

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer. (Mujiarto, 2005).

Berdasarkan kegunaannya dan pertimbangan ekonomis, plastik dibagi menjadi dua klasifikasi utama: plastik komoditi dan plastik teknik. Plastik komoditi dicirikan oleh volumenya yang tinggi dan harga yang murah. Mereka sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai buang seperti lapisan pengemas, namun ditemukan juga pemakaiannya dalam barang-barang yang tahan lama. Beberapa contoh jenis plastik komoditi serta penggunaannya antara lain : LDPE (low density polyethylene) sebagai lapisan pengemas, isolasi kawat dan kabel, barang mainan, botol fleksibel, HDPE (high density polyethylene) digunakan sebagai botol, drum, pipa saluran, lembaran, film, isolasi kawat dan kabel, PP (polypropylene) digunakan sebagai bagian dan perkakas mobil, tali, anyaman, karpet, PVC (poly vinyl chloride) digunakan sebagai bahan bangunan, pipa, bahan untuk lantai dan PS (poly styrene) digunakan sebagai bahan pengemas (busa dan film), perkakas, perabotan rumah dan barang mainan. Plastik-plastik teknik yang utama, diantaranya adalah: poliformaldehida, poliamida, poliester. Beberapa penggunaan dari plastik teknik terutama dalam bidang transportasi, konstruksi, barang-barang listrik dan elektronik serta mesin industri. (Suharty,2012).

Plastik banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan manusia, mulai dari keperluan rumah tangga hingga industri. Sebagai kemasan pangan, plastik digunakan mulai dari proses pengolahan pangan hingga pangan siap disantap. Penggunaan plastik sebagai pengemas pangan terutama karena keunggulannya dalam hal bentuknya yang fleksibel sehingga mudah mengikuti bentuk pangan

yang dikemas; berbobot ringan; tidak mudah pecah; bersifat transparan/tembus pandang, mudah diberi label dan dibuat dalam aneka warna, dapat diproduksi secara massal, harga relatif murah dan terdapat berbagai jenis pilihan bahan dasar plastik. Walaupun plastik memiliki banyak keunggulan, terdapat pula kelemahan plastik bila digunakan sebagai kemasan pangan, yaitu jenis tertentu (misalnya PE, PP, PVC) tidak tahan panas, berpotensi melepaskan migran berbahaya yang berasal dari sisa monomer dari polimer dan plastik merupakan bahan yang sulit terbiodegradasi sehingga dapat mencemari lingkungan.

Secara garis besar terdapat dua macam plastik, yaitu resin termoplastik dan resin termoset. Resin termoplastik mempunyai sifat dapat diubah bentuknya jika dipanaskan, sedangkan resin termoset hanya dapat dibentuk satu kali saja.

Beberapa nama plastik yang umum digunakan adalah HDPE (High Density Polyethylene), LDPE (Low Density Polyethylene), PP (Polypropylene), PVC (Polyvinyl chloride), PS (Polystyrene), dan PC (Polycarbonate). PE (Polyethylene) dan PP mempunyai banyak kesamaan dan sering disebut sebagai polyolefin. Untuk mempermudah proses daur ulang plastik, telah disetujui pemberian kode plastik secara internasional. Kode tersebut terutama digunakan pada kemasan plastik yang disposable atau sekali pakai. [Badan pengawas obat dan makanan (BPOM). 2016. Plastik sebagai kemasan pangan.]

Tabel 2.1 Kode plastik dan contoh penggunaannya [2]

Nomor kode	Jenis plastik	Keterangan
01	PET, PETE (Polyethylene terephthalate)	<ul style="list-style-type: none"> • Bersifat jernih dan transparan, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air, melunak pada suhu 80° C. • Biasanya digunakan untuk botol minuman, minyak goreng, kecap, sambal, obat. • Tidak untuk air hangat apalagi panas.

Nomor kode	Jenis plastik	Keterangan
01	PET, PETE (Polyethylene terephthalate)	Untuk jenis ini, disarankan hanya untuk satu kali penggunaan dan tidak untuk mewadahi pangan dengan suhu $>60^{\circ}\text{C}$.
02	HDPE (High Density Polyethylene)	<ul style="list-style-type: none"> • Bersifat keras hingga semifleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, dapat ditembus gas, permukaan berlilin, buram, mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 75°C. • Biasanya digunakan untuk botol susu cair, jus, minuman, wadah es krim, kantong belanja, obat, tutup plastik. • Disarankan hanya untuk satu kali penggunaan karena jika digunakan berulang kali dikhawatirkan bahan penyusunnya lebih mudah bermigrasi ke dalam pangan.
03	PVC (Polyvinyl chloride)	<ul style="list-style-type: none"> • Plastik jenis ini sebaiknya tidak untuk mewadahi pangan yang mengandung lemak/minyak, alkohol dan dalam kondisi panas. • Plastik ini sulit didaur ulang. • Bersifat lebih tahan terhadap senyawa kimia. • Biasanya digunakan untuk botol kecap, botol

Nomor kode	Jenis plastik	Keterangan
03	PVC (Polyvinyl chloride)	sambal, baki, plastik pembungkus.
04	LDPE (Low Density Polyethylene)	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, tidak jernih tetapi tembus cahaya, melunak pada suhu 70° C. • Biasanya digunakan untuk botol madu, wadah yogurt, kantong kresek, plastik tipis. • Plastik ini sebaiknya tidak digunakan kontak langsung dengan pangan
05	PP (Polypropylene)	<ul style="list-style-type: none"> • Ciri-ciri plastik jenis ini biasanya transparan tetapi tidak jernih atau berawan, keras tetapi fleksibel, kuat, permukaan berkilau, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140° C. • Merupakan pilihan bahan plastik yang baik untuk kemasan pangan, tempat obat, botol susu, sedotan. • Terdapat dua macam PS, yaitu yang kaku dan lunak/berbentuk foam.
06	PS (Polystyrene)	<ul style="list-style-type: none"> • PS yang kaku biasanya jernih seperti kaca, kaku, getas, mudah terpengaruh lemak dan pelarut (seperti alkohol), mudah dibentuk, melunak pada suhu 95° C. Contoh : wadah plastik bening

Nomor kode	Jenis plastik	Keterangan
06	PS (Polystyrene)	<p>berbentuk kotak untuk wadah makanan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • PS yang lunak berbentuk seperti busa, biasanya berwarna putih, lunak, getas, mudah terpengaruh lemak dan pelarut lain (seperti alkohol). Bahan ini dapat melepaskan styrene jika kontak dengan pangan. Contohnya yang sudah sangat terkenal styrofoam. Biasanya digunakan sebagai wadah makanan atau minuman sekali pakai, wadah CD, karton wadah telur, dll. • Kemasan styrofoam sebaiknya tidak digunakan dalam microwave. • Kemasan styrofoam yang rusak/berubah bentuk sebaiknya tidak digunakan untuk mewadahi makanan berlemak/berminyak terutama dalam keadaan panas

Nomor kode	Jenis plastik	Keterangan
07	<i>Other</i> (Digunakan untuk jenis plastik selain pada nomor 1-6, termasuk <i>Polycarbonat, bio-based plastic, co-polyester, acrylic, polyamide, dan campuran plastik</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Bersifat keras, jernih dan secara termal sangat stabil. • Bahan Polycarbonat dapat melepaskan Bisphenol-A (BPA) ke dalam pangan, yang dapat merusak sistem hormon. • Biasanya digunakan untuk galon air acrylic, polyamide, dan campuran plastik) minum, botol susu, peralatan makan bayi. • Untuk mensterilkan botol susu, sebaiknya direndam saja dalam air mendidih dan tidak direbus. • Botol yang sudah retak sebaiknya tidak digunakan lagi. Pilih galon air minum yang jernih, dan hindari yang berwarna tua atau hijau
07	<i>Other</i> (Digunakan untuk jenis plastik selain pada nomor 1-6, termasuk <i>Polycarbonat, bio-based plastic, co-polyester, acrylic, polyamide, dan campuran plastik</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Termasuk dalam golongan plastik termoset atau plastik yang tidak dapat didaur ulang. • Bersifat keras, kuat, mudah diwarnai, bebas rasa dan bau, tahan terhadap pelarut dan noda, kurang tahan terhadap asam dan alkali.

Nomor kode	Jenis plastik	Keterangan
08	Melamin	<ul style="list-style-type: none"> •Terbuat dari resin (bahan pembuat plastik) dan formaldehid atau formalin. Kandungan formalin pada melamin dapat bermigrasi ke dalam pangan, terutama jika produk pangan dalam keadaan panas, asam dan mengandung minyak. •Biasanya digunakan sebagai peralatan makan, misalnya piring, cangkir, sendok, garpu, sendok nasi, dll. •Melamin yang tidak memenuhi syarat *) sebaiknya tidak digunakan untuk mewardahi pangan yang berair, mengandung asam, terlebih dalam kondisi panas.

2.2. Filament 3D Printer

Filamen pada 3D printer adalah material yang digunakan untuk mencetak desain yang telah dibuat melalui perangkat lunak di komputer. Ukuran diameter filamen yang sesuai standar adalah 1.75 mm namun ada juga jenis 3D printer rakitan yang memakai filamen dengan ukuran diameter 3 mm. Ada banyak jenis material yang bisa dibuat menjadi filament, yaitu terbuat dari acrylonitrile butadiene styrene (ABS), dan polylactide (PLA), PETG (Glycol-modified PET), dan *High-density polyethylene* (HDPE).

HDPE merupakan filamen plastik yang dapat didaur ulang. Filamen ini sangat ramah lingkungan, sehingga dapat menjaga bumi dari limbah plastik karena dapat terus didaur ulang. HDPE biasanya digunakan sebagai wadah susu, bungkus deterjen, dan berbagai macam produk lainnya. Salah satu keunggulan HDPE adalah memiliki rasio kekuatan dengan densitas yang merata dan sifatnya yang tahan

korosi, sedangkan kelemahannya adalah memerlukan temperatur pemanasan yang tinggi.

PETG filamen (*Glycol-modified PET; Co polyesters*) adalah senyawa plastik yang satu famili dengan PET (*Polyethylene terephthalate*). Memiliki pengabungan keunggulan dari senyawa plastik ABS dan PLA, serta memiliki warna yang bening/transparan dan kilap. (Putra,2018).

Data dalam gambar 2.1 berikut adalah beberapa spesifikasi parameter pemrosesan yang direkomendasikan selama produksi filamen yang juga dapat dioptimalkan agar sesuai dengan ekstruder dan printer 3D yang tersedia. Perbandingan dibuat antara ABS dan PLA yang akan digunakan dalam memproses HDPE dan rHDPE untuk menghasilkan filamen. Angka-angka ini berkisar antara nilai dan standar yang berbeda hasil pengujian.

Table 7 Comparison table for 3D filament

Tests	PLA	ABS	Tested HDPE (Mean Value)	Tested rHDPE (Mean Value)
Melt index (g/10min)	2.4 – 4.3	22- 48	3,37	2,85
Tensile Strength (MPa)	50 - 55	30 - 52	25,45	25,59
Young's modulus (MPa)	3500	1700 – 2800	463,35	428,38
Strain at Yield (%)	10 - 100	3 – 75	16,12	16,12
Melting temperature (⁰ C)	120 - 190	200 - 230	190	190
Extruding Temperature (⁰ C)	160 – 220	210- 230	190	160 - 190

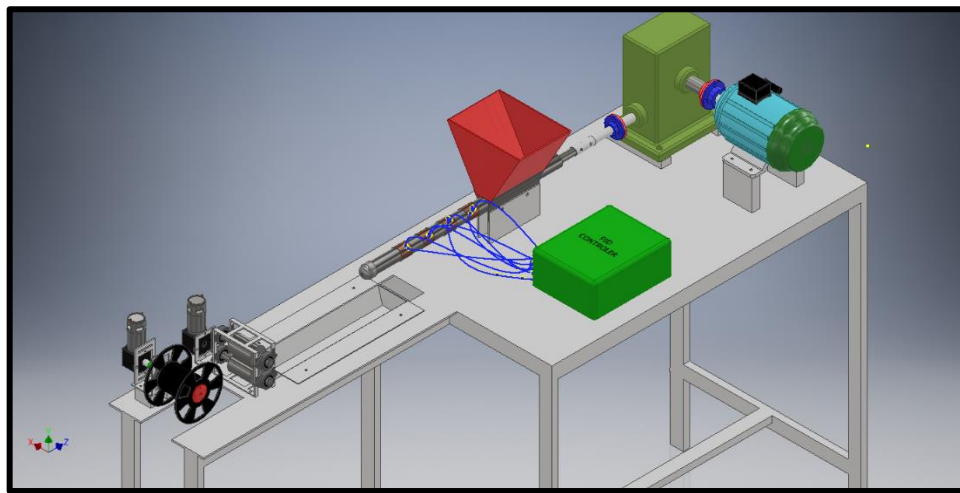
Gambar 2.1 PLA, ABS and HDPE *comparison* [4]

2.3. Mesin Ekstrusi

Mesin ekstrusi *single screw* untuk pembuatan filamen 3D *printer* ini adalah alat yang dapat merubah material dari bentuk cacahan sampah plastik diekstrusi (perubahan dari bentuk padat menjadi cair) melalui berbagai tahapan-tahapan panas.

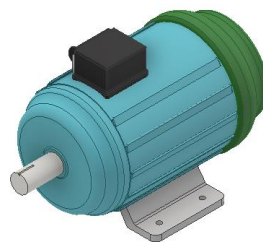
Prinsip ekstrusi pada thermoplastik adalah proses pada material sampai mencapai meleleh akibat panas dari luar / panas gesekan dan yang kemudian dialirkan ke die oleh screw yang kemudian dibuat produk sesuai bentuk yang diinginkan. Proses ekstrusi adalah proses kontinyu yang menghasilkan beberapa produk seperti filamen 3D *printer*.

Pada mesin ekstrusi *single screw* pembuat filamen 3D *printer* ini ditambahkan pendingin hasil ekstrusi dan juga spooler sebagai alat bantu untuk menggulung filamen 3D *printer*.



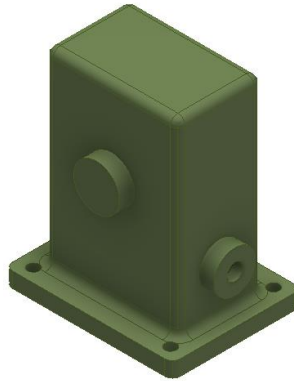
Gambar 2.2 Mesin ekstrusi *single screw*

Komponen-komponen utama Mesin ekstrusi *single screw* untuk pembuatan filamen 3D *printer* adalah motor listrik, *gearbox*, *pulley*, *belt*, *screw press*, *barrel*, *heater*, dan *hopper*.



Gambar 2.3 Motor listrik

Motor listrik adalah Unit penggerak (*driver unit*) untuk mesin ekstrusi ini merupakan sebuah motor listrik 1-fasa dengan putaran 1420 rpm.



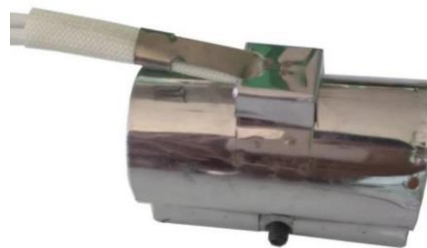
Gambar 2.4 *Gearbox*

Gearbox reduksi berfungsi sebagai pereduksi putaran dengan ratio 1:50.



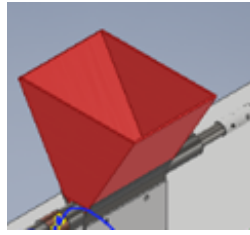
Gambar 2.5 *Screw Press* dan Barel

Screw berfungsi sebagai poros pendorong, pemotong, dan pengaduk plastik panas yang terdapat di dalam barrel. Barrel adalah komponen pasangan screw yang berbentuk selongsong yang merupakan ruang pemanas dimana screw berada di dalamnya. Barrel berfungsi sebagai tempat proses plastisisasi, tempat dimana berlangsungnya proses pengumpanan, pemanasan, dan pengadukan.



Gambar 2.6 *Heater*

Elemen pemanas (*heater element*) adalah komponen yang menghasilkan panas untuk pemrosesan plastik pada mesin ekstrusi ini. Elemen ini terdiri dari tiga buah dan dipasang pada barrel.



Gambar 2.7 Hopper

Hopper biasanya terbuat dari lembaran baja atau stainlesssteel yang berbentuk untuk menampung sejumlah bahan pellet plastik untuk stok beberapa jam.

2.4. Penelitian Terdahulu

Hasil komparasi beberapa informasi pustaka terkait dengan analisa keakuratan diameter *filament 3D printer* menggunakan mesin ekstrusi *single screw* dengan variasi *temperature* yang disarikan pada tabel 2.1 dengan penjelasannya sebagai berikut.

Penelitian yang dilakukan oleh Rony Azmi Faisal dan Herianto, 2019 mengembangkan mesin ekstruder baru dengan material HDPE recycle (tutup botol). Filamen yang berkualitas ditandai daya tahan yang tinggi dan memiliki diameter konstan. Berdasarkan hasil eksperimen menggunakan Anova diketahui respon keseragaman diameter dan ovality filament tidak dipengaruhi oleh factor S (temperature), faktor E (kecepatan screw), faktor P (kecepatan penarik), faktor B (kecepatan blower), faktor S*E, faktor S*P, faktor S*B, faktor E*P, faktor E*B, faktor P*B, faktor S*E*P, faktor S*E*B, faktor S*E*B, faktor S*P*B, dan faktor E*P*B. hal ini dikarenakan p-value > alpha, selain itu R-square berada dibawah 50% yang mengindikasikan terdapat pengaruh dari faktor lain diluar penelitian. Dari hasil eksperimen menggunakan Anova diketahui respon rata-rata diameter dipengaruhi oleh faktor E (kecepatan screw), faktor P (kecepatan penarik), faktor S*E (kombinasi temperature 180°C dan kecepatan screw 15 rpm menghasilkan diameter rata-rata sebesar 1,81), dan faktor E*P (kombinasi kecepatan screw 15 rpm dan kecepatan penarik 8 rpm dapat mengasilkan rata-rata diameter terkecil sebesar 1,79. HDPE merupakan semi kristal, dengan tensile strength yang lebih rendah dari PLA sebagai pembuatan filamen 3D printing. Filamen yang dihasilkan

pada penelitian ini dapat digunakan sebagai kerajinan dan karya seni anyaman seperti dompet, tempat tissue dan lain sebagainya.

Penelitian yang dilakukan oleh Chandra Andreas Setyo Wibisono dkk, 2020 Tujuan dari alat ini yaitu mengontrol kecepatan putaran motor dc stepper agar pada proses penggulungan hasil cetak daur ulang filament 3D Printing tidak menumpuk pada satu sisi. Pemposisi hasil cetak gulungan filament 3D Printing ini dirancang dengan menggunakan beberapa komponen dan mekanik yang terdiri dari : Motor DC Stepper, Sensor Rotary Encoder, Sensor Optocoupler, Sensor Obstacle Infrared dan Sistem pengendalian menggunakan Arduino Mega dan Kontrol PID. Sistem ini berfungsi mengontrol kecepatan putar motor dc stepper hasil dari cetakan filament (3D Printing) diharapkan dari motor stepper dapat selaras dengan motor di penggulungan. Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa pengaturan kecepatan otomatis telah berhasil dibuat dan bekerja dengan baik. Berikut ini adalah kesimpulan lain yang didapatkan: 1. Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan bahwa nilai parameter K_p , K_i , dan K_d didapatkan dengan perhitungan metode Ziegler Nichols dengan nilai $K_p = 11,122$, $K_i = 0,33$, $K_d = 0,95$. Memiliki rise time (t_r) sebesar 0,14 s, settling time (t_s) 51 s, peak time (t_p) 6,9 s dan Percent Overshoot (P_o) sebesar 38,77%. 2. Untuk hasil respon sistem dengan perancangan dirasa kurang baik sehingga diperbaiki dengan trial error ditemukan nilai $K_p = 0,8$ dan $K_i = 0,42$ dan $K_d = 0,05$ pada motor stepper dalam proses pemposisi filament (3D Printing), metode PID trial error mampu mempercepat sistem menuju setpoint yang ditentukan. Diperoleh Percent Overshoot (PO) 12,3 %, Rise Time (TR) 1,3 s saat setpoint 40 rpm, Settling Time (TS) 18,4 s saat 39,98 rpm, Peak Time (TP) 2,1 s saat 44,93 rpm. 3. Untuk hasil pengujian sistem dilakukan dengan 2 percobaan Gain dan didapatkan Gain 0,8 dengan hasil penggulungan yang lebih rapi dikarenakan kecepatan motor stepper (Aligment) selaras dengan motor dc (Winding).

Penelitian yang dilakukan oleh R. A. Tya, Y. Setyoadi dan A. Burhanudin, 2020 berfokus memproduksi biji plastik (ABS) dan mendaur ulang sisa hasil cetakan 3D printer yang terbuang atau tidak terpakai. Proses perancangan mesin filament ekstruder terdiri dari Ardiuno 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. Dari hasil yang telah didapatkan, kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini kurang lebih antara lain: 1. Alat filament ekstruder 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.

Penelitian yang dilakukan oleh Irvan Okatama, 2016 berfokus pada analisa peleburan limbah plastik jenis polyethylene terphthalate (pet) menjadi biji plastik melalui pengujian alat pelebur plastic. Alat pelebur plastik ini menggunakan alat pemanas Heater Band dan Heater Nozzle dengan suhu mencapai 100°C 300°C. Kapasitas produksi potongan plastik bisa mencapai 1 kilogram, bahan plastik Polyethylene Telephthalate (PET) melunak pada suhu 180°C dan mencair secara sempurna pada suhu 200°C. Alat ini menguji dengan berat yang berbeda diantaranya 100 gram, 200 gram dan 300 gram masing-masing membutuhkan waktu 615 detik, 723 detik, dan 870 detik. Berkurangnya bahan plastik karena terjadi penyusutan selama dilebur yaitu mencapai 35 gram - 80 gram.

Penelitian yang dilakukan oleh Sarah Iftin Atsani dan Herianto, 2019 didasarkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Penelitian diawali dengan pembuatan desain mesin ekstruder yang dimaksudkan untuk memproses biji plastik daur ulang menjadi filamen. Tahap selanjutnya yaitu proses manufaktur. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap mesin dengan mencoba mengekstrusi bijih recycled polypropylene menjadi filamen dengan memperhatikan parameter seperti extrusion speed, extrusion temperature, dan spooler speed. Pada pengujian pembuatan filamen, ekstrusi yang mencapai target diameter terdekat dicapai oleh setting parameter spooler speed 4 rpm, extrusion speed 40 rpm, dan extrusion temperature 200°C yang menghasilkan rata-rata diameter sebesar 1,6 mm. Hasil

perhitungan data pengujian menunjukkan bahwa parameter yang paling berpengaruh pada pengujian ialah extrusion temperature, dan spooler speed. Sedangkan extrusion speed tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap diameter ekstrusi. Namun setelah parameter optimasi didapatkan, hasil akhir menunjukkan kekurangan pada kualitas filamen seperti permukaan yang masih kasar dan mudah melengkung. Sehingga filamen dengan bahan jenis recycled polypropylene belum bisa diaplikasikan untuk membuat objek pada 3D printer.

Penelitian yang dilakukan oleh Anurogo Banjaransari dkk, 2020 Mesin penggulung filamen adalah mesin yang digunakan untuk menggulung filamen 3D Printer dari hasil mesin ekstrusi plastik. Perancangan mesin penggulung filamen bertujuan untuk menambah produktifitas mesin ekstrusi plastik E20T Dr.Collin di PUTP Politeknik ATMI Surakarta. Metode yang dipakai dalam proses ini mencakup empat tahap: pengumpulan data awal, perancangan, pembuatan gambar dan perencanaan permesinan. Mesin penggulung filamen berfokus pada filamen 3D printer jenis PolyLactic-Acid (PLA) diameter 1,75mm. Mesin penggulung filamen memiliki tiga cara kerja utama: penarik filamen, penggerak linier filament (traverse) dan penggulung filament (spooler). Pada mesin penggulung memiliki dua pengembangan yaitu penghitung panjang filamen yang sudah digulung dan penegang filamen. Mesin penggulung filament dapat menanggung throughput maksimal 1686,592 gram/jam dengan waktu tercepat 36,29613 menit. Mesin penggulung filamen tidak memerlukan perawatan atau pelumasan yang rumit karena bahan yang digunakan tahan karat. Mesin penggulung filamen dioperasikan secara manual dengan putaran motor dikendalikan oleh operator.

Penelitian yang dilakukan oleh Dani Irawan dan Rahayu Mekar Bisono, 2018 Tujuan penelitian ini adalah merancang serta memfabrikasi mesin ekstrusi single screw sebagai media pembelajaran proses ekstrusi pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Kediri. Dalam penelitian ini memvariasikan temperatur proses terhadap temperatur melting, pada putaran konstan yang akan menghasilkan beberapa karakteristik bentuk produk yang berbeda. Hasil rancangan dan pengujian yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain : Mesin telah dapat menghasilkan produk (ekstruded) dengan baik Motor penggerak 1,4 HP Pemanas

menggunakan 4 heater 50x 100, CPM 475 W, 220V c. Jika dibandingkan dengan mesin hasil Kapasitas Laju = 11461,26 mm³/menit pabrikan, mesin ini masih terdapat kekurangan dari sistem pendingin, bentuk dies dan sezing (penapat ukuran). Ini terlihat dari hasil ekstruded, yang banyak berpengaruh terhadap Temperatur proses ekstrusi yang sesuai untuk memproduksi batangan silinder dengan single screw pada perbandingan L/D=14 dan kecepatan putaran screw 60 rpm adalah 1850 C. Pada temperatur proses yang lebih rendah (1650 C) butiran plastik belum menjadi viscos secara sempurna (proses plastisasi belum terjadi secara sempurna). d. Dimensi produk batangan silinder yang dihasilkan dengan ekstrusi single screw, perbandingan L/D = 12 dan kecepatan putaran screw 65 rpm, mempunyai penyimpangan hingga 100% dari ukuran die.

Penelitian yang dilakukan oleh Ali Mahmudi dan Petrus Londa, 2017 dirancang dan dibuat prototipe mesin pengolah limbah styrofoam dengan metode ekstrusi dan dengan melakukan optimasi variabel antara temperatur pemanasan dan kecepatan aliran styrofoam pada ekstruder terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Untuk menghasilkan kualitas produk yang memadai yaitu berwarna putih dan padat pada kondisi optimal berada pada kisaran temperatur 110° C -120o C dengan kecepatan aliran 2,7 – 3,6 m/menit.

Penelitian yang dilakukan oleh Zainuddin, 2020 adalah untuk Mengetahui kekuatan dan pengaruh suhu dari jenis Filamen ABS dan PLA Hasil Proses 3D-Printer terhadap Kekuatan Bending. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 2 macam Filamen, yaitu: PLA dan ABS. Dalam proses pembuatannya menggunakan suhu nozzle 230°C, 237°C dan 244° C. Selanjutnya proses pembuatan spesimen diawali dengan membuat gambar spesimen yang akan dibuat menggunakan software Catia. Ukuran spesimen yang digambar sesuai dengan standart ASTM D955. Hasil dari penelitian ini didapatkan Filamen ABS dengan suhu 230°C dapat menahan beban sebesar 26.863 N, Filamen ABS dengan suhu 237°C dapat menahan beban sebesar 27.141 N, dan Filamen ABS dengan suhu 244°C dapat menahan beban sebesar 28.236 N. sedangkan Filamen PLA dengan suhu 230°C dapat menahan beban sebesar 22.38 N, Filamen PLA dengan suhu 237°C dapat menahan beban sebesar 23.71 N, dan Filamen PLA dengan suhu

244°C dapat menahan beban sebesar 28.06 N. Berdasar hasil pengukuran menggunakan Uji Bending menunjukkan bahwa, hasil 3D printing dengan suhu nozzle semakin tinggi maka beban yang dapat ditahan semakin besar. Hal ini berlaku sebaliknya, yaitu hasil 3D printing dengan suhu nozzle semakin rendah maka beban yang dapat ditahan semakin kecil pula. Filamen ABS lebih kuat menahan beban daripada Filamen jenis PLA, tetapi Filamen PLA lebih lentur dibandingkan dengan Filamen jenis ABS. ABS lebih kuat daripada PLA karena dari hasil uji bending untuk mencapai displacement 3 mm, Filamen ABS mampu menahan beban yang lebih berat daripada Filamen PLA. PLA lebih lentur daripada ABS didasarkan pada hasil uji bending menunjukkan bahwa untuk mencapai displacement 3 mm, Filamen PLA memerlukan beban yang lebih ringan daripada Filamen ABS.

Dari *literature review* di atas, dengan tujuan untuk mencari keakuratan hasil diameter yang dihasilkan dengan variasi temperatur yang sudah ditentukan pada kecepatan penarik tertentu dengan menggunakan mesin ekstrusi *single screw* maka yang membedakan penelitian yang dilakukan antara lain.

- a. Pada *literature review* diatas temperatur yang digunakan untuk ekstrusi plastik HDPE adalah 180 °C, 190 °C dan 200 °C. berdasarkan karakteristik plastik HDPE yang mempunyai titik lebur 130 °C-190 °C dan hasil penelitian sebelumnya menyatakan *temperature* paling optimal untuk peleburan HDPE adalah 160 °C – 190 °C (Haruna Hamod, 2014) maka, variasi temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah 160 °C, 170 °C, dan 180 °C.
- b. Berdasarkan *literature review* diatas kecepatan ekstrusi tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap diameter *filament* yang dihasilkan, yang paling berpengaruh adalah kecepatan penarik *filament* dan *Temperature extrusion* (Sarah Iftin Atsani, 2019). Maka pada penelitian ini digunakan variasi kecepatan penarik *filament* adalah 2 RPM, 6 RPM, 10 RPM.
- c. Bahan yang digunakan , pada penelitian sebelumnya jenis sampah plastik HDPE yang digunakan berupa tutup botol plastik, maka sampah plastik jenis *high density – polyethylene* (HDPE) yang digunakan pada penelitian ini berupa botol oli bekas.

Analisa yang digunakan, yaitu menganalisa ukuran diameter *filament 3d printer* yang dihasilkan.