

RANCANG BANGUN MESIN *FILAMENT EXTRUDER* YANG BERBASIS ARDUINO MEGA2560 DENGAN METODE PENARIK DAN PENGGULUNG OTOMATIS

R. Mahfud, Y. Setyoadi, dan A. Burhanudin³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas TEKNIK, Universitas PGRI Semarang

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

rizalmahfud1996@gmail.com¹, yurismesin@gmail.com², aan.burhanudin@gmail.com³

Abstrak

Perkembangan di bidang elektronika membuat beberapa pekerjaan dapat diselesaikan dengan cepat, efektif, dan efisien, salah satunya pada bidang pencetakan. Dalam sistem pencetakan diperlukan 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. Untuk itu, 3D printing diciptakan untuk kebutuhan tersebut. 3D printing adalah proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari suatu desain digital. Karena merupakan 3D, maka benda ini memiliki volume sehingga bisa Anda pegang secara langsung. Bagi pemain 3D printer filamen sangat berpengaruh dalam pengoperasian 3D print sedangkan filamen yang di butuhkan harganya sangat mahal, Saat ini harga dari filamen standar berbahan PLA atau ABS sendiri berkisar antara 20 – 30\$ (sekitar 282 – 424 ribu rupiah) per 1 kg gulungan di pasaran global. Untuk itu, agar memudahkan pengoprasian alat dan penghematan biaya dengan melakukan daur ulang terhadap bahan yang tidak terpakai, dirancanglah sebuah alat berupa Filament extruder. Filament extruder merupakan alat yang dirancang untuk melakukan ekstrusi biji plastik dengan arduino mega dan diaplikasikan menggunakan alat potensiometer. Penelitian ini berfokus pada penarik dan penggulung filamen sebagai alat pendukung pada filament extruder. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknologi otomatis pada alat filament extruder. Dalam perancangan ini, mesin dapat menghasilkan filamen PLA dengan titik leleh 1500 C, kecepatan 59 rpm, pada frekuensi 44 Hz. Sedangkan untuk filamen ABS suhu untuk mencapai titik leleh adalah 2050 C dengan kecepatan 70 rpm pada frekuensi 55 Hz.

Kata Kunci: Filamen extruder, Penarik, Penggulung, Filamen PLA, dan Filamen ABS

I. PENDAHULUAN

Perkembangan di bidang elektronika membuat beberapa pekerjaan dapat diselesaikan dengan cepat, efektif, dan efisien, salah satunya pada bidang pencetakan. Dalam sistem pencetakan diperlukan 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. Untuk itu, 3D printing diciptakan untuk kebutuhan tersebut. 3D printing adalah proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari suatu desain digital. Bagi pemain 3D printer filamen sangat berpengaruh dalam pengoperasian 3D print sedangkan filamen yang di butuhkan harganya sangat mahal. Saat ini harga dari filamen standar berbahan PLA atau ABS sendiri berkisar antara 20 – 30\$ (sekitar 282 – 424 ribu rupiah) per 1 kg gulungan di pasaran global. Untuk itu, agar memudahkan pengoprasian alat dan penghematan biaya dengan melakukan daur ulang terhadap bahan yang tidak terpakai, dirancanglah sebuah alat berupa Filament extruder.

Filament extruder adalah alat pembuat filamen. Cara kerja filament extruder cukup mudah yaitu cukup memanaskan plastik lalu dengan tekanan tinggi di dorong kearah nozzle dan hasilnya berupa benang. Cara kerja mesin filament extruder ini adalah dengan memasukkan bahan yang dapat berupa sisa

dari produk seperti PLA atau ABS yang sudah masih berupa biji plastik (pellet) ke dalam sebuah corong atau hopper yang terhubung dengan screw atau auger pendorong untuk diteruskan ke sebuah unit pemanas untuk kemudian dilelehkan dan dibentuk menjadi filamen lalu dikeluarkan melalui nozzle dan melewati alat pendingin untuk menurunkan suhu selanjutnya di gulung secara manual menggunakan roller puller.

Asam laktat (lactic acid) adalah salah satu asam organik yang penting di industri, terutama di industri makanan. Di samping itu, penggunaannya sekarang lebih luas karena bisa dipakai sebagai bahan baku pembuatan poly lactic acid, biodegradable plastik yang merupakan polimer dari asam laktat (Hofvendahl and Hahn-Hagerdal, 2000). Sedangkan ABS atau Acrylonitrile Butadiene Styrene adalah termoplastik yang umum. Ini adalah plastik populer untuk cetakan injeksi dan digunakan untuk membuat lego, instrumen, peralatan olahraga, dan lainnya. ABS juga banyak digunakan dalam bidang teknik, seperti misalnya untuk kebutuhan elektronik, otomotif, dll. Hal ini dikarenakan ABS mempunyai kekuatan kejut dan kekenyalan yang tinggi dibanding polistiren, sehingga sangat cocok untuk aplikasi pada komponen-komponen yang bergerak.

Untuk memperkuat penelitian dan mengoptimalkan penelitian penulis melakukan kajian-kajian terhadap penelitian terdahulu sehingga dapat dijadikan referensi untuk penelitian penulis, di antaranya adalah penelitian tentang perancangan mini extruder pernah dilakukan oleh Whulanza dan Setiawan (2016). Kesimpulan akhir dari penelitian Whulanza dan Setiawan menunjukkan bahwa diameter filamen hasil meningkat dengan penambahan kecepatan screw dan temperatur pemanas, dan menurun dengan meningkatnya kecepatan rolling. Karakterisasi dari dimensi filamen menunjukkan bahwa pengaturan kecepatan screw, kecepatan penggulangan, dan temperatur sangat memengaruhi hasil keluaran filamen. Diameter yang diperoleh bervariasi mulai dari 0,05 – 1,48 mm. Berikutnya penelitian dilakukan oleh Haq dkk (2013) dengan water cooler dan roller puller, yang menyimpulkan bahwa dengan pemahaman mendalam dari properti dari bahan yang diujikan seperti viskositas, karakteristik melt flow, dan temperatur leleh sangat penting untuk membantu mengurangi masalah dalam proses ekstrusi bahan. Selanjutnya penelitian dilakukan oleh Liu dkk (2017) tentang efek temperatur ekstrusi dan putaran screw pada diameter dan ultimate tensile strength filamen PLA, dengan hasil karakteristik mekanis terbaik didapatkan dengan pengaturan ketebalan layer 0,1 mm, temperature ekstrusi 220°C, dan kecepatan ekstrusi 60 mm/s pada saat pembuatan specimen uji menggunakan proses FDM dengan hasil galat dimensi 0,011, kekerasan permukaan 5,2 um, densitas 1,16 g/cm³, dan tensile strength 51,7 MPa.

Dalam penelitian ini peneliti melakukan inovasi membuat mesin filament extruder yang menghasilkan dua jenis filamen yaitu PLA dan ABS dengan menggunakan sistem kontroler arduino mega dan penggulang otomatis menggunakan roller puller / penggulang. Inovasi yang ingin dihadirkan oleh peneliti dalam penelitian ini adalah adanya alat penarik dan penggulang otomatis dengan menggunakan Arduino mega yang memudahkan proses penarikan dan penggulangan filamen yang sudah diekstrusi.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui rancangan alat penarik dan penggulang filamen pada mesin filament extruder, suhu optimum untuk mencapai titik leleh filamen, dan RPM motor DC optimum yang di gunakan untuk menarik filamen PLA dan ABS. Pada penelitian ini, terdapat hal-hal yang menjadi batasan masalah yaitu hanya mengukur perbandingan suhu antara PLA dan ABS setelah melewati pendingin kipas menggunakan alat pengukur suhu thermocouple, tidak membahas program arduino mega yang di gunakan pada alat filament ekstruder, pemilihan bahan yang diteliti hanya filamen PLA dan ABS, dan alat ukur yang digunakan untuk penelitian ini di asumsikan sudah dikalibrasi oleh pabrik pembuatnya jadi tidak akan dibahas dalam penelitian ini.

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat mengenalkan mesin filamen *extruder* dengan alat penarik dan penggulang filamen secara otomatis, yang akan mengganti pada proses penggulangan filamen yang sebelumnya dilakukan dengan mesin konvensional secara manual dengan memutar handle sebanyak jumlah lilitan yang diinginkan, dengan kendala yang mungkin terjadi pada proses penggulangan manual ini antara lain adalah kecepatan kerja yang tidak konsisten, kontinuitas penggulangan yang tergantung pada operator dan memerlukan pengawasan selama proses penggulangan berlangsung. Sehingga kendala tersebut dapat diminimalisir, karena adanya sistem otomatis pada mesin filamen *extruder* yang dilengkapi dengan alat penarik dan penggulang otomatis.

II. METODOLOGI PENELITIAN

1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan atau *Research and Development (R&D)* adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru, atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggungjawabkan. Produk tersebut tidak selalu berbentuk benda atau perangkat keras (hardware), seperti buku, modul, alat bantu pembelajaran di kelas atau di laboratorium, tetapi bisa juga perangkat lunak (software), seperti program komputer untuk pengolahan data, pembelajaran di kelas, perpustakaan atau laboratorium, ataupun model-model pendidikan, pembelajaran, pelatihan, bimbingan, evaluasi, manajemen, dll.

2. Alat dan Bahan

Dalam hal penelitian ini, produk yang dihasilkan adalah mesin filamen *extruder*. Alat yang digunakan pada perancangan untuk memproduksi mesin penggulung filamen yang keluar dari mesin extruder melalui nozzle adalah gerinda tangan, gerinda potong, bor tangan, tang potong, obeng, dan tang rivet. Sedangkan untuk bahan yang digunakan adalah kipas (pendingin), plat stainless, *power supply*, motor DC *gearbox*, akrilik, *high torque* motor DC, arduino mega 2560, rivet, dan potensio meter.

3. Lokasi/Fokus Penelitian

Lokasi penelitian dan pengembangan ini dilaksanakan di Laboratorium Robotika Universitas PGRI Semarang, Universitas PGRI Semarang yang beralamatkan di Jln. Lontar No.1, Karangtempel, Semarang Timur, Kota Semarang, Jawa Tengah 50232. Fokus penelitian ini adalah dalam proses pembuatan filamen dengan otomatisasi pada proses penggulangan dengan memutar handle bisa digantikan dengan motor power window, pengontrolan kecepatan dan hasil penggulangan dapat dikendalikan melalui piranti pengendali seperti mikrokontroler.

4. Populasi dan Sampel Penelitian

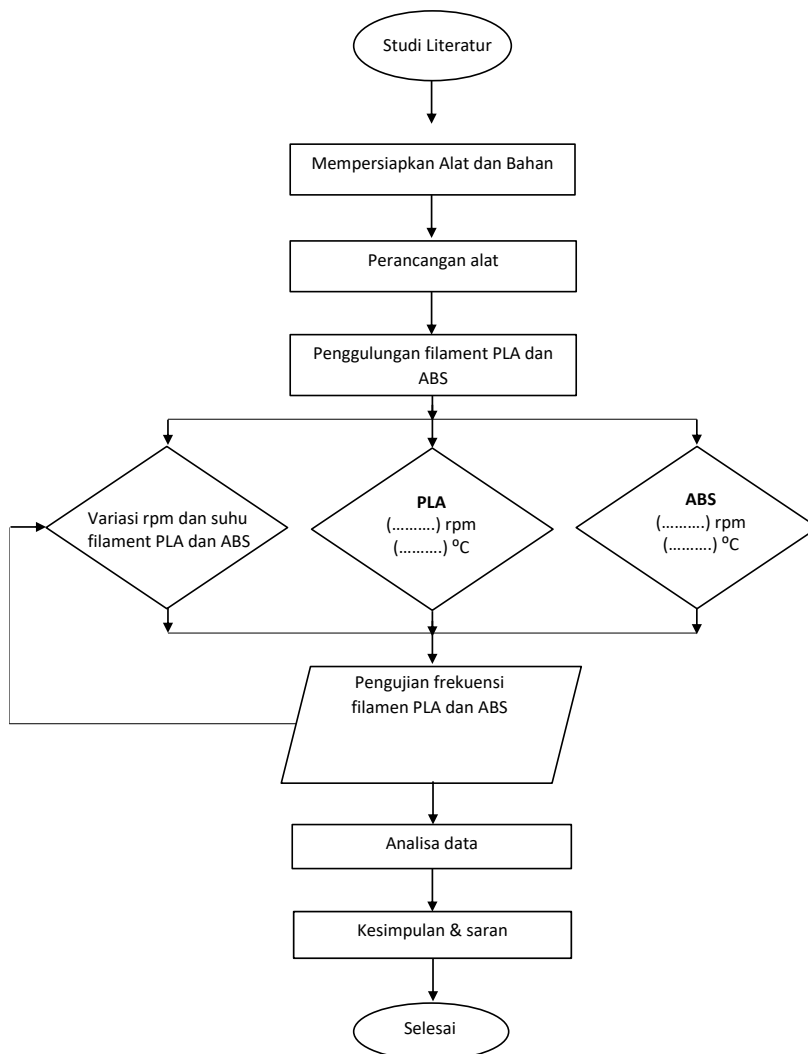
Yang menjadi populasi dalam penelitian ini adalah alat filament extruder, penggulung filamen dan pengukuran suhu, sedangkan untuk sampel dalam penelitian ini adalah filament *extruder*.

5. Variabel

Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi RPM dan variasi suhu, dan untuk variabel terikatnya adalah suhu dan RPM optimum.

6. Desain Penelitian

Desain penelitian ini dilakukan dengan alur yaitu melalui studi literatur beberapa kali atau mencari referensi – referensi yang berkaitan dengan pembuatan alat penarik dan penggulung filamen kemudian mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk membuat alat tersebut. Pada alat penarik dan penggulung filamen ini difungsikan untuk menarik filamen yang keluar dari nozzle setelah melakukan proses ekstrusi. Untuk pengujian alat tersebut dilakukan pengujian suhu setelah keluar dari nozzle menggunakan alat thermocouple dan pengujian RPM menggunakan tachometer. Ketika hasil pengujian sudah ditemukan maka dibuat kesimpulan perbedaan suhu dan RPM filamen PLA dan ABS. Berikut merupakan diagram diagram alur (flowchart) pembuatan alat berikut ini :



7. Proses Experimen

Proses experimen dilakukan melalui tahapan persiapan berupa meyiapkan alat dan bahan, serta proses pelaksanaan yang berupa pembuatan desain alat penarik dan penggulung filamen menggunakan software solidworks baik desain 2D maupun desain 3D.

8. Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari hasil variasi suhu dan kecepatan dalam bentuk hasil produk penelitian. Pembacaanya akan disajikan dalam bentuk tabel berupa variasi suhu, kecepatan rotasi, dan frekuensi yang didapatkan pada bahan yang diuji yaitu PLA dan ABS.

9. Teknik Analisis Data

Pengujian produk yang telah dihasilkan secara terbatas, yakni melakukan uji lapangan terhadap filament PLA yang dihasilkan dari penelitian uji diameter dan uji tekstur. 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

1. Deskripsi Data

Penarik dan Penggulung Filamen

Penarik adalah sebuah alat menggunakan sistem mikrokontroler. Metode yang digunakan dalam sistem ini adalah menggerakkan motor DC untuk menjalankan fungsi penarik. Serupa dengan penarik, penggulung merupakan alat dengan system mikrokontroler. Pada komponen penggulung metode yang digunakan juga menggunakan motor DC.

Berdasarkan hasil pembuatan dan pengembangan alat filamen ekstruder, komponen yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Komponen alat penarik dan penggulung

Komponen	Penarik	Penggulung
Tinggi akrilik	108 mm	134 mm
Lebar akrilik	100 mm	80 mm
Tipe motor DC	37GB31ZY 12V 220RPM	37GB31ZY 12V 220RPM
Panjang pipa	60 mm	-
Panjang Spacer	100 mm	80 M

Kerangka Penarik dan Penggulung

Pada bagian prototype ini merupakan bagian paling utama karena pada kerangka ini memiliki fungsi penopang semua beban yang akan disatukan menjadi alat penarik dan penggulung. Pada kerangka tersebut menggunakan bahan dasar akrilik dan spacer.



Gambar 1. Rangka utama penarik



Gambar 2. Rangka utama penggulung

2. Visualisasi Proses Pembuatan

Pembuatan rangka mesin

Pada tahap ini peneliti mengidentifikasi kebutuhan bahan yang dibutuhkan, agar dapat membuat perencanaan pemotongan sesuai dengan ukuran bahan baku yang ada. Adapun ukuran bahan baku yang digunakan adalah profil akrilik 108 mm x 108 mm sebanyak 2 buah dan spacer dengan panjang 100 mm

Setelah cutting plan bahan dibuat maka langkah selanjutnya adalah pengukuran bahan dan penandaan/penggambaran bahan dengan menggunakan ukuran sesuai dengan cutting plan yang telah dibuat. Peralatan yang digunakan dalam pengukuran bahan adalah meteran, mistar baja panjang 30 cm, dan spidol.

Pemotongan dan Pengeboran Bahan Baku

Langkah-langkah dalam proses pemotongan dengan mesin gerinda tangan adalah sebagai berikut :

- Mempersiapkan bahan baku yang akan dipotong, yaitu profil mm x mm yang sudah diukur dan diberi tanda yang telah ditentukan sebelumnya.
- Mempersiapkan mesin gerinda tangan, cek semua kelengkapan mesin gerinda tangan terutama pada mata gerindanya, pastikan kondisinya masih layak dipakai sehingga tidak ada kendala saat pemotongan bahan berlangsung.

- c. Menghidupkan mesin dengan menekan tombol ON dan mulailah memotong bahan dengan mengarahkan mata gerinda ke akrilik yang sudah ditandai dengan spidol hingga bahan terpotong.
- d. Setelah bahan sudah terpotong semua, proses selanjutnya adalah pengeboran dengan alat bor duduk
- e. Mempersiapkan mesin bor duduk, cek semua kelengkapan mesin bor terutama pada mata bornya, pastikan kondisinya masih layak pakai sehingga tidak ada kendala saat pengeboran.
- f. Melakukan penitikan menggunakan spidol pada akrilik untuk memudahkan saat pengeboran
- g. Tempatkan akrilik yang sudah ditandai, kemudian diletakkan di bawah mata bor duduk
- h. Tarik *handle* ke bawah lalu tekan tombol ON untuk memulai pengeboran. Setelah bahan sudah berlubang angkat *handle* dan matikan dengan menekan tombol OFF
- i. Ulangi langkah pengeboran sesuai dengan tanda yang ada.

Perakitan

Langkah- langkah dalam merakit rangka penarik dan penggulung adalah :

- a. Penarik
 - Mempersiapkan alat dan bahan berupa akrilik yang sudah dipotong sesuai ukuran, spacer, baut dan mur, obeng, motor DC, dan roda gigi.
 - Merangkai dua buah komponen akrilik menggunakan spacer agar menyatu. Kemudian spacer dikencangkan menggunakan baut agar kedua sisi akrilik tidak mudah goyah.
 - Setelah terpasang semua, motor DC diletakkan pada bagian bawah pipa PVC.
 - Pemasangan penarik di atas motor DC, dan dihubungkan dengan komponen roda gigi.
- b. Penggulung
 - Mempersiapkan alat dan bahan berupa akrilik yang sudah dipotong sesuai ukuran, spacer, baut dan mur, obeng, motor DC, dan roda gigi.
 - Merangkai dua buah komponen akrilik menggunakan spacer agar menyatu. Kemudian spacer dikencangkan menggunakan baut agar kedua sisi akrilik tidak mudah goyah.
 - Setelah terpasang semua, motor DC diletakkan pada bagian bawah komponen penggulung.
 - Pemasangan penggulung menggunakan poros di atas motor DC, dan dihubungkan dengan komponen roda gigi yang telah terhubung pada komponen penarik.

3. Hasil Pembuatan Alat

Berdasarkan desain yang sudah dibuat bahwa alat yang akan dibuat sama dengan desain yang akan dibuat pula. Dalam pembuatan alat ini material yang dibutuhkan adalah akrilik, baut, spacer, motor DC, roda gigi, dan kipas. Material akrilik berfungsi sebagai rangka penarik dan penggulung. Baut dan spacer digunakan untuk menyatukan akrilik yang berseberangan agar sesuai desainnya. Motor DC merupakan material sebagai penggerak pada putaran penarik dan penggulung yang diatur kecepatannya melalui sistem arduino pada alat ekstruder. Roda gigi digunakan untuk meneruskan putaran yang dihasilkan pada motor DC kepada komponen penarik dan penggulung. Untuk bahan yang digunakan pada alat penarik yaitu menggunakan pipa PVC. Material terakhir adalah kipas yang berfungsi sebagai pendingin filamen yang keluar dari alat ekstruder setelah melakukan proses ekstrusi.

Penarik dan penggulung memiliki prinsip kerja menarik dan menggulung filamen yang baru keluar dari alat ekstruder setelah melakukan proses ekstrusi dan melewati pendinginan dengan menggunakan kipas. Kecepatan motor DC sebagai penggerak roda gigi yang terhubung dengan penarik dan penggulung diatur oleh sistem arduino. Pengaturan kecepatan tersebut menggunakan alat ukur tachometer.

4. Pembahasan

Berdasarkan hasil yang didapatkan oleh peneliti, diketahui bahwa suhu optimal yang dapat digunakan untuk melelehkan filamen PLA adalah 1500 C dengan kecepatan 59 rpm pada frekuensi 44 Hz, dan pada suhu 1530 C dengan kecepatan 61 rpm pada frekuensi 45 Hz. Pada filamen ABS suhu optimal untuk melelehkan filamen ABS adalah 2050 C dengan kecepatan 70 rpm pada frekuensi 55 Hz. Hasil tersebut diketahui setelah melalui beberapa percobaan. Percobaan pertama suhu yang digunakan untuk membuat PLA mencapai pada titik lelehnya yaitu pada suhu 1490 C dengan kecepatan 57 rpm pada frekuensi potensiometer 43 Hz. Dari percobaan pertama, dihasilkan bahwa filamen PLA tidak mencapai titik leleh

dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat dari adanya biji plastik PLA yang menggumpal dan tidak meleleh karena suhu terlalu rendah sehingga filamen PLA belum matang dengan sempurna.

Percobaan kedua dan ketiga, suhu yang digunakan untuk membuat PLA mencapai pada titik lelehnya yaitu pada suhu 1500 C dengan kecepatan motor DC pada penarik yaitu 59 rpm yang diketahui melalui frekuensi potensiometer sebesar 44 Hz, dan pada suhu 1530 C dengan kecepatan 61 rpm pada frekuensi 45 Hz. Dari percobaan kedua, dihasilkan bahwa filamen PLA mencapai titik lelehnya dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat dari melelehnya semua biji plastik PLA, sehingga menghasilkan lelehan yang dapat ditarik dan digulung pada alat penarik dan penggulung.

Percobaan keempat dan kelima, suhu yang digunakan untuk membuat PLA mencapai pada titik lelehnya yaitu pada suhu 1540 C dan 1550 C. Dari percobaan ketiga, dihasilkan bahwa filamen PLA mencapai titik lelehnya dengan waktu yang singkat karena suhu terlalu tinggi. Hasil filamen PLA terlalu cair, sehingga tidak dapat diteruskan kepada alat penarik dan penggulung.

Berdasarkan kelima percobaan tersebut, dapat disimpulkan bahwa suhu dapat mempengaruhi titik leleh filamen. Untuk mencapai titik leleh dengan kualitas lelehan yang baik suhu optimalnya adalah 1500 C dan 1530 C. Pada suhu tersebut filamen yang sudah meleleh dapat diteruskan kepada alat penarik dan penggulung dengan kecepatan motor DC yaitu 59 rpm dan 61 rpm melalui frekuensi potensiometer sebesar 44 Hz dan 45 Hz.

Percobaan untuk melelehkan filamen ABS juga dilakukan sebanyak lima kali untuk mengetahui suhu dan kecepatan yang sesuai. Pada percobaan pertama dan kedua suhu yang digunakan untuk membuat ABS mencapai titik lelehnya yaitu pada suhu 2000 C dengan kecepatan motor DC 60 rpm melalui frekuensi 53 Hz, dan pada suhu 2030 C dengan kecepatan motor DC 60 rpm melalui frekuensi 53 Hz. Dari percobaan pertama, dihasilkan bahwa filamen ABS tidak mencapai titik leleh dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat dari adanya biji plastik ABS yang menggumpal dan tidak meleleh karena suhu terlalu rendah sehingga filamen ABS belum matang dengan sempurna dan tidak dapat ditarik dan digulung dengan baik.



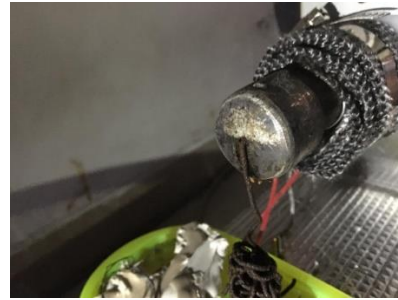
Gambar 3. Hasil filamen ABS pada percobaan pertama dan kedua

Percobaan ketiga, suhu yang digunakan untuk membuat ABS mencapai pada titik lelehnya yaitu pada suhu 2050 C dengan kecepatan motor DC pada penarik yaitu 70 rpm yang diketahui melalui frekuensi potensiometer sebesar 55 Hz. Dari percobaan kedua, dihasilkan bahwa filamen ABS mencapai titik leleh dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat dari melelehnya semua biji plastik ABS. Tidak ada lagi biji plastik yang menggumpal dan tidak meleleh karena suhunya sesuai, sehingga filamen ABS matang dengan sempurna dan dapat ditarik dan digulung dengan baik.

Percobaan keempat dan kelima, suhu yang digunakan untuk membuat ABS mencapai pada titik lelehnya yaitu pada suhu 2080 C dengan kecepatan motor DC pada penarik yaitu 70 rpm yang diketahui melalui frekuensi potensiometer sebesar 55 Hz, dan pada suhu 2100 C dengan kecepatan motor DC pada penarik yaitu 70 rpm yang diketahui melalui frekuensi potensiometer sebesar 55 Hz. Dari percobaan keempat dan kelima, dihasilkan bahwa filamen ABS mencapai titik leleh, namun hasil lelehan dari filamen ABS gosong (tidak mencair seperti filamen PLA) karena sifat dari filamen ABS yang lebih kuat dan mudah cepat mengeras.



Gambar 4. Hasil filamen ABS pada percobaan ketiga



Gambar 5. Hasil filamen ABS pada percobaan keempat dan kelima

Berdasarkan kelima percobaan tersebut, dapat disimpulkan bahwa suhu dapat mempengaruhi titik leleh filamen. Untuk mencapai titik leleh dengan kualitas lelehan yang baik yaitu pada suhu 2050 C. Pada suhu tersebut filamen yang sudah meleleh dapat diteruskan kepada alat penarik dan penggulung dengan kecepatan motor DC yaitu 70 rpm melalui frekuensi potensiometer sebesar 55 Hz.

5. Hasil Analisis

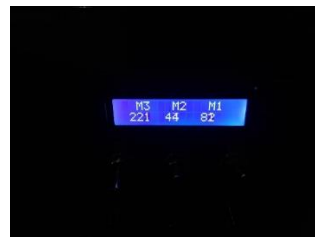
Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan sebanyak 4 kali pada tanggal 14-17 September 2020, dihasilkan bahwa perbandingan kecepatan (motor DC pada penarik dan penggulung) dan suhu antara filamen PLA dan ABS menjadi faktor yang sangat berpengaruh. Hal tersebut dikarenakan perbedaan titik leleh pada filamen PLA dan ABS. Selain titik leleh, karakteristik antara filamen PLA dan ABS juga memiliki perbedaan sehingga diperlukan adanya penyesuaian kecepatan dan suhu agar hasil lelehan filamen PLA dan ABS mencapai bentuk yang maksimal.

Pada pengujian filamen PLA, bahan yang digunakan adalah sisa filamen PLA yang baru digunakan untuk membuat 3D printer, atau dapat juga berasal dari filamen PLA yang dipotong-potong dan dihaluskan. Pada penelitian ini, peneliti melakukan masing-masing lima kali percobaan dalam melelehkan filamen PLA dan ABS. Percobaan tersebut dilakukan beberapa kali untuk mengetahui suhu dan kecepatan optimal pada PLA dan ABS untuk mencapai titik leleh dengan karakteristik yang baik sehingga dapat ditarik dan digulung.

Suhu yang digunakan untuk membuat PLA mencapai pada titik lelehnya yaitu pada suhu 1500 C dengan kecepatan motor DC pada penarik yaitu 59 rpm yang diketahui melalui frekuensi potensiometer sebesar 44 Hz dan pada suhu 1530 C dengan kecepatan motor DC pada penarik yaitu 61 rpm yang diketahui melalui frekuensi potensiometer sebesar 45 Hz. Dari percobaan kedua dan ketiga tersebut, dihasilkan bahwa filamen PLA mencapai titik lelehnya dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat dari melelehnya semua biji plastik PLA, sehingga menghasilkan lelehan yang dapat ditarik dan digulung pada alat penarik dan penggulung.



Gambar 6. Hasil rpm dengan pengukuran alat



Gambar 7. Hasil frekuensi dengan potensiometer

Suhu yang digunakan untuk membuat ABS mencapai pada titik lelehnya yaitu pada suhu 2050 C dengan kecepatan motor DC pada penarik yaitu 70 rpm yang diketahui melalui frekuensi potensiometer

sebesar 55 Hz. Dari percobaan ketiga, dihasilkan bahwa filamen ABS mencapai titik leleh dengan baik. Hal tersebut dapat dilihat dari melelehnya semua biji plastik ABS. Tidak ada lagi biji plastik yang menggumpal dan tidak meleleh karena suhunya optimal, sehingga filamen ABS matang dengan sempurna dan dapat ditarik dan digulung dengan baik.



Gambar 8. Filamen ABS



Gambar. 9 Hasil pengukuran rpm menggunakan alat



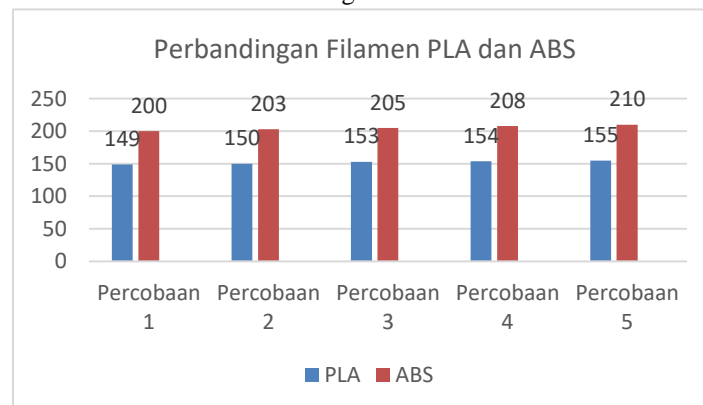
Gambar 10. Hasil frekuensi dengan potensiometer

Berikut merupakan tabel hasil pengukuran suhu, kecepatan dan frekuensi yang digunakan pada percobaan mencapai titik leleh filamen.

Tabel 2. Hasil pengujian

Suhu (°C)	PLA		Suhu (°C)	ABS	
	Rpm	Frekuensi (Hz)		Rpm	Frekuensi (Hz)
149	57	43	200	60	53
150	59	44	203	60	53
153	61	45	205	70	55
154	-	-	208	70	55
155	-	-	210	70	55

Grafik 1. Perbandingan Filamen PLA dan ABS



Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa perbandingan kecepatan (motor DC pada penarik dan penggulung) dan suhu antara filamen PLA dan ABS menjadi faktor yang sangat berpengaruh. Perbedaan suhu dan kecepatan pada proses melelehkan PLA dan ABS dikarenakan karakteristik biji plastik PLA lebih mudah meleleh dibandingkan dengan biji plastik ABS. Pada suhu tertinggi yang

digunakan untuk melelehkan PLA, filamen yang dihasilkan tidak dapat diteruskan pada alat penarik karena hasilnya mencair. Sedangkan suhu tertinggi pada PLA tersebut belum mampu untuk melelehkan ABS. Dengan kata lain biji plastik ABS tidak dapat mencapai titik leleh pada suhu tertinggi titik leleh PLA. Selain itu, jika biji plastik PLA dipanaskan pada suhu terlalu tinggi untuk mencapai titik leleh dihasilkan filamen yang mencair. Sedangkan biji plastik ABS jika dipanaskan pada suhu terlalu tinggi untuk mencapai titik leleh, filamen yang dihasilkan tidak akan mencair, melainkan menjadi filamen yang gosong. Hal tersebut menunjukkan bahwa karakteristik dari ABS lebih kuat dibandingkan PLA.

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan analisis data, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Model rancang bangun alat filament ekstruder ini menggunakan sistem arduino mega yang memungkinkan alat melakukan dua macam ekstrusi yaitu filamen PLA dan ABS yang sudah dilengkapi alat pendingin, penarik dan penggulung filamen.
2. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan sebanyak lima kali, suhu optimum untuk mencapai titik leleh yang menghasilkan PLA agar dapat digulung dengan baik adalah 1500 C dan 1530C. Sedangkan suhu untuk mencapai titik leleh ABS adalah 2050 C.
3. Berdasarkan hasil percobaan diketahui bahwa kecepatan rpm untuk menarik filamen PLA yang keluar dari nozzle adalah 59 rpm pada frekuensi 44 Hz (suhu 1500 C) dan 61 rpm pada frekuensi 45 Hz (suhu 1530 C). Sedangkan kecepatan optimum untuk ABS yaitu 70 rpm pada frekuensi 55 Hz (2050 C).

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Liu, W., Zhou, J., Yuming, M., Wang, J., and Xu, J., 2017, Fabrication of PLA Filaments and its Printable Performance, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 275.
- [3] Whulanza, Y. and Setiawan, J., 2016, REALIZATION AND TESTING OF MINI EXTRUDER FOR BIOMATERIAL FILAMENT IN BIOMEDICAL APPLICATION, Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA), pp. 271-277