

PERAKITAN 3D PRINTER FUSED DEPOSITE MODELING (FDM) BERBASIS ARDUINO MEGA 2560

**Alpin Kurnia Putra¹⁾, Faqih Fidiyanto²⁾, Bayu Prakoso³⁾, Rian
Zandy Armantya⁴⁾, Muhammad Khasan Sandi⁵⁾, Firdhaus Hari
Saputro Al Haris⁶⁾**

^{1), 2), 3), 4), 5), 6)} Program Studi Teknik Informatika

Fakultas Sains, Teknologi dan Kesehatan, Universitas Sahid Surakarta
Jl. Adi Sucipto 154, Jajar, Surakarta, 57144, Telp. (0271) 743493,
743494

Email : ¹⁾alpheen.putra@gmail.com, ²⁾faqihfidiyanto@gmail.com,
³⁾bayup9791@gmail.com, ⁴⁾rianzan00@gmail.com,
⁵⁾khasan2403@gmail.com, ⁶⁾edo2003@gmail.com

Abstract

3D Printer is a hardware used to print object in 3D. The objects are designed in Computer Aided Design (CAD) software. The purpose of building 3D Printer using arduino mega 2560 is to reduce the production cost. So, the micro small and medium enterprises will have chances to prototype their own product. This research was using experimental method to built the 3D Printer. There are four main steps on building the 3D Printer : (1) Framing, (2) Building the extruder, (3) Configuring the code, and (4) Powering the printer. This research was taken on April to October 2018, in Surakarta and Yogyakarta. The result of this research is a 3D Printer based on Arduino Mega which can print object up to 0.4mm detail and cost less than IDR 2.4 Million, which mean it's the cheapest 3D Printer with 30cm x 30cm working area.

Keywords : 3D Printer, Arduino, Low Cost, Fused Deposite Modeling.

Pendahuluan

Latar Belakang

3D Printer atau pencetak tiga dimensi adalah sebuah alat yang digunakan untuk menciptakan objek tiga dimensi. Objek tiga dimensi diciptakan dengan aplikasi komputer yang disebut dengan aplikasi *computer aided design* atau *CAD*. Objek tiga dimensi tersebut kemudian ditransliterasikan kedalam bahasa *gcode* yang merupakan bahasa yang biasa digunakan dalam peralatan pemesinan otomatis.

3D Printer merupakan salah satu contoh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang bisa diterapkan di berbagai aspek kehidupan manusia. *3D Printer* sangat erat kaitannya dengan *prototyping*. Dalam dunia industri, *prototyping* merupakan salah satu cara untuk mengembangkan suatu produk. Hal ini diperkuat oleh Sumantri (2012) yang mengungkapkan bahwa dalam industri manufaktur, desain suatu produk menjadi bagian yang sangat penting mengingat begitu ketatnya persaingan dan cepatnya inovasi-inovasi yang dikeluarkan oleh produsen untuk mendapatkan pasar penjualan.

3D Printer juga merupakan *self-replicating machine* atau mesin yang mampu mereplikasi dirinya sendiri, karena 3D Printer mampu mencetak sekitar 70% - 80% bagian yang dibutuhkan dari sebuah 3D Printer lainnya. (Szulzyk-Cieplak et al., 2014). Meskipun demikian, 3D Printer merupakan peralatan yang terbilang mahal bagi pelaku industri UMKM.

Industri miniatur kereta api, membutuhkan panjang gerbong sekitar 24cm. Padahal, 3D Printer di pasaran mayoritas memiliki dimensi kerja sebesar 20x20cm. 3D Printer dengan dimensi 30x30cm harganya mencapai Rp. 4.500.000,-. Oleh sebab itu, penelitian ini akan membahas proses perakitan 3D Printer menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang memiliki area kerja sebesar 30x30cm dengan tujuan untuk membuat 3D Printer yang dapat dijangkau oleh pelaku industri UMKM.

Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas, muncul permasalahan yaitu penggunaan Arduino Mega (ATMega 2560) sebagai mikrokontroler dalam perakitan 3D Printer yang memiliki dimensi kerja 30x30cm dan juga untuk menekan biaya perakitan 3D Printer agar dapat dijangkau oleh UMKM.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menggunakan Arduino Mega (ATMega 2560) sebagai mikrokontroler dalam merakit 3D Printer
2. Menekan biaya perakitan 3D Printer agar dapat terjangkau oleh pelaku industri UMKM.

Landasan Teori

Pengertian Perakitan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) perakitan diartikan sebagai proses menggabungkan beberapa bagian. Perakitan merupakan bagian dari proses manufaktur yang perlu dievaluasi sejak tahap perancangan produk. Hal ini diperlukan untuk menghindari kegagalan yang disebabkan oleh kesalahan toleransi, dimensi yang tidak sesuai, dan kesulitan instalasi komponen (Alfadhilani dan Toha, 2008).

Pengertian 3D Printer

3D Printer adalah sebuah mesin yang mampu menciptakan objek fisik dari sebuah model digital tiga dimensi, yang mana cara kerjanya adalah dengan menumpuk *layer per layer* dari sebuah material, baik berupa *thermoplastic*, *nylon*, atau bahkan *fiber* hingga terbentuklah model tiga dimensi. Adapun model digital tiga dimensi tersebut dibuat dalam program komputer yang berjenis *Computer Aided Design*. Model yang terbuat harus dalam keadaan *manifold (solid mesh)* agar tidak terjadi kesalahan dalam proses konversi ke gcode.

Dari segi bahan yang digunakan, ada 2 jenis printer yang lazim digunakan, yaitu 3D Printer FDM dan SLA. FDM merupakan 3D Printer dengan bahan *thermoplastic* yang dilelehkan, sedangkan SLA menggunakan UV Resin untuk membentuk objek. Dalam penelitian ini 3D Printer yang dirakit adalah 3D Printer dengan model FDM yang komponen yang digunakan lebih murah dan lebih mudah didapatkan di pasaran Indonesia.

Pengertian Fused Deposite Modeling

Fused Deposition Modeling merupakan salah satu teknologi dalam mesin *rapid prototyping* yang berfungsi untuk membuat *prototype* dengan cara memasukkan material *thermoplastic* ke dalam *heater* hingga terjadi perubahan fase dari *solid* menjadi *semisolid* dan mendepositkan material *semisolid* tersebut *layer by layer* hingga *prototype* tersebut jadi secara utuh. (Sumantri, 2012).

Pada 3D Printer model FDM, ada berbagai jenis material *thermoplastic* yang digunakan, diantaranya PLA, ABS, PETG, HIPS, dan Flexible Filament. PLA merupakan *thermoplastic* dengan bahan utama serat jagung, yang mana titik optimal penggunaan PLA pada 3D Printer berjenis FDM berkisar antara 190-220° C. PLA juga paling umum digunakan dalam industri 3D Printing skala kecil, karena material PLA tidak membutuhkan penutup di area kerja 3D Printer. Dalam penelitian ini, 3D Printer yang akan dirakit hanya akan mendukung pencetakan dengan filamen PLA saja.

Pengertian Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan satu sistem komputer yang pada hakikatnya sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip IC*. (Arifin et al., 2016). Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serbaguna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan pemrograman *Input-Output*. Mikrokontroler mengandung sebuah inti prosesor, memori dan pemrograman *Input-Output*. (Oktariawan et al., 2013).

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler adalah sistem komputer yang berisi minimal memori dan pemrograman *input-output* yang diprogram untuk melakukan penghitungan, menerima *input* dan menghasilkan *output* yang sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip IC*.

Pengertian Arduino

Arduino adalah sebuah *open-source project* yang menciptakan perangkat berbasis mikrokontroler untuk merakit perangkat digital maupun peralatan interaktif yang dapat merasakan dan mengontrol perangkat fisik. Arduino mengkombinasikan sebuah mikrokontroler dengan berbagai sensor yang dapat dihubungkan menjadi berbagai *project* yang membuatnya sangat fleksible dan mudah dikembangkan. (Khan et al., 2017).

Pada penelitian ini, Arduino yang digunakan adalah Arduino Mega yang merupakan board dengan mikrokontroler Atmega 2560. Arduino Mega dipilih karena sudah tersedianya shield khusus untuk memasang driver motor stepper dan segala komponen 3D Printer ke dalam Arduino Mega. Shield tersebut adalah RAMPS 1.4 yang juga mampu mengalirkan daya 12v 30A ke dalam komponen 3D Printer.

Pengertian Motor Stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. (Prakasa, 2017).

Penelitian ini menggunakan motor stepper berjenis NEMA 17 yang merupakan motor stepper paling terjangkau dan lazim digunakan pada mesin CNC berskala kecil. NEMA 17 merupakan motor stepper dengan ukuran 1.7 inch x 1.7 inch (sekitar 4.1cm x 4.1cm) pada ukuran plat muka.

Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi literatur, dimana penelitian ini akan berlandaskan pada literatur terkait perakitan 3D Printer yang sudah ada. Dalam penelitian ini akan dibuat sebuah 3D Printer menggunakan Arduino Mega (ATMega 2560) dan menggunakan frame aluminium profile 2020.

Perancangan 3D Printer

Pada penelitian ini, 3D Printer akan diberi frame menggunakan aluminium profile 2020. Aluminium dipilih karena memiliki tingkat kerigidan serta tahan terhadap getaran.

Instrumen Penelitian

Perangkat Keras

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, dijabarkan sesuai kategori berikut :

Alat

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| 1. Kunci L | 3. Laptop atau Komputer |
| 2. Gergaji Tangan | 4. Kabel data serial |

Bahan

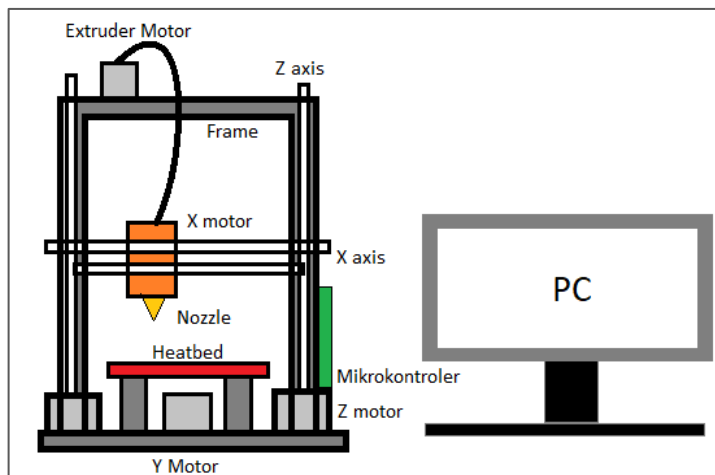
- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. Arduino Mega 2560 | 12. Sekrup M3 |
| 2. Ramps 1.4 | 13. Belt GT2 6mm pitch 2mm |
| 3. Motor Stepper Driver DRV8825 | 14. Printed Parts bahan PLA |
| 4. DC Power Supply 12v 20A | 15. GT2 Pulley 6mm |
| 5. Aluminium Extrusion Profile 2020 | 16. GT2 Idler Pulley 6mm |
| 6. Corner Bracket Aluminium Profile 2020 | 17. Endstop |
| 7. Sekrup M5 | 18. Leadscrew M8 |
| 8. Motor Stepper Nema 17 | 19. Leadscrew Nut T8 |
| 9. Printed parts bahan PLA | 20. Dupont Cable 40cm |
| 10. E3D v6 Hotend | 21. MK2B Heatbed |
| 11. Thermistor | 22. Linear bearing LM8UU |
| | 23. Smooth Rod 8mm |

Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dimaksud pada bagian ini adalah perangkat lunak yang digunakan pada saat proses konfigurasi mikrokontroler dan juga firmware yang diunggah pada mikrokontroler tersebut. Adapun perangkat lunak yang digunakan pada perakitan 3D Printer adalah sistem operasi Windows 10, Arduino IDE, dan Marlin Firmware 1.1.

Blok Diagram Global 3d Printer

Secara garis besar, ada 4 proses perakitan bagian dari 3D Printer, yaitu :



Gambar 1. Blok Diagram 3D Printer

1. Framing

Frame merupakan bagian vital dari 3D Printer. Frame inilah yang akan menentukan tingkat presisi dari objek yang akan dicetak. Frame merupakan “rumah” dari ketiga axis dalam 3D Printer yang akan dibuat. Frame terdiri atas *aluminium profile 2020, corner bracket profile 2020, sekrup M5*. Sedangkan sumbu x dan y terdiri atas *printed parts* bahan *PLA, linear bearing LM8UU, Smooth Rod 8mm*, dan *belt GT2 6mm*. Sedangkan sumbu z, terdiri atas *printed parts* bahan *PLA, linear bearing LM8UU, Leadscrew M8, Leadscrew Nut T8*, dan *belt GT2 6mm*.

2. Perakitan Ekstruder

Ekstruder merupakan penarik bahan plastik yang akan dilelehkan dan dibentuk. Ekstruder 3D Printer digerakkan oleh sebuah motor stepper dan dibantu oleh komponen mekanikal lain seperti gear dan bearing. Ekstruder memegang peranan penting dalam 3D Printer, apabila ekstruder menarik terlalu banyak filamen, maka leher nozzle akan lebih mudah macet, tetapi apabila ekstruder menarik terlalu sedikit filamen, objek yang dicetak akan rapuh karena kurang bahan. Ekstruder terdiri dari *Motor Stepper NEMA 17, Printed Parts* bahan *PLA, E3D v6 Hotend, Heatblock, PTFE Tube* dan *thermistor*.

3. Konfigurasi mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560. Sedangkan shield yang digunakan dalam perakitan 3D Printer ini adalah RAMPS 1.4. Firmware yang akan dikonfigurasi dalam penelitian ini adalah firmware Marlin 1.1. Adapun konfigurasi yang akan diubah diantaranya adalah penghapusan LCD, MicroSD, konfigurasi stepper motor dan endstop. Rangkaian mikrokontroler terdiri atas *power supply unit, arduino mega 2560, ramps 1.4, motor stepper driver DRV8825*, dan *heatsink*.

Proses perakitan rangkaian mikrokontroler terdiri dari :

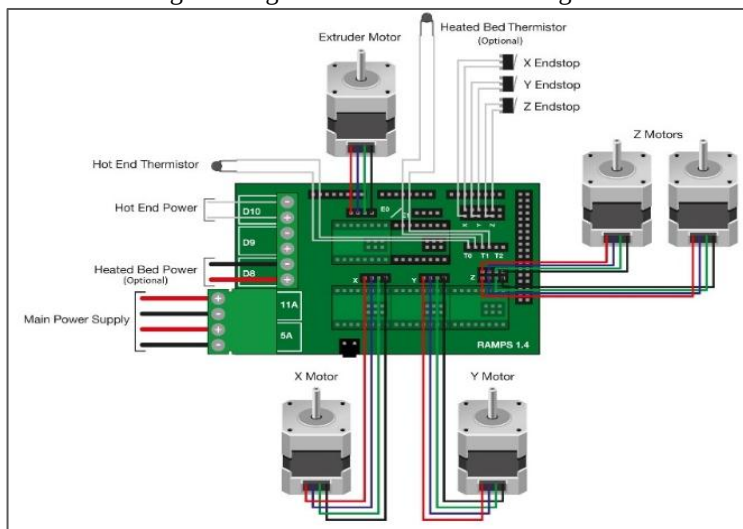
- Arduino mega 2560 dipasangkan dengan RAMPS 1.4 dan juga motor stepper driver DRV8825 dan juga heatsink motor stepper driver DRV8825.
- Marlin firmware 1.1 diupload kedalam rangkaian arduino mega 2560.

4. Pengkabelan

Power supply 12v 30A dihubungkan ke modul mikrokontroler. Perkiraan daya dari 3D Printer ini adalah 90 watt apabila tidak menggunakan heatbed.

Blok Diagram Rangkaian Mikrokontroler

Skema blok diagram rangkaian mikrokontroler sebagai berikut:



Gambar 2. Blok diagram rangkaian mikrokontroler

Komponen rangkaian mikrokontroler terdiri dari :

X Motor : berguna untuk menggerakkan *extruder* di sumbu X.

Y Motor : berguna untuk menggerakkan *heatbed* di sumbu Y.

Z Motor : berguna untuk menggerakkan *extruder* di sumbu Z.

Extruder Motor : berguna untuk menarik/mengulur filament di dalam *extruder*.

X, Y, Z *Endstop* : berguna sebagai parameter pergerakan sumbu X, Y, dan Z.

Ketika *endstop* terpicu, maka pergerakan di sumbu dimana *endstop* dipasang akan dihentikan.

Thermistor : berfungsi sebagai pengukur suhu *extruder* dan juga *heatbed*.

Thermistor ini juga berfungsi sebagai trigger ketika akan melakukan proses printing.

Rancangan Pengujian Alat

Hardware dan software perlu diperiksa kembali dan diuji keberhasilannya. Adapun indikator keberhasilannya disampaikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Rancangan Pengujian Alat

No	Nama Rangkaian	Indikator Keberhasilan
1	Mikrokontroler	- <i>Thermistor</i> mampu membaca suhu ekstruder dan <i>heatbed</i>. - Mampu menggerakkan <i>motor stepper</i>, baik sumbu x, y, dan z sesuai dengan perintah program.

2	Ekstruder	- Ekstruder mampu menarik <i>thermoplastic</i> ke dalam area <i>heating</i>. - <i>Thermoplastic</i> dapat meleleh melalui <i>nozzle</i> - Indikator suhu terbaca dengan benar.
3	Alas dan <i>Heatbed</i>	- Indikator suhu terbaca dengan benar
4	Frame dan sumbu x, y, dan z	- Sumbu x, y, dan z dapat bergerak secara linear dan presisi. - Frame rigid atau solid atau kokoh. - Belt GT2 terpasang secara kencang / tegang.

Hasil Dan Pembahasan

Penelitian ini berhasil merakit 3D Printer berbasis Arduino Mega 2560. Frame dirakit dengan menggunakan bahan utama aluminium profile 2020. Adapun sumbu axial X menggunakan printed part sebagai holder stainless steel rod berdiameter 8mm. Bagian tengah sumbu X adalah wadah bagi nozzle dan hotend. Sumbu axial Y menggunakan stainless steel rod berukuran 8mm dengan printed part yang ditanami mekanikal LM8UU sebagai alas heatbed. Adapun hasil perakitan frame ditunjukkan pada Gambar 3.



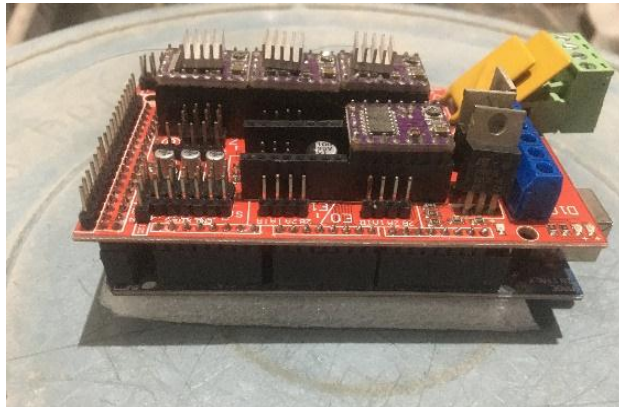
Gambar 3. Hasil perakitan frame



Gambar 4. Hasil perakitan ekstruder

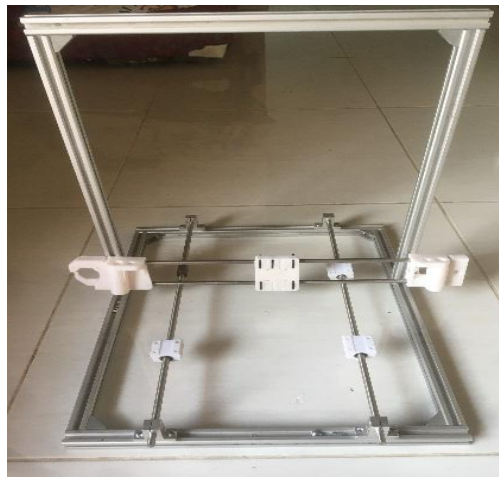
Model perakitan ekstruder adalah model *bowden*. Hal ini digunakan agar proses 3D Printing menjadi lebih cepat karena beban yang dibawa di sumbu X lebih ringan. Ekstruder yang dipakai adalah MK8 dengan model *hotend* E3D v6. *Ekstruder* model seperti ini cocok digunakan di thermoplastic PLA maupun ABS. Adapun hasil perakitan *ekstruder* ditunjukkan pada gambar 4.

Mikrokontroler dihubungkan dengan satu buah motor stepper untuk sumbu aksial X, Y, dan ekstruder. Ditambah dengan dua buah motor stepper untuk sumbu aksial Z. Driver yang digunakan untuk mengontrol masing masing motor stepper adalah DRV8825. Selain itu, modul mikrokontroler akan dihubungkan dengan endstop/limit switch dan juga thermistor untuk mengontrol suhu hotend. Adapun hasil perakitan mikrokontroler ditunjukkan pada gambar 5.



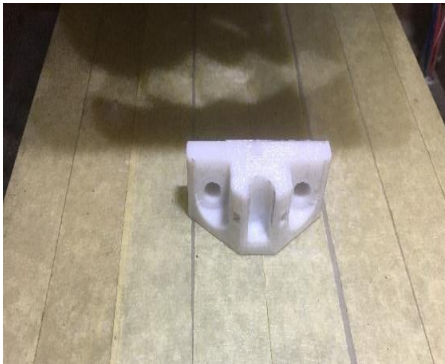
Gambar 5. Hasil perakitan mikrokontroler

Gambar 6 menunjukkan modul mikrokontroler yang dihubungkan dengan power supply unit 12v 30A. Perlu dicatat bahwa masing masing tegangan kerja motor stepper dan hampir keseluruhan komponen 3D Printer dalam penelitian ini menggunakan tegangan 12v. Adapun hasil penggabungan mikrokontroler dan power supply ditunjukkan pada gambar 6 berikut.

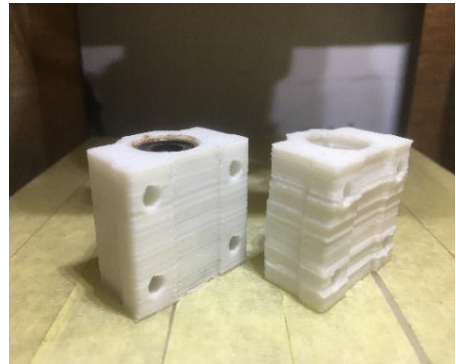


Gambar 6. Wiring antara mikrokontroler dan power supply

Hasil cetak objek tiga dimensi yang dihasilkan oleh 3D Printer dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 7. Gambar 7 tersebut merupakan percobaan setelah beberapa kali proses pencetakan. Adapun beberapa masalah yang biasa muncul dalam proses 3D Printing adalah lapisan pertama yang tidak menempel di heatbed/alas, layer bergeser, belt kendur, maupun motor stepper kurang arus. Gambar 8 berikut akan menunjukkan antara hasil cetakan yang pas atau hasil cetak yang gagal akibat masalah-masalah tersebut.



Gambar 7. Hasil pencetakan objek 3D pada 3D Printer



Gambar 8. Perbandingan hasil pencetakan yang berhasil dengan yang gagal

Sebelum melakukan pencetakan objek, sebelumnya printer telah melalui alpha test. Alpha test yang dilakukan adalah sesuai dengan rencana pengujian pada Tabel 1. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian printer.

No	Nama Rangkaian	Indikator Keberhasilan	Keterangan
1	Mikrokontroler	- <i>Thermistor</i> mampu membaca suhu ekstruder dan heatbed. - Mampu menggerakkan <i>motor stepper</i>, baik sumbu x, y, dan z sesuai dengan perintah program.	Berhasil
2	Ekstruder	- Ekstruder mampu menarik <i>thermoplastic</i> ke dalam area <i>heating</i>. - <i>Thermoplastic</i> dapat meleleh melalui <i>nozzle</i> - Indikator suhu terbaca dengan benar.	Berhasil
3	Alas dan <i>Heatbed</i>	- Indikator suhu terbaca dengan benar	Berhasil
4	Frame dan sumbu x, y, dan z	- Sumbu x, y, dan z dapat bergerak secara linear dan presisi. - Frame rigid atau solid atau kokoh. - Belt GT2 terpasang dengan kencang.	Berhasil

Cara mengoperasikan 3D Printer, berikut adalah prosedur yang harus dijalankan:

1. Hubungkan 3D Printer ke listrik 220v.
2. Hubungkan kabel USB ke komputer.
3. Buka software RepetierHost.exe
4. Pilih config, lalu pilih printer setting, lalu konfigurasi-kan sebagai berikut :
 - a. Pada tab connection, ubah baud rate ke 250000.
 - b. Pada tab script, ubah script di End Code, lalu masukkan kode “G28” (tanpa tanda petik). Hal ini berguna untuk mengembalikan *nozzle* ke *home position*.
5. Setelah printer terkonfigurasi, kembali ke menu awal.
6. Pada tab object placement, klik tanda plus untuk mengimpor model 3D.

7. Setelah object terbaca dan tidak ada error (*manifold*), lanjutkan ke tab slicer.
8. Pada tab *slicer*, konfigurasi-kan sebagai berikut :
 - a. Ubah nozzle diameter ke angka 0.4 mm.
 - b. Ubah filament diameter ke angka 1.75 mm.
 - c. Ubah extruder temperature ke angka 190-230° C.
9. Setelah diatur, pilih Slice. Slicer akan mengubah objek 3D menjadi format gcode yang akan dieksekusi oleh 3D Printer.
10. Setelah proses slicing selesai, tekan tombol print.
11. Perintah akan segera dieksekusi oleh 3D Printer, setelah parameter suhu terpenuhi.

Pada tabel 3 berikut merupakan *bill of material* dari perakitan 3D Printer.

Tabel 3. *Bill of Material* perakitan 3D Printer

Material	Justifikasi Pemakaian	Volume	Harga Satuan	Jumlah Biaya
Arduino Mega 2560 R3	Mikrokontroler Board 3D Printer	1 Unit	Rp. 130.000	Rp. 130.000
DRV8825	Driver motor stepper 3D Printer	5 Unit	Rp. 30.000	Rp. 150.000,-
Ramps 1.4	Machine Board 3D Printer	1 Unit	Rp. 85.000	Rp. 85.000,-
Power Supply 12v 30A	Power Supply 3D Printer	1 Unit	Rp. 125.000	Rp. 125.000
Motor Stepper NEMA17	Motor axis	5 Unit	Rp. 175.000	Rp. 875.000
Smooth Rod Stainless 8mm	Slider axis 3D Printer	3 meter	Rp. 50.000	Rp. 150.000
Timing Pulley	Rail untuk Belt	10 Unit	Rp. 23.000	Rp. 230.000
GT2 Belt	Belt untuk axis X, Y, dan Z	4 Meter	Rp. 25.000	Rp. 100.000
Linear Bearing	Holder pada Extruder Kit dan Bed pada saat bergerak	8 Unit	Rp. 11.000	Rp. 88.000
Akrilik Bed	Alas printer yang digunakan agar bisa mencetak dengan bahan ABS	1 Unit	Rp. 100.000	Rp. 10.000
Aluminium Profile 2020	Bahan utama frame 3D Printer	1 Unit	Rp. 40.000	Rp. 40.000
SK8 Rail Support	Holder rail aksial 3D Printer	4 unit	Rp. 18.000	Rp. 72.000
Sekrup 1cm 250Pcs	Penguat frame dan komponen 3D Printer	1 Unit	Rp. 50.000	Rp. 50.000
Extruder Kit + HotEnd	Nozzle kit dan Extruder Filament 3D Printer	1 Unit	Rp. 255.000	Rp. 255.000
TOTAL				Rp. 2.360.000

Pada tabel 3 tersebut, dapat dilihat bahwa *bill of material* dari perakitan 3D Printer dalam penelitian ini sejumlah Rp. 2.360.000 yang mana harga dari 3D Printer tersebut lebih murah dari 3D Printer dengan area kerja 30cm x 30cm yang beredar di pasaran.

Simpulan

Penelitian ini berhasil merakit 3D Printer dengan basis Arduino Mega 2560. 3D Printer tersebut, mampu mencetak objek dengan ukuran 30cm x 30cm x 40cm. Proses perakitan 3D Printer tersebut, secara garis besar terbagi menjadi : perakitan frame, perakitan extruder dan nozzle, pengkodean mikrokontroler, dan pengkabelan. Adapun kekurangan 3D Printer ini yaitu hanya mampu mencetak objek dengan material PLA (Polylactic acid) karena tidak menggunakan *enclosure*, sehingga apabila menggunakan material lain seperti ABS dan PETG, filamen tersebut akan terpengaruh suhu ruangan dan area kerja 3D Printer.

Sesuai dengan tujuan penelitian, 3D Printer yang dirakit dinilai sangat terjangkau oleh kalangan UMKM. Total biaya yang digunakan dalam perakitan ini adalah sebesar Rp. 2.360.000,- yang mana produk perakitan tersebut jauh lebih murah dari harga 3D Printer yang beredar di pasaran saat ini.

Daftar Pustaka

- Alfadhani dan Toha, I.S. 2008. Penentuan urutan perakitan produk multi aksial orthogonal dengan mempertimbangkan titik lokasi matting dan volume komponen. *Jurnal Teknik Industri*. Volume 10(2). hlm 124-137
- Arifin, Jauhari., Zulita, L.N., Hermawansyah. 2016. Perancangan Murotal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*. Volume 8 (1). hlm 89-98
- Dede Sumantri. 2012. *Peningkatan Kinerja Mesin Rapid Prototyping Berbasis Fused Deposition Modelling*. Universitas Indonesia, Jakarta
- Khan, Nayim Ali., K. Nagesh, R. Rahul. 2017. Bionic Arm. *International Journal of Engineering Science Invention*. Volume 6 (9). hlm. 41-45
- Oktariawan, Imran., Martinus, Sugiyanto. 2013. Pembuatan Sistem Otomasi Dispenser Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin FEMA*. Volume 1 (2). hlm. 18-24
- Prakasa, G.N. 2017. *Prototipe Kunci Pintu Menggunakan Motor Stepper Berbasis Arduino Mega 2560 dengan Perintah Suara pada Android*. Universitas Lampung
- Szulzyk-Cieplak, Joanna., Aneta Duda, Bartłomiej Sidor. 2014. 3D Printers – New Possibilities in Education. *Advances in Science and Technology Research Journal*. Polish Academy of Science. Volume 8 (24). hlm 96-101