

# RANCANG BANGUN MESIN *FILAMENT EXTRUDER* YANG BERBASIS ARDUINO MEGA2560 DENGAN HASIL ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE (ABS)

R. A. Tya, Y. Setyoadi dan A. Burhanudin<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas TEKNIK, Universitas PGRI Semarang

Gedung GP Lantai 3, Kampus 1 Jl. Sidodadi Timur 24, Semarang

E-mail: tiya97111@gmail.com<sup>1</sup>, yurismesin@gmail.com<sup>2</sup>, Aan.burhanuddin@gmail.com<sup>3</sup>

## **Abstrak**

Teknologi 3D printer telah mengalami perkembangan pesat selama beberapa waktu terakhir salah satunya fused deposition modeling (FDM). Metode FDM menciptakan objek 3 dimensi dengan cara membentuk lapisan-lapisan termoplastik secara berurutan dari gulungan filamen yang dilelehkan dan diekstrusikan melalui nozel. Dalam penggunaannya, sering kali bahan yang dipakai untuk mencetak model terbuang ketika proses pencetakan selesai dikarenakan ketidaksesuaian antara hasil produk dengan rancangan awal yang diinginkan. Oleh karena itu diperlukan mesin filament extruder yang mampu untuk mendaur ulang maupun memproduksi filamen seperti Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS). Permintaan filament 3D printer saat ini sedang meningkat secara signifikan. Sementara itu, filament 3D printer komersial yang tersedia di pasaran bahannya, dan masihi impor dari luar negeri. Untuk itu, proses perancangan mesin Filament Extruder untuk meminimalisasi kerugian-kerugian yang terjadi baik soal biaya maupun waktu terkait proses 3D printing. Penelitian ini berfokus memproduksi biji plastik (ABS) dan mendaur ulang sisa hasil cetakan 3D printer yang terbuang atau tidak terpakai. Proses perancangan mesin filament extruder terdiri dari Arduino Mega 2560 sebagai komponen utama. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji plastik Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) warna putih dengan kisaran temperatur titik leleh mulai dari 200°C – 210°C. Penelitian yang dilakukan pada mesin filament extruder menggunakan 3 variasi pengaturan temperature suhu pemanas, yaitu 200°C, 205°C, dan 210°C Pada percobaan variasi dengan hasil terbaik pada suhu yang dilakukan diameter filamen yang dihasilkan dari proses ekstrusi yaitu 1,74mm pada temperatur suhu 205°C dengan kecepatan produksi 806 mm/menit atau 0,109 kg/jam.

**Kata Kunci:** Filmet. Extruder, Heater, Arduino, PID Conroller

## **I. PENDAHULUAN**

Perkembangan dalam bidang elektronika membuat beberapa pekerjaan dapat diselesaikan dengan cepat, efektif, dan efisien. Sebagai contoh dalam sistem pencetakan seperti sekarang ini. Dalam sistem pencetakan di perlukan sebuah printer, dimana printer ini akan mencetak format file yang terdapat pada PC atau komputer, yang kemudian akan dapat di lihat hasil jadinya barang yang di inginkan. Namun kebanyakan printer yang ada di percetakan hanya mencetak tulisan pada kertas dan tidak mencetak barang jadi yang di inginkan konsumen

Tetapi perkembangan teknologi *Rapid Prototyping (RP)* kini memungkinkan untuk memperkenalkan kembali model fisik sebagai cara yang intuitif untuk mendemonstrasikan konsep-konsep mekanika (Lipson dkk., 2005). Teknologi *Rapid Prototyping (RP)* sangat membantu dalam mengurangi waktu dari siklus pengembangan produk dengan menciptakan model fisik untuk evaluasi visual secara

langsung dari model komputer 3D, yang kemudian diteruskan untuk dicetak salah satunya menggunakan 3D printer (Li dkk, 2000), atau cukup dikenal juga proses ini dengan istilah *Additive Manufacturing (AM)* dalam dunia industri manufaktur dan 3D printing dalam kalangan umum. Dengan kata lain, *Additive Manufacturing* adalah proses penggabungan 2 material untuk membuat objek dari data model 3D.

Dengan kemajuan dalam pengembangan karakteristik dimensi, mekanika, dan termal dari material *Rapid Prototyping (RP)*, dorongan untuk mampu menciptakan model fungsional secara penuh dengan sangat cepat menjadi semakin kuat. Oleh karena itu mesin ekstruder dibuat untuk memberi kemudahan pengoprasian ekstruder dengan otomatis, kuat, dan akurat. Dengan inovasi mesin ekstruder berbasis sistem elektronik dengan menggunakan sistem Arduino Nano. Arduino dirancang untuk memudahkan pengguna elektronik dalam berbagai bidang hardwarenya memiliki prosesor atmale AFR dan software memiliki bahasa pemrograman sendiri, arduino juga merupakan platform hardware terbuka yang di tunjukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel dan mudah di gunakan.

Tujuan dalam penelitian ini adalah merancang mesin filament extruder dengan menggunakan arduino dan untuk mengetahui temperatur suhu ideal pembuatan filamen ABS pada mesin filament extruder itu sendiri.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan *Research & Development (R&D)* yang merupakan pembatasan dari pendekatan kualitatif dan kuantitatif, dan terutama untuk menjembatani kesenjangan antara penelitiandan praktek pendidikan. (Semiawan, 2007 dalam Sutopo, 2008: 78), selanjutnya Semiawan menjelaskan bahwa (R&D) dalam pendidikan diarahkan pada pengembangan produk yang efektif bagi keperluan sekolah, dan merupakan penelitian terapan. Penelitian ini lebih mementingkan perubahan untuk perbaikan (*what works better*), dari pada kemengapaan (*why*) dan mementingkannya dalam bidang pendidikan.

### B. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini , produk yang dihasilkan adalah mesin *filament extruder*. Alat yang digunakan pada perancangan untuk memproduksi adalah gerinda potong, gerinda tangan, obeng, bor tangan, timbangan digital, tang potong, blander, tang rivet. Sedangkan untuk bahan yang digunakan adalah pipa stainless steel, arduino mega 2560, LCD 12C-16x2, auger bit, driver L298N, band heater, flang drat galvanis, fuse, high torque motor DC, kabel jumper, termokopel sensor, power supply, potensiometer, REX C100, modul relay, rivet, saklar, end cap, plat stainless steel, dan saklar toggle.

### C. Lokasi/Fokus Penelitian

Waktu proses penelitian dimulai pada bulan april 2020, pengujian produk yang telah dihasilkan secara terbatas, yakni melakukan uji lapangan terhadap filament ABS yang dihasilkan dari penelitian uji diameter dan uji tekstur. Uji lapangan dilaksanakan secara berulang - ulang sehingga dapat memperoleh hasil yang layak. Fokus penelitian ini adalah pada mesin filament extruder yang berbasis arduino mega. Dengan hasil produk penelitian filament ABS. Karena mesin *filament extruder* yang sudah ada dipasaran belum bisa menyimpan suhu dan kecepatan yang sudah dilakukan dalam penelitian, dan dapat mengurangi biaya untuk pemakaian filament 3D printer. Penelitian dan pengembangan mesin filament extruder berbasis arduino ini dilaksanakan di kampus 3 universitas PGRI semarang yang beralamat di Jl. Pawitan Luhur III No.1, Bendan Duwur, Gajahmungkur, Kota Semarang, Jawa Tengah 50233, Indonesia. Yang meliputi tujuan, manfaat dan melihat spesifikasi mutu karakteristik dari setiap pengujian alat.

**D. Populasi dan Sempel Penelitian**

Menurut Arikunto (2010:173) populasi adalah keseluruhan subjek penelitian. Menurut Sugiyono (2010:124) sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Yang menjadi populasi dalam penelitian ini adalah mesin *filament extruder*, *Arduino mega*, dan *filament ABS*. Untuk sempel dalam penelitian ini adalah hasil atau produk *filament ABS*.

**E. Variable Penelitian**

Menurut Sugiono, (2016; 38-39) variabel penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apasaja yang ditetapkan oleh penelitian untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut kemudian ditarik kesimpulan. Yang menjadi variabel dalam penelitian ini adalah.

a. Variabel Bebas (independen)

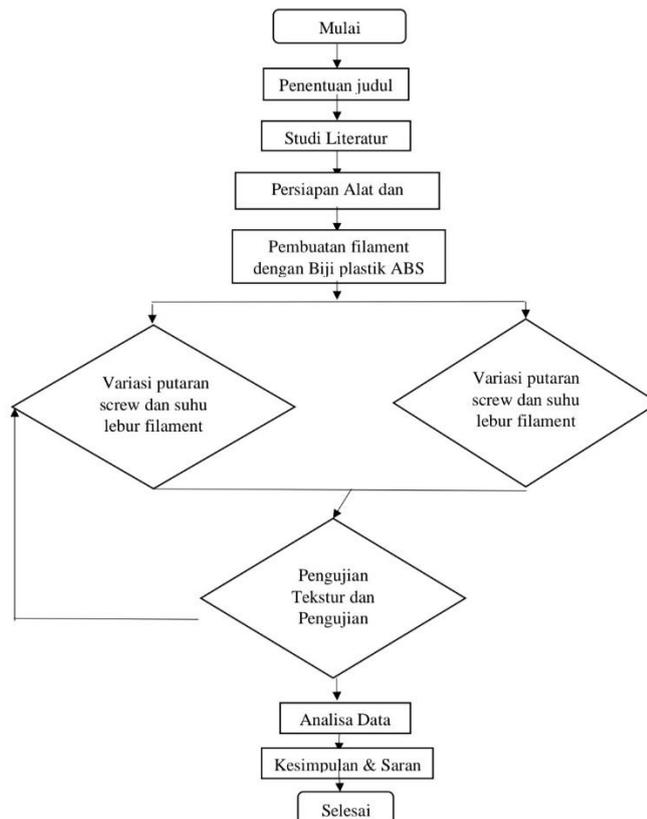
Variasi yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (dependen). Dalam penelitian variabel bebasnya adalah variasi RPM.

b. Variabl Terikat (dependen)

Variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (independen). Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu suhu maksimal.

**F. Desain Penelitian**

desain mesin *filament extruder* 3D Printer ini menggunakan perangkat lunak AutoCAD 2012. Desain dalam perancangan ini dibuat menyesuaikan kriteria yang telah dibahas. Mesin *filament extruder* ini dirancang untuk dapat menampung plastik, memanaskannya, mendorongnya hingga menjadi filamen yang continue. Sistem mekanik yang dibangun terdiri dari motor DC, dan motor stepper. desain penelitian ini peneliti melakukan penelitian dan pengembangan alat pembuat filamen ABS atau mesin filamen extruder untuk mengetahui pengembangan dari mesin filamen extruder yang sudah ada dan yang sedang dikembangkan tersebut. Penelitian ini dilakukan berdasarkan diagram alir (*flowchart*) pembuatan alat berikut ini adalah diagram alir penelitian :



### G. Proses Experimen

Proses experiment dilakukan melalui tahapan persiapan berupa menyiapkan alat dan bahan pada perancangan mesin *filament extruder* berupa hopper, barrel, nozzle,udukan barrel, pilar, dan rangka.

### H. Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari hasil variasi suhu dan kecepatan dalam bentuk hasil produk penelitian. Pembacaanya akan disajikan dalam bentuk table berupa variasi suhu, kecepatan rotasi motor penggerak, dan diameter hasil ekstrusi filamen ABS.

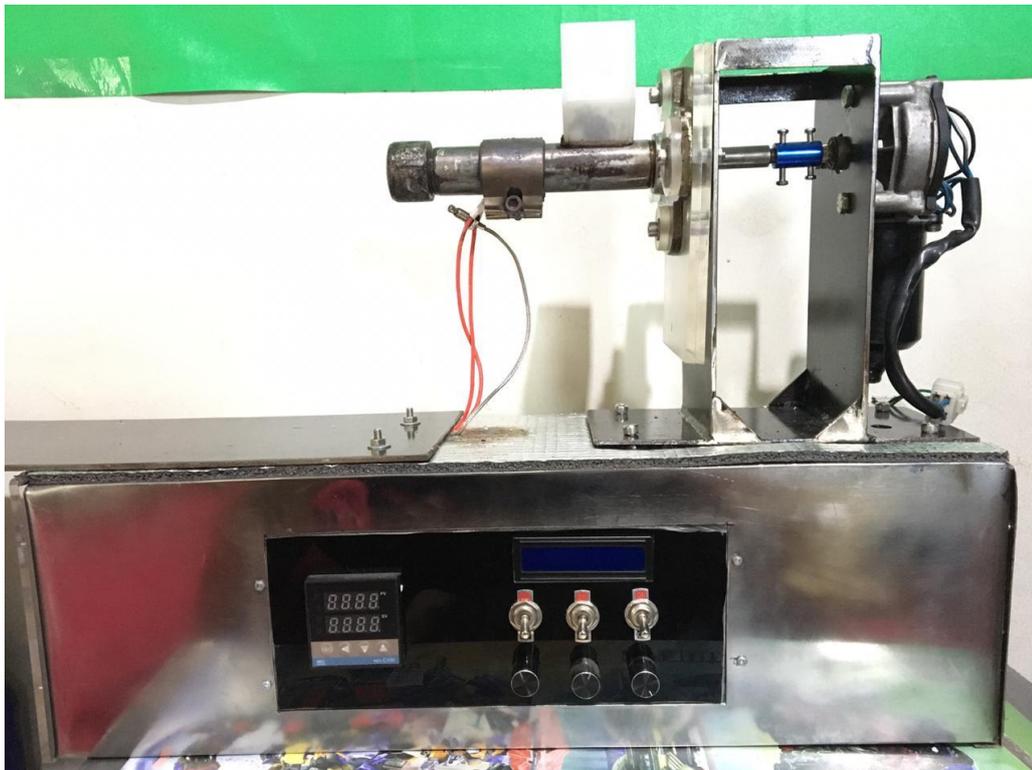
### I. Teknik Analisa Data

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan atau R & D adalah suatu pendekatan penelitian untuk menghasilkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada. Pengujian produk yang telah dihasilkan secara terbatas, yakni melakukan uji lapangan terhadap filament ABS yang dihasilkan dari penelitian uji diameter. Uji lapangan dilaksanakan secara berulang - ulang sehingga dapat memperoleh hasil yang layak, dan mengetahui keuntungan dan kerugian yang akan dialami setelah dilakukan proses pengujian tersebut.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Deskripsi *Filament Extruder* Berbasis *Ardiuno Mega 2560*

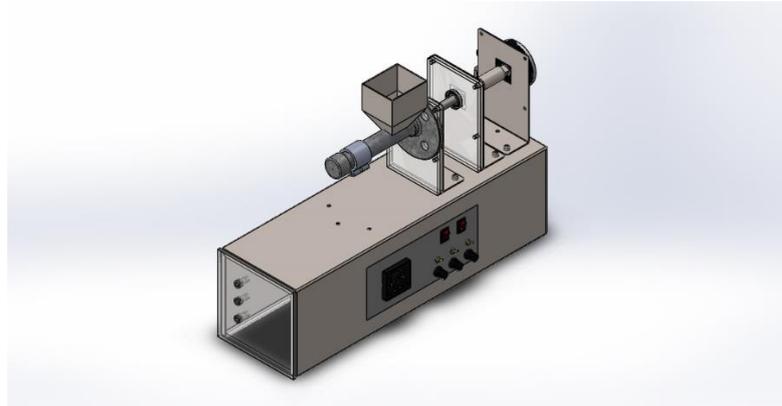
*Filament Extruder* ini mampu membuat filamen ABS, dengan pembuatan menggunakan biji plastik ABS. Proses perancangan mesin *filament extruder* terdiri dari *Ardiuno Mega 2560* sebagai pengendali utama dalam mengendalikan kecepatan motor melalui *driver* motor serta suhu dari elemen pemanas, motor DC sebagai pemutar *screw*, *heater band* sebagai pemanas plastik, *thermocouple* sebagai sensor suhu, *nozzle* sebagai pencetak ukuran diameter ekstrusi filamen.



Gambar 1 Filament Extruder

**b. Deskripsi Proses Pembuatan *Filament Extruder* Berbasis *Ardiuno Mega 2560***

Desain dalam perancangan ini dibuat menyesuaikan kriteria yang telah dibahas. Mesin *filament extruder* ini dirancang untuk dapat menampung plastik, melelehkannya, mendorongnya hingga menjadi filamen yang kontinu. Sistem mekanik yang dibangun terdiri dari motor DC, dan motor stepper.



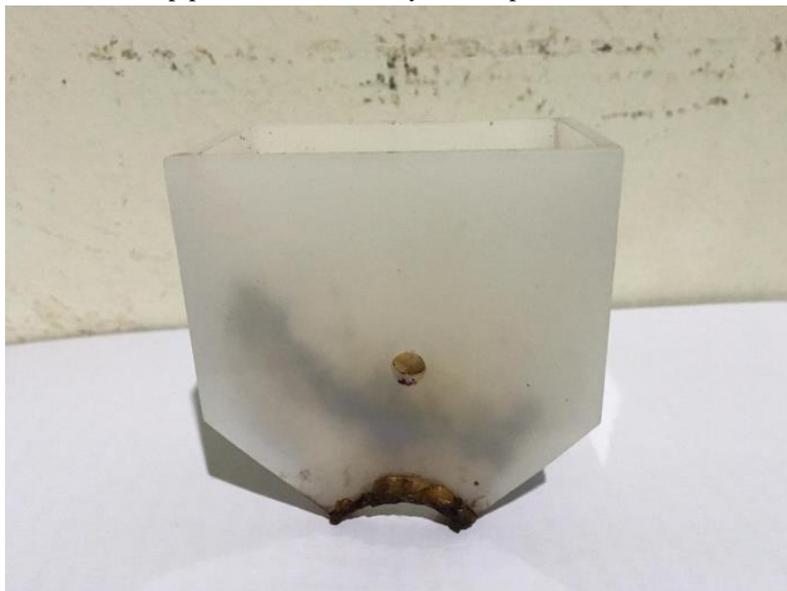
Gambar 2 Desain *Filament Extruder*

**c. Pembuatan Alat**

Proses perancangan mesin filamen extruder yang berbasis dengan *Arduino Mega 2560*. Oleh karena itu mesin extruder dibuat untuk memberi kemudahan pengoprasian extruder dengan otomatis, kuat, dan akurat.

a) Pembuatan *Hopper*

*Hopper* atau corong yang digunakan sebagai tempat penampung biji plastik sebelum masuk ke *barrel* dibuat dari akrilik dengan tebal 1cm. Penggunaan bahan akrilik pada hopper di karenakan tahan terhadap panas dan tidak menyalurkan panas.



Gambar 3 *Hopper*

b) Pembuatan *Barrel*

Pada tahap ini menggunakan pipa *stainless steel* panjang 20 cm dan diameter  $\frac{3}{4}$  inc. Pipa yang digunakan sudah memiliki drat pada kedua ujung, dengan ujung depan pipa digunakan untuk tempat pada *nozzle* dan pada ujung belakang pipa untuk dudukan pipa dengan menggunakan *flange drat*.



Gambar 4 *Barrel*

c) Pembuatan Dudukan *Barrel*

Pada tahap ini dudukan pipa menggunakan *flange drat* karena memiliki ulir dimana dapat menyambung 2 pipa. Untuk pembuatan dudukan *barrel* perlu merubah bentuk *flange drat* untuk pemasangan tambahan 4 baut yang digunakan untuk as mur penyangga 2 pilar.



Gambar 5 Dudukan *Barrel*

d) Pembuata *Nozze*

Pada tahap ini *mechanical joint* atau aksesoris pipa HDPE pada bagian tengah dilubangi dengan mata bor ukuran 1.75 mm.



Gambar 6 *Nozzel*

e) Pembuatan Pilar

Pilar yang digunakan ada 2 yaitu : pilar untuk motor, dan pilar untuk *bearing* dan *barel*. Pembuatan pilar menggunakan *steel* tebal 1mm yang di dilas sesuai desain dan dilapisi akrilik dengan tebal 5 mm 2 buah. Kemudian disambung dengan *hopper* menggunakan mur baut.



Gambar 7 Pilar Penyangga

d. Proses *Assembly*

Pada tahap ini seluruh komponen yang telah dibuat dilakukan proses penggabungan (*assembly*). Setelah melewati proses observasi untuk menentukan masalah dan kriteria dari perancangan, serta melakukan proses desain menggunakan *softwer solidworks 2016*.

e. Langkah Pengoperasian Mesin

Pada gambar dapat dilihat setelah melewati proses *assembly*, dilakukan percobaan pembuatan filamen dari biji plastik berjenis HDPE. Pengujian perlu dilakukan untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja sesuai fungsinya atau tidak. Adapun langkah-langkah pengoperasian mesin extruder ini adalah :

1. Menghidupkan saklar utama
2. Mengatur suhu pada panel PID *controller*.
3. Menunggu hingga *heater* mencapai panas yang diinginkan.
4. Masukkan biji plastic PLA ke dalam *hopper*.
5. Menghidupkan motor.
6. Menunggu samapai hasil ekstrusi filamen keluar.

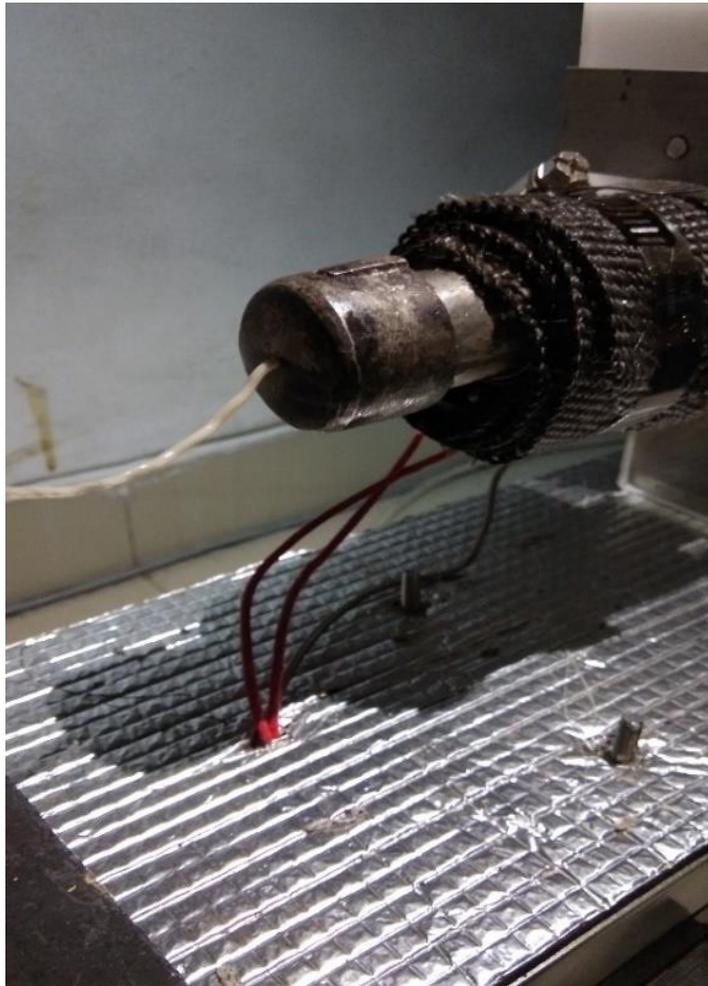
**f. Pembahasan dan Analisa**

Dari percobaan yang dilakukan saat pengoprasian alat *filament ekstruder*, dibutuhkan 30 menit agar *heater* mencapai suhu yang di inginkan yaitu 200°C- 210°C (untuk biji plastik HDPE). Pada saat *heater* mencapai suhu 210°C hasil *filament* akan mengalami kecacatan produksi. *Filament* yang dihasilkan akan mengalami kegosongan dan hasil *filamen* akan mudah hancur dikarenakan suhu terlalu panas di dalam *nozzel*. Pada gambar 4.6 dapat dilihat kecacatan pemakaian suhu yang terlalu panas.



Gambar 9 Penggumpalan filament Pada Suhu Lebih Dari 210°C

Dan jika temperatur di *heater* di setel pada suhu 200°C, *filament* mengalami sedikit kecacatan berupa bentuk yang sedikit agak bergelombang dan diameter *filament* juga tidak beraturan. Dikarenakan filament yang keluar dari nozel masih belum meleleh dengan sempurna dan menghasilkan filament yang kurang sempurna juga. Pada gambar 4.7 ditunjukan hasil produksi saat suhu heater mencapai 210°C

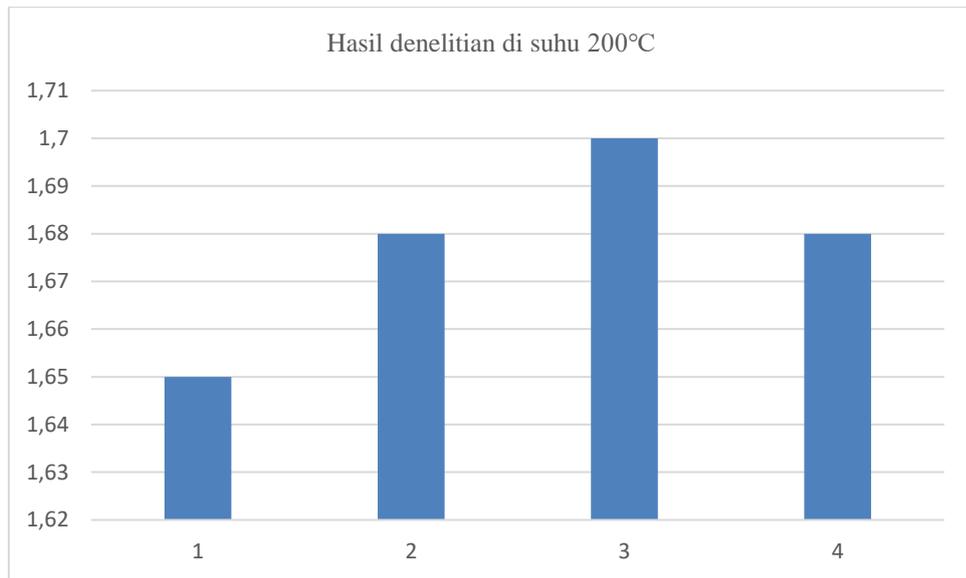


Gambar 10 Bentuk Filamen Pada Suhu 200°C

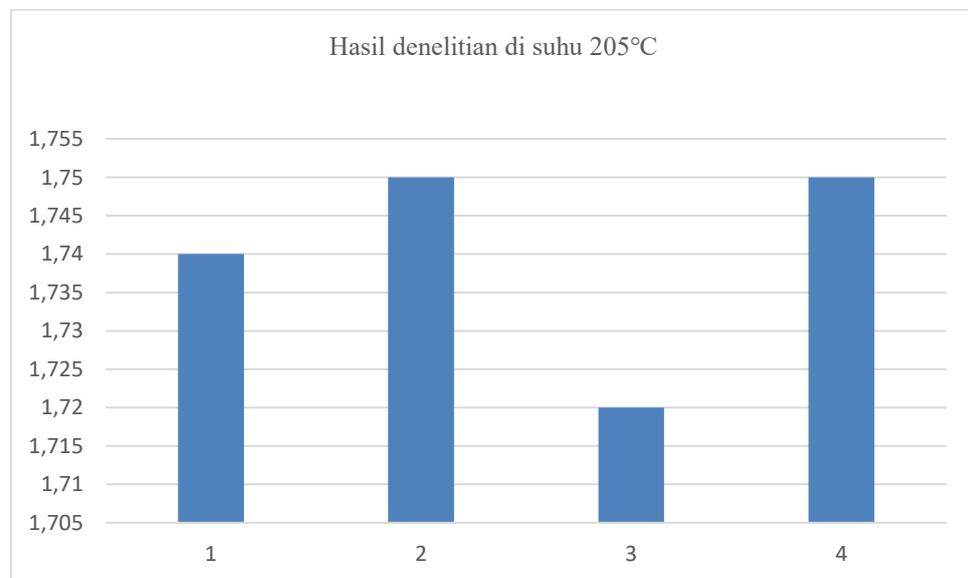
NO	TEMPERATUR (C°)	KECEPATAN	DIAMETER (mm)
1	200°C	806	1,68
2	205°C	806	1,75
3	210°C	806	1,70

Dari hasil penelitian kali ini didapatkan dari variasi suhu di panel PID *controller* pada kecepatan motor 55 rpm. Keunggulan dari alat ini adalah kemampuan produksi yang lebih cepat dibandingkan dari produk-produk yang ada di pasaran yaitu mencapai 806 mm/menit atau sebesar 0,109 kg/jam dibandingkan produk yang telah ada hanya menghasilkan 650 mm/menit atau sekitar 90 gram/jam, namun untuk diameter 1,75 mm dan *filament* yang bisa digunakan pada 3D printer adalah 1,75 mm

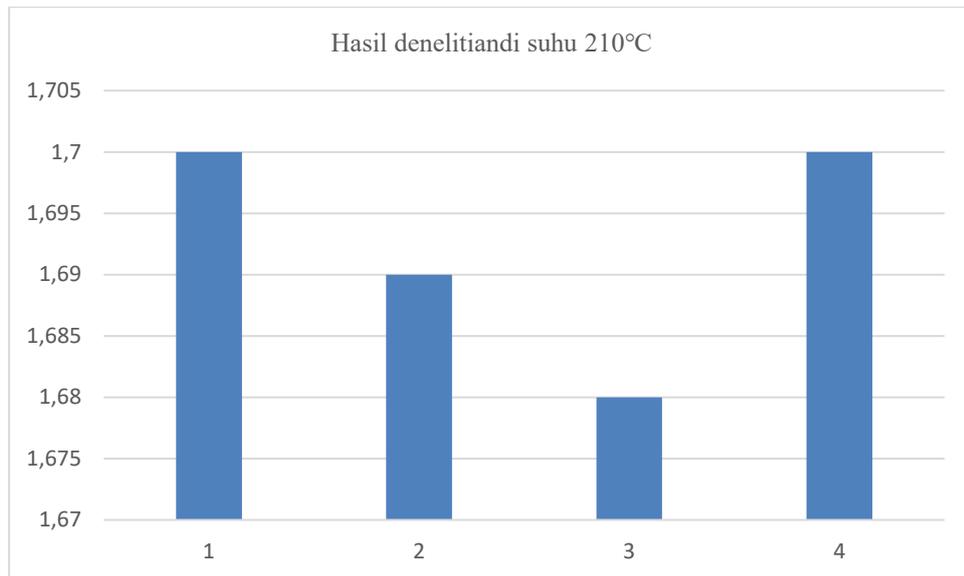
Pada percobaan didapatkan hasil terbaik yang dicapai dengan pengaturan suhu 205°C dan di hasilkan filamen dengan ukuran diameter 1,75 mm dengan kecepatan produksi 806 mm/menit. Pada grafik dapat dilihat hasil rata-rata filamen *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*.



Gambar 11 grafik penelitian di suhu 200°C.



Gambar 12 grafik penelitian di suhu 205°C



Gambar 13 grafik penelitian di suhu 210°C

Berdasarkan hasil pengukuran filament ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) yang bisa dilihat pada tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa suhu sangat berpengaruh untuk hasil *filament* ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) dikarenakan titik lelehnya. Ada beberapa variasi penelitian pada pengukuran *filament* ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) yaitu suhu 200°C menghasilkan rata-rata diameter *filament* 1,67 sedangkan penelitian pada suhu 205°C menghasilkan dapat *filament* 1,74 dan 210°C menghasilkan *filament* 1,69. Dengan variasi penelitian dapat mengetahui hasil yang paling mendekati pengukuran *filament* ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) pada proses *extrusi* pada alat *filament extruder* adalah 1,74 mm.

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil yang telah didapatkan, kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini kurang lebih antara lain:

1. Alat filament extruder dirancang untuk melakukan ekstruksi filament ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) dengan sistem arduino mega. Dan di aplikasikan menggunakan alat potensio meter untuk mengatur kecepatan motor pendorong ulir dan saklar pemutus kontak on/off. Sedangkan untuk pengatur suhu menggunakan alat REX C100.
2. Dari tiga kali percobaan menggunakan suhu 200°C, 205°C, dan 210°C pada ketiga percobaan yang paling mendekati sesuai standard filament ABS adalah dengan suhu 205°C yang menghasilkan filamen berdiameter 1,75 mm.

#### V. REFERENSI

- [1] Anonymous, 2010, A Comprehensive Introduction to 3D Printing Technology, <http://3dprintingforbeginners.com/a-comprehensive-introduction-to3dprinting-technology/> (Online accessed: October 19th, 2016)
- [2] Botelho, Thiago., Nadia Teixeira and Felipe Aguir, 2004. Polylactic Acide Production From Sugar Molasses, International Patent WO 2004/0570087 A1.
- [3] Drotman, D.T.J., 2015, Design of a Screw Extruder for Additive Manufacturing, Thesis, UC San Diego Electronic Theses and Dissertations, University of California, San Diego.
- [4] Eco Printing: Investigasi penggunaan 100% Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) daurulang untuk pembuatan Bahan pembuatan Tambahan
- [5] Haq, R.H.A., Wahab, M.S., and Jaimi, N.I., 2013, Fabrication Process of Polymer Nano-Composite Filament for Fused Deposition Modeling, Applied Mechanics and Materials, Vol. 465–466, pp. 8–12

- [6] Haq, R.H.A., Wahab, M.S., and Jaimi, N.I., 2013, Fabrication Process of Polymer Nano-Composite Filament for Fused Deposition Modeling, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 465–466, pp. 8–12.
- [7] Hossain, M.S., Espalin, D., Ramos, J., Perez, M., and Wicker, R., 2014, Improved Mechanical Properties of Fused Deposition Modeling-Manufactured Parts Through Build Parameter Modifications, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, Vol. 136.
- [8] Khan, J. G., Dalu, R. S., Gadekar, S. S., 2014. Defects in Extrusion Process and Their Impact on Product Quality. Department of mechanical engineering. India.
- [9] Liptak, Bela. 2002. *Instrument Engineers' Handbook, Fourth Edition, Volume Two: Process Control and Optimization*. CRC/Taylor & Francis. Boca Raton.
- [10] Mazher iqbal mohammed, Ainudra Das, Eli Gomez-Kervin, Daniel Wilson, Lan Gibson Universitas Deakin, Sekolah Teknik, 75 Pigdons Road, Waurn Ponds, Geelong, VIC 3216 Australia
- [11] Ma hadi. 2007. *Teknik Pembuatan Lembaran Polimer pada Proses Ekstrusi*. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- [12] Percetakan 3D, Daur Ulang, FDM, Percetakan Ramah Lingkung, ABS Penulis Berkorespondensi: mazher.mohammed@deakin.edu.au
- [13] Ramadhan, Bagus. 2018. *Rancang Bangun Filament Extruder untuk Plastik Jenis Low Density Polyethylene*. Bandung: Polman. S
- [14] upriyambodo, A., 2015, *Standard Operating Procedure Pengoperasian Mesin Filament Extruder*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [15] Subramanian, S. S., Durga, S., Loshni, K. R., Kumar, V. D., 2016. *A Review on Control of Plastic Extrusion Process*. India: Department of Electronics & Instrumentation Engineering.
- [16] Tondi, Haqira. 2019. *Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filamen 3D Printer*. Jurusan Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.