

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Kajian Pustaka

Berbagai penelitian tentang ekstrusi plastik yang sudah pernah dilakukan oleh berbagai peneliti. Ada beberapa tinjauan pustaka yang melandasi munculnya gagasan untuk meneliti judul yang ditulis karena adanya dorongan untuk mencari sudut *screw* yang dapat membantu meminimalisir penyimpangan dimensi filament 3d printer dengan proses pembuatan menggunakan mesin ekstrusi *single screw*. Ada beberapa jurnal penelitian yang mengangkat tentang materi yang disajikan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Min-Wen Wang dkk,2019), Di dalam penelitian, metode Taguchi diimplementasikan dalam menemukan cetakan injeksi mikro yang optimal kondisi minimum penyusutan roda gigi mikro dalam percobaan pencetakan mikro. Analisis dari Varians (ANOVA) dilakukan untuk menentukan faktor yang paling berpengaruh yang memberikan kontribusi terhadap kualitas susut gigi mikro. Faktor-faktor yang berpengaruh yang mempengaruhi susut adalah packing time dengan kontribusi 32,47% dan kecepatan injeksi dengan kontribusi 22,34%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Min-Wen Wang dkk,2019), dalam penelitian ini kualitas sekrup plasticizing yang dipilih adalah laju keluaran, variasi suhu leleh di ujung zona pengukuran, energi mekanik spesifik (SME), dan jarak leleh. Array ortogonal Taguchi adalah diimplementasikan untuk melakukan percobaan dan untuk mendapatkan data uji untuk melatih saraf jaringan. Jaringan Syaraf Tiruan propagasi balik (BPNN) kemudian digunakan untuk kualitas sekrup prediktor, dan desain optimal diselesaikan dengan Algoritma Genetika (GA). Sekrup yang optimal desain untuk diameter ulir 25 mm untuk cetakan resin PC pada penelitian ini adalah 5.37D dalam bentuk padat zona konveyor, 9D di zona kompresi, kedalaman zona pengukuran 2,44 mm, dan lebar terbang 3mm. Kinerja sekrup ini dengan kondisi pemrosesan yang telah ditetapkan dapat memiliki: perbedaan suhu pada akhir

pengukuran (ΔT) sebesar $5,67^{\circ}\text{C}$, laju keluaran Q sebesar $20,12 \text{ kg/jam}$, SME sebesar $520,80 \text{ (kJ/kg)}$, dan plastik benar-benar meleleh pada $17,39\text{D}$.

Penelitian yang dilakukan oleh (Tatang Suryana,2019), Screw merupakan komponen utama dari sebuah mesin ekstrusi plastik yang berfungsi sebagai poros pendorong, dan pemotong, juga pengaduk plastik panas yang terdapat didalam barrel, masalah yang kerap dialami industri Plastik selama ini adalah banyaknya rejeck (produk apkir/produk cacat). Dari hasil penelitian diketahui penyebab masalah kegagalan produk adalah kurangnya masukkan bahan kedalam cetakan, dan perlu adanya perubahan desain pada screw, karena screw merupakan jantungnya dari mesin ekstruder. Modifikasi yang dilakukan pada Screw diantaranya (desain pengaduk, sirip penghalang, kedalaman Kanal, dan sudut Helix) dengan tujuan agar keluaran (outflow) meningkat, terlebih pada mesin yang sudah memiliki usia pakai lama yang sering mengalami cacat produk dengan rata – rata cacat yaitu bolong, sobek dan dimensi produk tidak sama/menyimpang. Screw hasil modifikasi ini telah dilakukan pengujian dipabrik dengan menggunakan material plastik jenis ABS dan PP, lalu dihasilkan prestasi bahwa pada screw konvensional dengan putaran 60 rpm didapat keluaran sebesar $151 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, dengan tekanan Maksimum sebesar $239,1 \text{ MPa}$, dan Viskositas 98 Pa.s . Dan pada saat putaran dinaikkan menjadi 120 rpm didapatkan keluaran sebesar $302 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan tekanan maksimum sebesar $478,2 \text{ MPa}$, dan Viskositas 98 Pa.s . Pada screw Modifikasi dengan putaran 60 rpm didapatkan outflow (keluaran) sebesar $190 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan tekanan Maksimum sebesar $187,68 \text{ MPa}$, dan Viskositas 98 Pa.s . Dan pada saat putaran 120 rpm dengan screw modifikasi didapatkan outflow (keluaran) sebesar $380 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan tekanan maksimum sebesar $375,36 \text{ MPa}$, dan Viskositas 98 Pa.s . Dari hasil pengamatan didapatkan perbandingan yang sangat signifikan diantara kedua sampel uji yaitu dengan menggunakan screw modifikasi dihasilkan outflow sekitar 27% lebih besar bila dibandingkan dengan menggunakan screw konvensional pada putaran yang sama.

Penelitian yang dilakukan oleh (Maradu dkk., 2018), Perancangan unit Extruder pada Mesin Extrusion Lamination Flexible Packaging Laminasi ekstrusi merupakan suatu proses yang dapat diterapkan pada bahan teknik jenis

termoplastik/bahan polimer. Prinsip proses ekstrusi polimer memiliki cara kerja yang menyerupai dengan proses ekstrusi logam, hanya saja terdapat perbedaan dalam konstruksi mesin yang digunakan, dimana pemakaian sebuah ram diganti dengan sebuah screw. Proses yang dilakukan yaitu dengan menggunakan biji plastik polypropylene (pellet) sebagai bahan utama yang akan dimasukkan kedalam sebuah hopper lalu didorong oleh sebuah screw dengan diameter 4 in, putaran 130 RPM, dan laju sembur material sebesar 0,22 m/detik. Selanjutnya bahan utama dan akan melewati pemanas yang memiliki daya 800 watt, dengan jumlah kalor sebesar 405.000 joule, selama kurang lebih 506,25 detik, untuk kemudian menuju ke dies atau cetakan yang diinginkan. Hasil cetakan dapat berupa lembaran (sheet) atau blow film tergantung dengan cetakan yang digunakan dalam proses cetak.

Penelitian yang dilakukan oleh (Cahyo Budiyanoro, 2016), Pengaruh Variasi Tekanan dan Waktu Tahan Pada Proses Injeksi Plastik Terhadap Berat Serta Penyusutan Produk Injection molding merupakan proses pembuatan produk plastik dengan pencetakan secara siklus. Dibandingkan dengan jenis proses produksi plastik lainnya, injection molding memiliki kemampuan untuk menghasilkan produk dengan geometri yang kompleks. Siklus proses meliputi penutupan molding, injeksi plastik ke dalam molding, menahan cairan dengan tekanan dalam waktu tertentu (fase holding), pendinginan produk dalam molding, dan pengeluaran produk, siklus ini akan berulang terus menerus. Setiap tahapan dalam siklus proses akan memberikan pengaruh pada hasil akhir produk. Pada fase injeksi bekerja tekanan dan kecepatan yang tinggi untuk memastikan cairan plastik masuk ke dalam molding secepat mungkin, kemudian tekanan berganti menjadi tekanan tahan. Fase holding semestinya dilakukan dengan memberikan pasokan cairan plastik tambahan ke dalam molding yang akan bekerja menahan dan menekan cairan yang telah memenuhi rongga cetak dalam waktu tertentu hingga gate mengalami pembekuan. Karena waktu proses yang singkat, fase ini seringkali tidak terlalu diperhatikan dalam aplikasi praktis di Industri bahkan pada beberapa kasus dilewatkan. Fokus penelitian ini adalah untuk mendapatkan data pengaruh variasi tekanan dan waktu tahan terhadap kualitas produk. Besarnya tekanan dan lamanya waktu tahan dalam fase ini selalu diupayakan sekecil mungkin untuk menghindari

ketegangan pada produk dan untuk mencapai waktu siklus proses yang sesingkat – singkatnya, namun tetap mentargetkan kualitas yang optimal. Dua parameter yang dapat digunakan untuk menilai kualitas adalah tingkat penyusutan (shrinkage) dan berat produk. Nilai penyusutan yang rendah dan berat produk yang stabil menunjukkan kualitas yang baik. Penelitian dilakukan dengan menggunakan mesin Injeksi berkapasitas pengecaman sebesar 70 ton dan molding spesimen dua cavity. Sedangkan bahan plastik yang digunakan adalah Polypropylene homopolimer.

Penelitian yang dilakukan oleh (Khadliq dkk., 2017), Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas produk plastik dengan analisis cacat sink mark menggunakan variasi parameter yang optimal untuk membandingkan material plastik murni (virgin) dengan plastik daur ulang (recycled) jenis high density polyethylene (HDPE) menggunakan proses injection molding. Penelitian ini menggunakan metode design of experiment (DOE) untuk mendapatkan variasi parameter proses yang paling optimal seperti melting temperature, holding pressure, injection pressure, dan cooling time. Hasil dari penelitian ini adalah nilai sink mark transversal, near gate dan far gate pada material plastik HDPE murni sebesar 0,045 mm dan daur ulang 0,06mm.

1.2 Teori Dasar

2.2.1 3d Printing

Additive manufacturing merupakan teknik membuat benda solid tiga dimensi yang berdasarkan model digital (CAD). metode additive manufacturing ini membuat peluang insinyur dan perancang membentuk ide-idenya dalam tiga dimensi secara nyata (Agris Setiawan, 2017). Proses mencetak 3D menjadi produk memanfaatkan proses additif, yaitu dengan ditambahkan bahan-bahan dasar secara berangsur-angsur berdasarkan model digital yang diinginkan (Dicky Seprianto dkk, 2017). 3D printer atau Additive Manufacturing merupakan sebutan global dari teknologi berdasarkan representasi geometri dalam membentuk benda fisik dengan metode menambahkan material secara terusmenerus (Ikhwan Taufik dkk, 2017). Single part merupakan produk yang sangat dibutuhkan, yaitu hanya memerlukan sedikit produk yang digunakan dan sifatnya custom design. Custom

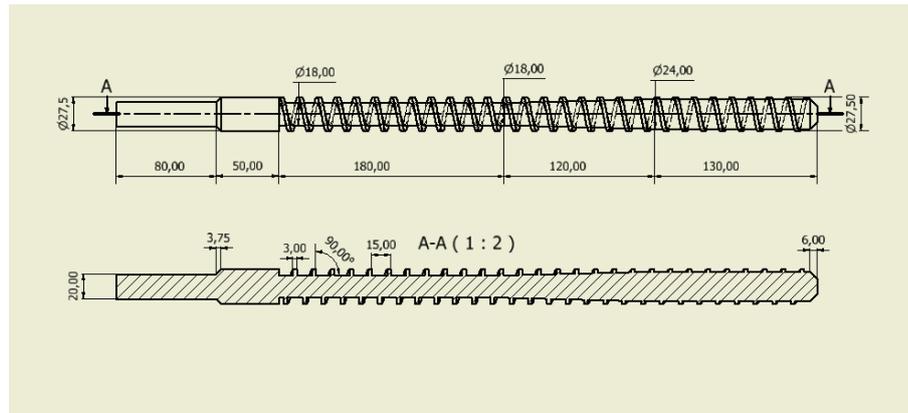
design inilah yang hanya bisa dicetak menggunakan mesin 3D printer (Andik Arisdkk, 2018).

2.2.2 Ekstrusi

Ekstrusi adalah proses untuk membuat benda dengan penampang tetap. Keuntungan dari proses ekstrusi adalah bisa membuat benda dengan penampang yang rumit, bisa memproses bahan yang rapuh karena pada proses ekstrusi hanya bekerja tegangan tekan, sedangkan tegangan tarik tidak ada sama sekali. Aluminium, tembaga, kuningan, baja dan plastik adalah contoh bahan yang paling banyak diproses dengan ekstrusi. Contoh barang dari baja yang dibuat dengan proses ekstrusi adalah rel kereta api. Proses ekstrusi bahan termoplastik mempunyai prinsip yang hampir sama untuk ekstrusi logam hanya saja dalam mengekstrusi bahan polimer tidak lagi menggunakan ram seperti halnya ekstrusi logam, tetapi menggunakan sebuah screw. Bahan baku yang digunakan dalam proses ekstrusi termoplastik ini juga berbeda dengan ekstrusi bahan logam. Jika pada ekstrusi logam bahan baku yang dimasukkan dalam bentuk batangan, plat ataupun lembaran. Pada ekstrusi polimer bahan baku yang digunakan adalah dalam bentuk biji plastik (pellet). Secara umum ekstrusi pada termoplastik adalah suatu proses pembentukan material dengan cara di panaskan hingga mencapai titik leleh dan melebur akibat panas dari luar atau akibat panas gesekan yang kemudian dialirkan ke cetakan oleh screw untuk menghasilkan material dengan bentuk penampang sesuai dengan bentuk lubang cetakan (*die*). Proses ekstrusi adalah proses continue yang menghasilkan beberapa produk seperti, film plastik, tali rafia, pipa, pelet, lembaran plastik, fiber, filamen, selubung kabel, dan beberapa produk lainnya.

2.2.3 Screw

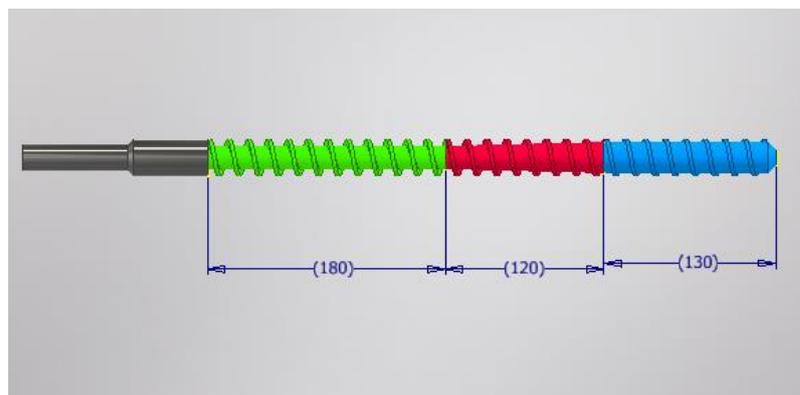
Screw adalah komponen utama dari sebuah mesin ekstrusi plastik yang berfungsi sebagai poros pendorong, dan pengaduk plastik panas yang terdapat didalam barrel hingga dia plastic keluar menuju cetakan.



Gambar 2.1 *sketch screw*

Keterangan:

1. Sirip/ *flight* (lebar sirip 3 mm, jarak pitch 15 mm) berfungsi sebagai pembawa material cacahan sampah plastik HDPE.
2. Sudut sirip (*flight*) 90°, 10°, 15°, 20°, 25° dengan tujuan agar material plastik dapat lebih cepat mengalir.
3. Diameter sirip (*flight*) 27.5 mm.
4. panjang kanal utama sebagai penyalur cacahan plastik 180 mm, panjang kanal transisi dimana plastic mulai mencair 120 mm, panjang kanal melting dimana plastik sudah tercampur 130 mm.



Gambar 2.2 *Desain Screw*

warna hijau merupakan zona penyaluran, pada zona ini material sampah plastik HDPE masih dalam bentuk cacahan, kemudian pada warna merah adalah Zona transisi yaitu material plastik berubah menjadi cair atau peralihan dari cacahan sampah plastik menjadi cair. Dan pada warna biru merupakan Zona Melting dimana pada zona ini semua material plastik telah mencair dan pada zona ini cairan plastic

mengalami penurunan suhu yang kemudian masuk pada dies (cetakan) untuk di bentuk menjadi filament 3D printer.

Proses bubut merupakan salah satu proses pemotongan logam yang menghasilkan produk berbentuk silindris. Dalam proses pembuatan screw pada penelitian ini dilakukan dengan proses bubut, untuk mendapatkan nilai kemiringan sudut helix screw yang sesuai. Pada penelitian ini dibuat 5 screw dengan tingkat kemiringan yang berbeda menggunakan proses bubut.



Gambar 2.3 Pembuatan *Screw*

Sirip utama (lebar sirip 3 mm, jarak pitch 15 mm) panjang screw 433 mm, sirip/flight berfungsi membawa material plastik dalam bentuk granule/pellet.



Gambar 2.4 *Screw*

2.2.4 Barrel

Barrel adalah selongsong yang merupakan ruang pemanas dimana screw berada didalamnya. Barrel berfungsi sebagai tempat proses plastisisas. Untuk

menjamin kelangsungan proses, maka rasio diameter screw dan diameter barrel (clearance) dianjurkan sebesar 0.005 - 0.002 in (0,05 mm) dan pada ujung barrel terdapat cetakan sebagai pembentuk *filament 3d printer*.



Gambar 2.5 Barrel

Cetakan pada mesin ekstrusi di buat berbentuk silinder dengan ukuran diameter 2 mm.



Gambar 2.6 Cetakan 2 mm

2.2.5 Filament 3D printer

filament 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 filament plastik yang dapat didaur ulang. Filament 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 filament (*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/transparent dan kilap. (Putra, 2018).

2.2.6 HDPE

HDPE adalah polimer termoplastik linear yang terbentuk dengan proses katalitik, proses katalitik yaitu sebuah proses yang berfungsi untuk mempercepat terjadinya suatu reaksi atau dalam hal ini disebut polimerisasian (pembentukan molekul plastik). HDPE dengan sedikit cabang menghasilkan struktur yang lebih rapat dengan densitas yang lebih tinggi dan mempunyai ketahanan kimia yang lebih tinggi dari pada LDPE. HDPE juga lebih kuat dan lebih tahan terhadap temperatur yang lebih tinggi. Banyak yang memilih HDPE dalam penelitian karena mempunyai kelebihan dibandingkan dengan LDPE. Kebanyakan aplikasi HDPE dipadukan dengan zat aditif yang diperlukan untuk memperbaiki sifat-sifat HDPE. Bahan aditif tersebut berupa zat-zat dengan berat molekul rendah yang dapat berfungsi sebagai filler, pewarna, antioksidan, penyerap sinar ultraviolet, anti lekat dan lain-lain.

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

Properties	PLA	ABS	HDPE
<i>Melt flow rate</i> (g/10 min)	2.4 – 4.3	22- 48	4 – 8
<i>Tensile strength</i> (MP)	50 - 55	30 - 52	20 - 40
<i>Strain at yield (%)</i>	10 - 100	3 – 75	>100

<i>Young's modulus (MPa)</i>	3500	1700 – 2800	200 – 1200
<i>Melting temperature (°C.)</i>	120 - 170	200 - 230	120 - 190
<i>Glass transition Temperature (GTT) (°C.)</i>	50- 60	100	80 - 110
<i>Extruding Temperature (°C)</i>	160 – 220	210- 230	130 - 190
<i>Glass transition Temperature GTT (°C)</i>	55–56	105	110
<i>Crystallinity</i>	~37	N/A	
<i>Cooling time</i>	<i>Long</i>	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>