle, then the melt will form a 3-dimensional object with the movement of each X, Y, Z axis in accordance with the given G-code (3D Object) command. The results of this study indicate that the 3D printer is only able to print objects with a diameter of 20mm width 20mm height 20mm with parameter settings, namely, Extruder step = 47 steps/mm, layer height = 0.2mm, Printer Speed = 50mm/step, Nozzle heat = 210oC, and bed heat = 60oC.

Keywords: Ramps 1.4, Arduino mega 2560, Extruder, printer 3D.

1. PENDAHULUAN

Printer 3D merupakan sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi percetakan digital. Printer 3D adalah sebuah printer yang mampu mencetak benda berdimensi tiga, bukan berupa gambar atau tulisan di atas kertas. Kelebihan dari printer 3D adalah sangat memungkinkan untuk membuat berbagai bentuk pola rumit. Hal ini dikarenakan keleluasan gerakan printer pada ruang lingkup tiga dimensi. Terkait dengan definisinya tersebut maka printer 3D dapat berfungsi penting dalam dunia manufaktur. Dari segi material printer, material yang hingga saat ini umumnya digunakan untuk printer 3D adalah plastik, metal dan keramik. Namun terdapat beberapa jenis filamen yang masih belum umum digunakan, salah satunya yaitu jenis lilin. *Filamen* lilin dibandingkan dengan *filamen* lainnya seperti plastik, memiliki titik leleh yang paling rendah dan mempunyai kelebihan yaitu dapat diuapkan. Apabila alat ini dapat membuat pola lilin yang rumit, maka salah satu contoh pada pengaplikasiannya adalah dapat digunakan sebagai pembuatan pola untuk proses *lost wax-casting*. Saat ini alat printer 3D pada umumnya dijual dengan harga yang mahal. Hal ini dikarenakan konstruksi alat yang rumit dan besar. Pada tugas akhir ini penulis akan mencoba membuat alat printer 3D dengan rancangan lebih sederhana dan penggunaan material lilin sebagai bahan material produk dari yang dihasilkan oleh alat printer 3D.

Beberapa penelitian yang terkait dengan judul yang diangkat dalam penelitian ini yaitu dengan judul “Perancangan Mesin 3d Printer Dengan Metode Reverse Engineering” tujuan dari penelitian ini adalah untuk sebagai acuan untuk merancang produk yang sejenis dengan memperkecil dan meningkatkan keunggulan produk [1].

Peneilitian selanjutnya dengan judul “Pelapisan Produk Hasil Printer 3 Dimensi Dengan Dengan Menggunakan Cat Dan Pelapis Resin” tujuan dari penelitian ini dalah untuk mengetahui tingkat kekasaran bahan plastik ABS dari produk printer 3D dengan fill density 20% dan 50% yang tidak dilapisi, dilapisi cat Chrome dan dilapisi Gelcoat Resin Pengujian ini mengunakan bahan (ABS) dengan pengujian kekasaran pada variasi bahan ABS dengan fill density 20% dan 50% yang tanpa pelapis, dengan pelapis cat Chrome dan dengan pelapis RenGel [2].

Penelitian lainnya dengan judul “Perancangan Dan Pembuatan Mesin 3D Printer Tipe Cantilever” Tujuan dari penelitian ini akan membahas mengenai alternative desain mesin 3D printer FFF dengan model cantilever yang menggunakan 4 motor stepper sehingga lebih hemat komponen. Proses desain dan assembly 3D printer tipe cantilever menghasilkan mesin dengan area kerja 200 x 200 x 200 mm dan ketelitian 0,1 mm. Mesin 3D printer yang didesain memiliki komponen utama berupa komponen mekanik dan elektrik. Komponen mekanik terdiri dari frame, linear guide, bracket, leadscrew, pulley dan timing belt. Komponen elektrik terdiri dari controller, lcd, motor stepper, limit switch, soket serta power supply. Dengan meminimalisir jumlah motor stepper yang digunakan, maka desain 3D printer tipe cantilever dinilai lebih ekonomis dengan desain yang minimalis. Mesin seperti ini cocok digunakan untuk kegiatan-kegiatan yang bersifat mobile. 3D printer ini kedepan akan dimanfaatkan untuk melakukan pelatihan kepada masyarakat untuk memperkenalkan teknologi manufaktur baru, yaitu proses cetak 3 dimensi [3].

Penelitian selanjutnya dengan judul “Pelatihan Perancangan Part 3 Dimensi Dengan Autodesk Inventor”. Pelatihan ini diawali dengan pembuatan sketsa dua dimensi benda kerja, pembangunan part tiga dimensi, pembuatan gambar teknik (engineering drawing) per part, dan diakhiri dengan pembuatan gambar rakitan (assembly drawing) dengan software tersebut [4].

Penelitian lainnya dengan judul “Perancangan 3d Printer Tipe Core Xy Berbasis Fused Deposition Modeling (Fdm) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015” Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan struktur mekanik dari perancangan desain rangka 3D Printer tipe Core XY menggunakan software Autodesk Inventor 2015 dan mengetahui kualitas produk hasil 3D Printer yang dibuat. Penelitian ini merupakan jenis perancangan dengan metode Pahl & Beitz dengan tahapan penjabaran tugas atau spesifikasi, perancangan konsep, perancangan wujud, dan perancangan secara terperinci [5].

Dalam penelitian lainnya yang berjudul “Rancang Bangun Printer 3d Menggunakan Kontroller Arduino Mega 2560” Tujuan dari penelitian kami adalah; merancang bangun mesin printer 3D dengan kontroller arduino mega 2560 dengan dukungan memory card yang bisa menyimpan file yang akan dieksekusi sehingga proses pencetakan tidak harus selalu terhubung dengan PC. Metode yang digunakan adalah riset developmen yang akan menghasilkan produk berupa prototipe mesin printer 3d menggunakan metode printing fused filament fabrication [6].

Penelitian selanjutnya dengan judul “Pengaruh Parameter Proses Ektrusi 3d Printer Terhadap Sifat Mekanis Cetak Komponen Berbahan Filament Pla (Poly Lactide Acid)”, Penelitian ini bertujuan untuk 1). Mendapatkan parameter proses mesin 3D Printer. 2). Data sifat mekanis hasil cetak filamen berbahan PLA dari 3D Printer [7].

Penelitian lainnya dengan judul “Sistem Kontrol Temperatur Metode Pid Heatbed Dan Ekstruder Pada Printer Tiga Dimensi” Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem kontrol suhu pada Hotend dan Heat Bed menggunakan metode PID (Proporsional Integral Derivativ) yang dipakaikan pada printer tiga dimensi dengan metode FDM dan Filament PLA [8].

Penelitian lainnya dengan judul “3d Printer Chocolate Berbasis Arduino” Penelitian ini memiliki tujuan adalah untuk merancang ekstruder pada alat Printer 3D khusus mencetak bahan coklat [9].

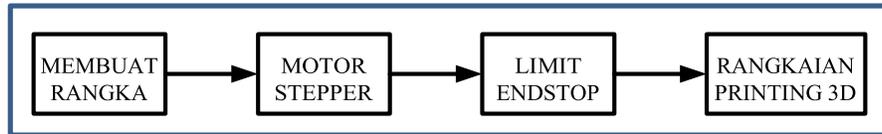
Penelitian lainnya dengan judul “Sistem Auto Resume Pada 3d Printer” Pada penelitian kali ini akan dibahas mengenai penggunaan mini UPS untuk sistem Auto Resume pada 3D Printer agar dapat melanjutkan proses printing tanpa harus memulai ulang saat listrik padam sesaat [10].

Pengembangan penelitian selanjutnya dengan judul Implementasi *Extruder Greetech MK8* pada *Prototype Printer 3D* Menggunakan Arduino dan Ramps 1.4 Control Boards. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat cetak tiga dimensi berbasis *mikrokontroler arduino mega 2560* dan *Ramps 1.4 Control Boards*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan membangun sistem *prototipe* printer 3D menggunakan komponen berupa hardware seperti *extruder*, *nozzle*, filamen, *servo*, *mikrokontroler Arduino mega 2560* dan software pendukung seperti Arduino IDE, PrusaSlicer Standalone 2.4.1, Marlin 1.1, 3D Modeling Thinkercad.

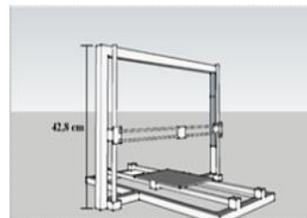
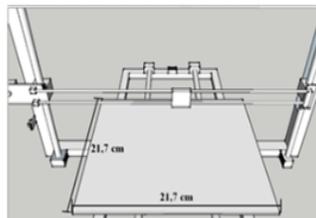
2.1 Diagram perncangan printer 3D



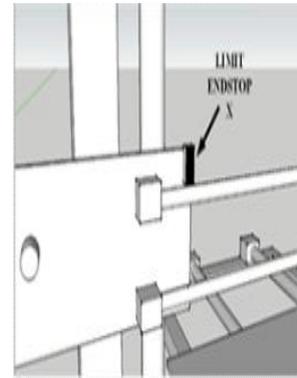
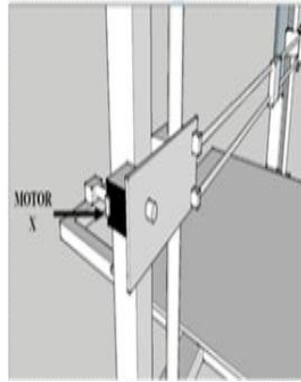
Gambar 1. Diagram perncangan printer 3D

2.2 Merancang Hardware Mesin Printer 3D

Perancangan hardware dengan melakukan perancangan bed, perancangan tinggi printer, perancangan dudukan motor stepper, perancangan dudukan enstop dan dudukan Extruder. Perancangan printer 3D seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2. Perancangan P x L bed 21,7 cm x 21,7 Gambar 3. pencangan tinggi printer 3d 35cm



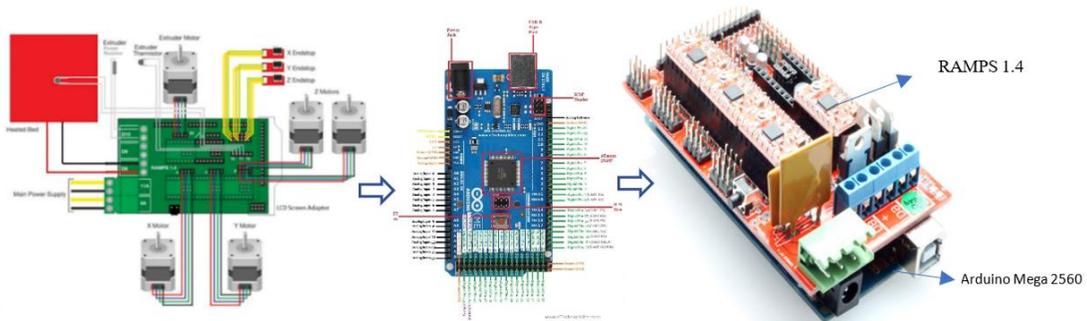
Gambar 4. Merancang motor stepper printer 3d Gambar 5. merancang limit endstop printer 3d

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Wiring Diagram

Pada Gambar 7 diperlihatkan perangkat keras yang digunakan pada printer 3 dimensi, dan bagaimana koneksi masing-masing terhadap *control board* RAMPS 1.4, dan dihubungkan dengan Arduino mega 2560. Dengan posisi pin male bawah *control board* RAMPS 1.4 ditempatkan pada pin



female atas Arduino.

Gambar 6. Koneksi Perangkat Keras Pada *Control*

3.1.2 Spesifikasi Desain Printer 3D

Tabel 1. Spesifikasi Desain

Dimensi Mesin (X Y Z)	350 mm, 350 mm, 350 mm
bahan	Besi 2x4
Dimensi Printer	200 mm, 200 mm, 150mm
<i>Control Board</i>	Ramps 1.4
Bahan <i>Filament</i>	ABS
Diameter <i>Filament</i>	1,75 MM
Kecepatan Max Print	50 mm/S
Diameter <i>Nozzle</i>	0,4 mm
Ketebalan Lapisan	0,1 Mm -0,3 mm
<i>Software Slicing</i>	Prusa slicer

3.1.3 Perancangan *Extruder*

jenis *Extruder* yang digunakan adalah *Geetech MK8*, yang umum dipasaran, dengan komponen seperti tampak pada Gambar 8.

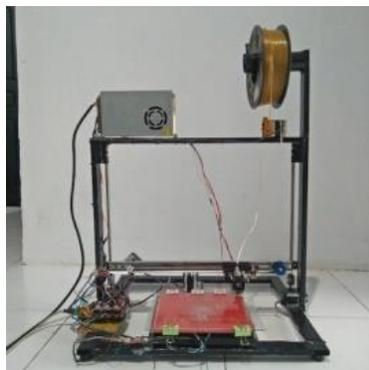


Gambar 7. *Extruder Geetech MK8*

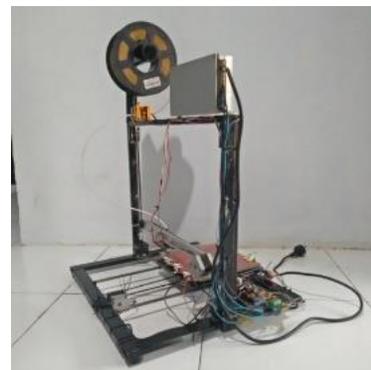
Extruder Geetech MK8 dapat dipasangkan dengan *motor stepper Nema 17*. *Extruder* ini bekerja dengan cara menjepit *filament* diantara *roller* dan *drive gear*. *Drive gear* yang digunakan memiliki diameter efektif 11mm.

3.1.4 Dimensi printer 3 dimensi

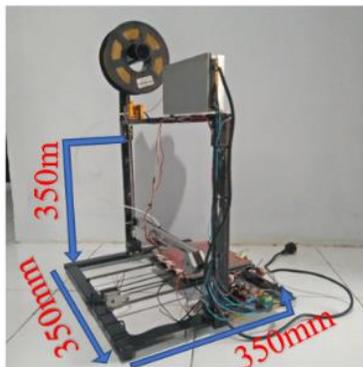
Dimensi dari printer 3D ini, seperti terlihat pada Gambar 4.6 adalah untuk sumbu X=350mm, sumbu Y=350mm, sumbu Z=350mm.



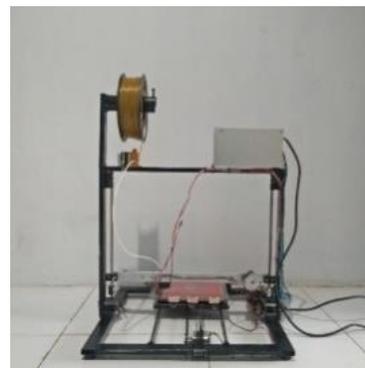
Gambar 8. Printer 3D Tampak Depan



Gambar 9. printer 3D tampak samping



Gambar 10. Dimensi printer 3D



Gambar 11. Printer 3D Tampak Belakang

3.2 Pembahasan

proses pencetakan Printer 3D memiliki tingkat akurasi dan presisi yang baik. Presisi adalah pengukuran seberapa baik alat bekerja. Akurasi adalah seberapa benar alat bekerja sesuai dengan tuntutan. Cara untuk mengecek akurasi serta presisi adalah dengan membuat banyak benda dengan ukuran yang sama. Hasil print tersebut dapat dikatakan memiliki tingkat akurasi serta presisi baik ketika hasil pengukuran dari antar objek memiliki selisih yang kecil, kurang lebih 0.1 mm untuk antar benda.

Tabel 2. Hasil Percobaan Akurasi dan Kepresisian

No	Tujuan	Parameter yang diatur	Hasil	gambar
1	Mendapatkan ukuran yang tepat untuk sumbu x = 20 mm dan sumbu y = 20 mm dari lima benda yang dicetak secara bersama - sama	<i>Layer height = 0.2 mm</i> <i>Printer Bridging = 50 mm/s</i> <i>Hotend = 210°C</i> <i>Bed = 60°C</i> <i>Fan = on</i>	Didapatkan ukuran benda menjadi presisi	

3.2.1 pengujian alas cetak

Bertujuan untuk mensejajarkan posisi alas cetak terhadap *nozzle*. Posisi alas cetak yang sejajar dengan *nozzle* akan mempermudah proses cetak. Cara kalibrasi alas cetak adalah dengan mengukur tingkat kesejajaran menggunakan kertas F4 berdimensi 0.1mm. Alas cetak diukur pada bagian atas sesuai rute pada Gambar 1



Gambar 12. Pengujian alas cetak

Dengan cara mengatur jarak antara alas cetak dengan ujung *nozzle*. *Nozzle* didekatkan ke alas cetak, kemudian kertas F4 diletakkan di antara keduanya. *Nozzle* kemudian didekatkan kembali hingga menyentuh kertas F4. Indikator jarak sudah ideal adalah jika kertas F4 di lapis dua tidak dapat masuk diantara *nozzle* dan alas cetak.

3.2.2 Pengujian *Extruder Step*

Kalibrasi *extruder step* untuk memastikan *step* dari motor *extruder* sudah sesuai. Pendekatan kalibrasi *extruder step* dapat dilakukan dengan cara tandai *filament* sejauh 100 mm (ukuran dapat diubah). Kemudian *extrude* sebanyak 100 mm. Ukur kembali, jika yang terextrud hanya 90 mm maka *step* per mili di rubah dengan hitungan :

$$\text{Kalibrasi motor stepper} = (pn * pf) / nt$$

Ket : pn = Panjang yang diinginkan

Pf = Panjang nilai *firmware*

nt = nilai yang terukur

contoh :

$$(\text{panjang yang diinginkan} * \text{Panjang nilai firmware}) / \text{nilai yang terukur}$$

$$(100 * 100) / 90 = 111.11.$$

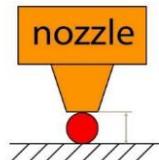
Tabel 3. Hasil Percobaan Step Extruder

No	Tujuan	Parameter Yang Di Atur	Hasil	Gambar
1	Uji 1 = mendapatkan benda dengan hasil print yang halus	- Extruder step per mm = 100 step/mm -Printer <i>Bridging</i> = 100 mm/s - <i>Hotend</i> = 250°C - <i>bed</i> = 60°C - Fan = on	Didapatkan <i>layer</i> yang menumpuk.	
2	Uji 2 = mendapatkan benda dengan hasil print yang halus	- Extruder step per mm = 50 step/mm -Printer <i>Bridging</i> = 50 mm/s - <i>Hotend</i> = 230°C - <i>bed</i> = 60°C - Fan = on	Benda masih terdapat celah.	
3	Uji 3 = mendapatkan benda dengan hasil print yang halus	- Extruder step per mm = 47 step/mm -Printer <i>Bridging</i> = 50 mm/s - <i>Hotend</i> = 230°C - <i>bed</i> = 60°C - Fan = on	Benda sudah tertutup dengan baik, serta ukurannya sudah sama tiap tingkatnya.	

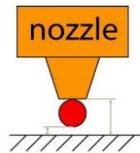
3.2.3 Pengujian Ketinggian Lapisan Cetak

Parameter tinggi lapisan diatur untuk mengatur ketinggian antar lapisan objek 3D. Batas dari *Layer height* adalah di bawah 80 % dari diameter lubang *nozzle*. Jika menggunakan *nozzle* ukuran 0.4 berarti batas maksimal *Layer height* adalah $0.4 \times 80 \% = 0.32$ mm.

Parameter tinggi lapisan berpengaruh pada kemampuan menempel ke area kerja dan juga lapisan sebelumnya. Secara ideal diameter keluaran plastik dari *nozzle* sama dengan diameter ujung *nozzle*. Sehingga tinggi lapisan tidak boleh melebihi diameter ujung *nozzle*.



Gambar 13. Tinggi lapisan sama dengan diameter *nozzle*



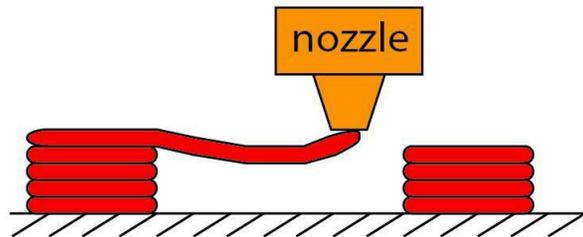
Gambar 14. Tinggi lapisan lebih besar daripada diameter



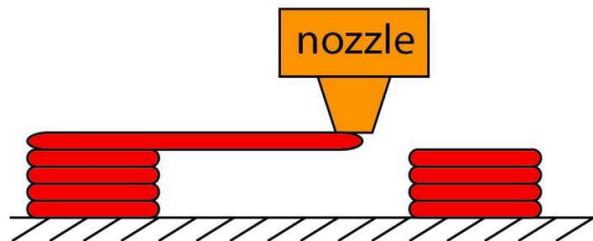
Gambar 15. Tinggi lapisan lebih kecil daripada diameter *nozzle*

3.2.4 Pengujian Objek Dengan Bagian Melayang (*Bridging*)

Pengujian ini dilakukan dengan cara mencetak objek dengan bagian menyerupai jembatan, artinya hanya bagian ujung benda yang menjadi tumpuan. Parameter yang didapatkan pada pengujian ini adalah kecepatan *Bridging*. Kecepatan ketika proses *Bridging* lebih cepat daripada proses ekstrusi biasa sehingga hasil ekstrusi bisa cepat dingin. Proses pendinginan yang lebih cepat ini mengakibatkan hasil ekstrusi bisa melayang tanpa tumpuan di bawahnya. Jika kecepatan *Bridging* terlalu cepat maka hasil ekstrusi akan putus ditengah jalan tetapi jika terlalu lambat, maka hasil ekstrusi akan jatuh ke bawah.



Gambar 16. Hasil Cetak jika Kecepatan *Bridging* Terlalu Lambat



Gambar 17. Hasil Cetak Dengan Kecepatan *Bridging* Yang Sesuai

3.2.5 pengujian Akurasi Dan Presisi

Pada proses ini dilakukan untuk mengecek apakah mesin 3D Printer memiliki tingkat akurasi dan presisi yang baik. Presisi adalah pengukuran seberapa baik alat bekerja. Akurasi adalah seberapa benar alat bekerja sesuai dengan tuntutan. Cara untuk mengecek akurasi serta presisi adalah dengan membuat banyak benda dengan ukuran yang sama. Hasil print tersebut dapat dikatakan memiliki tingkat akurasi serta presisi baik ketika hasil pengukuran dari antar objek memiliki selisih yang kecil, kurang lebih 0.1 mm untuk antar benda.

Tabel 4. Hasil Percobaan Akurasi dan Kepresisian

No	Tujuan	Parameter yang diatur	Hasil	gambar
1	Mendapatkan ukuran yang tepat untuk sumbu x = 20 mm dan sumbu y = 20 mm dari lima benda yang dicetak secara bersama - sama	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Layer height</i> = 0.2 mm -Printer <i>Bridging</i> = 50 mm/s - <i>Hotend</i> = 210°C - <i>bed</i> = 60°C - <i>Fan</i> = on 	Didapatkan ukuran benda menjadi presisi	

4. KESIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan, realisasi sistem dan pengujian alat secara keseluruhan diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Printer 3D berbasis *arduino mega 2560* dapat berfungsi dengan baik dengan parameter:
 - a. *Extruder step* terbaik pada angka 47 step/mm.
 - b. Tinggi *layer* terbaik pada 0,2 mm.
 - c. Lebar *layer* terbaik pada 0,4 mm.
 - d. Kemampuan *Bridging* maximum pada *Speed* 50 mm/s adalah 15 mm.
 - e. Hasil cetak prototipe ini memiliki akurasi 0,1 mm
2. Proses cetak tiga dimensi memerlukan preparasi awal khususnya mengatur parameter dalam perangkat lunak sehingga produk yang dihasilkan maksimal. Hasil pengujian sistem keseluruhan menunjukkan sistem dapat memenuhi kebutuhan untuk proses pembuatan desain 3 dimensi guna mempermudah mendapatkan objek yang diinginkan sesuai kebutuhan.

5. SARAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem yang sudah dilakukan, ada beberapa hal masih dapat dikembangkan pada sistem ini untuk memperoleh sistem yang sempurna. pengembangan yang bisa dilakukan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengganti *Limit Switch* menjadi sensor *proximity*, karena mekanik pegas pada *Limit Switch* umur pakainya tidak lama.
2. Menambah sensor posisi maksimal pada tiap sumbu, sehingga meminimalisir potensi *over travel* (menabrak rangka mesin).
3. Pembuatan Alat untuk skala Industri dengan dimensi kerja yang lebih besar, dan konstruksi rangka yang lebih baik.
4. Menambahkan *SDcard* agar bisa menyimpan data ketika lampu padam dan dapat melanjutkan percetakan ketika lampu meyal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daywin, Frans Jusuf. Ddk, "Perancangan Mesin 3d Printer Dengan Metode Reverse Engineering," Jurnal Ilmiah Teknik Industri Vol. 7 No. 2, 79 – 89, 2019
- [2] Febriantoko, Bambang Waluyo & Rachman Rio Riyanto "Pelapisan Produk Hasil Printer 3 Dimensi Dengan Dengan Menggunakan Cat Dan Pelapis Resin", Universitas Wahid Hasyim Semarang, 2017.
- [3] Andriyansyah, D., Sriyanto, & Jamaldi, A. "Perancangan Dan Pembuatan Mesin 3D Printer Tipe Cantilever". Jurnal Abdi Masya, pp. 108-114. 2021
- [4] Emaputra, Andrean Dkk "Pelatihan Perancangan Part 3 Dimensi Dengan Autodesk Inventor", Abdimas Dewantara, vol 4, no. 2, pp. 12-23, Oktober 2021.
- [5] Amri, anief awalia nurul & wirawan sumbodo "Perancangan 3d Printer Tipe Core Xy Berbasis Fused Deposition Modeling (Fdm) Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015", jurnal dinamika vokasional teknik mesin, vol. 3, no. 2, pp. 110-115, oktober 2018.

- [6] Gunawan, budi dkk, “Rancang Bangun Printer 3d Menggunakan Kontroller Arduino Mega 2560”, universitas muria kudus, 2017.
- [7] Setiawan, Agris, “Pengaruh Parameter Proses Ektrusi 3d Printer Terhadap Sifat Mekanis Cetak Komponen Berbahan Filament Pla (Poly Lactide Acid)”, Jurnal Teknik STTKD, Vol.4, No. 2, Desember 2017.
- [8] Alfajri, Aidil & Mukhlidi Muskhir “Sistem Kontrol Temperatur Metode Pid Heatbed Dan Ekstruder Pada Printer Tiga Dimensi”, Ranah Research, Vol 4, no. 2, Februari 2022.
- [9] Wibisono, Andrean George & Bobi Kurniawan, “3d Printer Chocolate Berbasis Arduino”, Vol. 8, No. 1, pp. 2303 – 2901, April 2020.
- [10] Nur, Muhammad & Mukhlidi Muskhirm “Sistem Auto Resume Pada 3d Printer”, Universitas Negeri Padang, Vol. 4, No. 2, Februari 2022.