

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian plastik

Plastik berasal dari kata Yunani *plastikos* yang berarti mampu dibentuk dan dicetak. Plastik pertama kali digunakan sebagai kata benda sekitar tahun 1909 dan digunakan sebagai sinonim untuk polimer, polimer paling awal terbuat dari bahan organik alami dari hewan dan sayuran (*selulosa*), kemudian dengan berbagai cara reaksi kimia, *selulosa* dimodifikasi menjadi selulosa asetat, pertama kali digunakan pada tahun 1866. Plastik biasanya digunakan untuk produk seperti tempat makanan dan minuman, peralatan rumah tangga, peralatan elektronik, alat kesehatan, mainan, serta komponen mobil [3].

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi merupakan penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah naphtha, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya [4].

2.2 Klasifikasi material plastik

Berdasarkan struktur molekul dan penggunaannya, plastik dapat digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu:

a) *Thermoplastics*

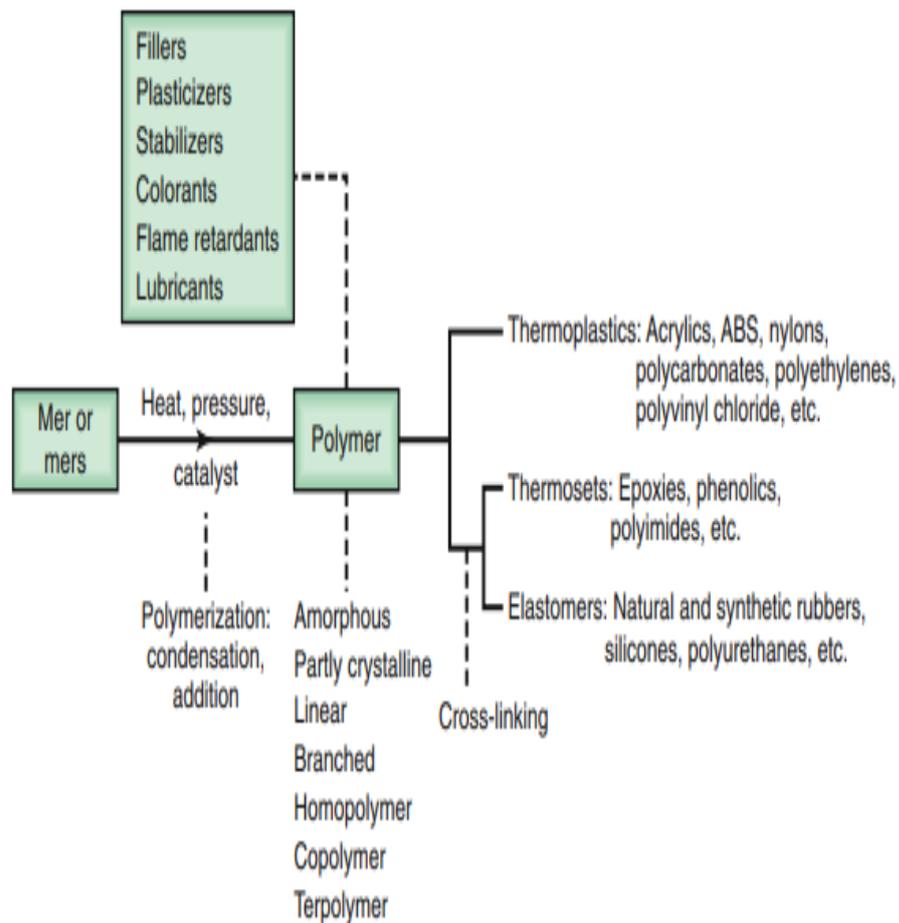
Thermoplastik adalah bahan jenis plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Thermoplastik memiliki makromolekul dengan rantai polimer linear atau bercabang. Contohnya : *arcylies*, *nylons*, *polyethylene*, *polyvinyl* [4].

b) Thermosets

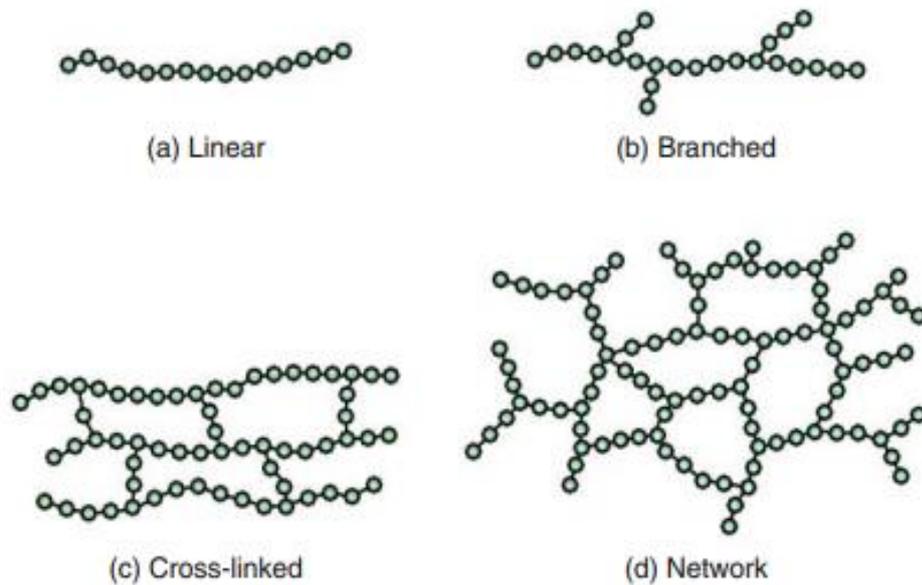
Thermosetting adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan. *Thermosetting* memiliki susunan rantai polimer jenis *network*. Contohnya : *Epoxies* dan *phenolics* [3].

c) Elastomers

elastomer merupakan bahan yang bersifat elastis. Plastik ini memiliki jumlah ikat silang yang sedikit dan tersusun secara acak atau tidak teratur. Plastik ini termasuk sebagai plastik ikat silang (*cross link*) karena setiap individunya disambungkan dengan ikatan penghubung. Contohnya: *elastomer* dan *rubber*. Untuk klasifikasi dari material plastik dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Klasifikasi material plastik [3].



Gambar 2.2 Ilustrasi skematik rantai polimer [3].

Berdasarkan kode identifikasi resin yang dikeluarkan oleh American Standard Testing and Material (ASTM) thermoplastik yang dapat digunakan kembali ataupun didaur ulang diklasifikasikan menjadi 7 jenis tingkatan (*Grade*)

2.1.1 jenis plastik yang sering di daur ulang beserta kode daur ulang

a) *Polyethylene Terephthalate* (PETE atau PET)

Tertera logo kode daur ulang dengan angka 1 serta tulisan PETE atau PET di bawah segitiga, biasanya dipakai untuk botol plastik yang jernih/transparan/tembus pandang seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya. Material plastik dengan kode ini direkomendasikan untuk sekali pakai karena bila terlalu sering digunakan menyimpan air panas dan hangat akan mengakibatkan lapisan polimer pada material tersebut meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik (berbahaya bagi kesehatan) [5].

b) *High Density Polyethylene* (HDPE)

Tertera logo daur ulang dengan kode nomor 2 serta tulisan HDPE di tengah bawah segitiga, biasanya digunakan untuk botol susu, botol kosmetik, kursi lipat dan lain-lain. HDPE merupakan material plastik yang aman digunakan dikarenakan kemampuan mencegah

reaksi kimia antara kemasan plastik yang digunakan dengan makanan/minuman yang dikemasnya [2].

c) *Polyvinyl Chloride (PVC)*

Menggunakan kode daur ulang dengan nomor 3 serta tulisan V atau PVC dibawahnya, merupakan jenis plastik yang paling sulit di daur ulang. Biasanya digunakan untuk pipa selang air, mainan, dan botol shampo, karena reaksi yang terjadi antara PVC dengan makanan yang dikemas plastik ini berpotensi berbahaya untuk kesehatan

d) *Low Density Polyethylene (LDPE)*

Menggunakan logo daur ulang dengan nomor 4 serta tulisan LDPE, biasanya digunakan untuk kantong kresek, pembungkus daging beku dan berbagai macam plastik tipis lainnya. Barang berbahan LDPE ini biasanya sulit dihancurkan, tetapi baik digunakan untuk tempat makanan dikarenakan sulit bereaksi secara kimiawi dengan makanan yang dikemasnya

e) *Polypropylene (PP)*

Menggunakan kode daur ulang dengan nomor 5 serta tulisan PP, jenis bahan ini kuat dan ringan serta lumayan baik terhadap suhu yang tinggi. Jenis ini sangat cocok digunakan untuk tempat makanan dan minuman dan juga digunakan untuk botol minum bayi.

f) *Polystyrene (PS)*

Menggunakan logo dengan kode daur ulang nomor 6 serta tulisan PS dibawahnya. biasanya digunakan untuk tempat makanan styrofoam, tempat minum sekali pakai dan lain-lain. Bahan ini berbahaya jika digunakan berulang karena dapat mengeluarkan *styrene* (berbahaya bagi kesehatan) ketika bersentuhan dengan makanan. Selain itu *styrene* biasa didapatkan dari asap rokok, asap kendaraan dan bahan konstruksi gedung.

g) *Other (O)*

Menggunakan kode daur ulang dengan nomor 7 serta tulisan OTHER dibawahnya. Untuk jenis plastik ini ada 4 jenis yaitu:

- 1) SAN (styrene acrylonitrile)

- 2) ABS (acrylonitrile butadiene styrene)
- 3) PC (polycarbonate)
- 4) NYLON

Plastik dengan bahan SAN dan ABS merupakan bahan plastik yang dapat ditemukan pada suku cadang mobil, alat-alat olahraga, komputer dan alat-alat elektronik. Selanjutnya plastik dengan bahan PC dianjurkan untuk tidak digunakan untuk tempat makanan dan minuman karena dapat mengeluarkan *bisphenol* (berbahaya untuk kesehatan) dan untuk bahan NYLON biasanya digunakan untuk menjadi pengganti sintetis untuk produk pakaian.



Gambar 2.3 Nomor kode plastik [6].

Tabel 2.1 Jenis plastik dan penggunaannya [6].

No kode	Jenis plastik	Penggunaan
1	PET (<i>polyethylene terephthalate</i>)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2	HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal.
4	LDPE (<i>Low-density Polyethylene</i>)	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.

5	PP (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
6	PS (<i>Polystyrene</i>)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
7	Other (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	botol susu bayi, plastik kemasan, galon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

Tabel 2.2 Temperatur pemrosesan termoplastik [7].

<i>Processing Temperature Rate</i>		
Material	°C	°F
ABS	180-240	356-464
Acetal	185-225	365-437
Acrylic	180-250	356-482
Nylon	260-290	500-554
Poly Carbonat	280-310	536-590
LDPE	160-240	320-464
HDPE	200-280	392-536
PP	200-300	392-572
PS	180-260	356-500
PVC	160-180	320-365

2.1.2 Proses pengolahan plastik

a) *Injection molding*

Merupakan proses pengolahan plastik yang serupa dengan operasi jarum suntik, dimana hasil lelehan plastik yang telah dipanaskan disuntikkan ke dalam mold (cetakan) yang telah tertutup rapat yang berada di dalam mesin sehingga lelehan tersebut memenuhi ruang yang berada pada mold sesuai dengan produk yang diinginkan [8].

b) *Thermoforming*

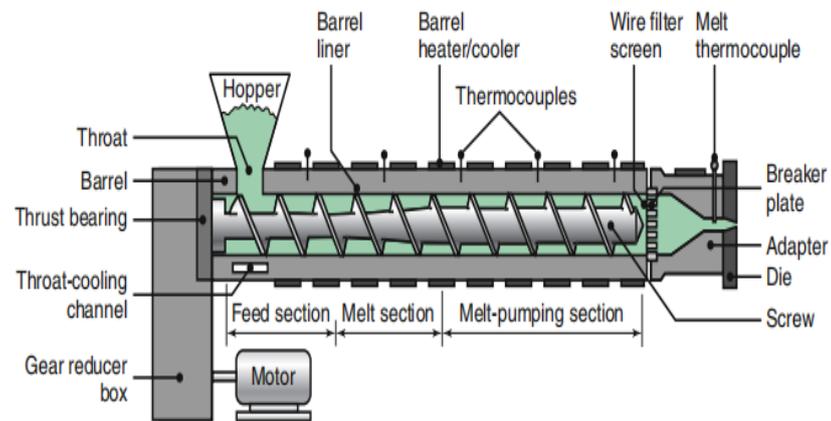
Merupakan Proses pembentukan lembaran plastik dengan cara dilakukan pemanasan terlebih dahulu terhadap lembaran plastik yang kemudian dilakukan pembentukan lembaran plastik dengan benda berbentuk lembaran dengan menggunakan daya hisap atau tekan ke cetakan sesuai dengan produk yang ingin diproduksi [9].

c) *Blow Molding*

Proses untuk membuat benda berongga dengan cara meniupkan atau menghembuskan udara ke dalam material/bahan yang menggunakan cetakan yang terdiri dari dua belahan *mold* yang tidak menggunakan inti (*core*) sebagai pembentuk rongga tersebut. Cara kerja alat ini hampir sama dengan cara ekstrusi hanya saja dikembangkan dengan menambah cetakan dan mekanisme penekanan oleh gas [10].

d) *Extrusion*

Merupakan proses manufaktur kontinu yang digunakan untuk mencetak produk yang panjang dengan penampang yang tetap. Biasanya plastik yang dapat diproses dengan metode ekstrusi memiliki viskositas yang tinggi. sehingga produk yang baru mengalami ekstrusi dapat mempertahankan bentuk hasil pencetakan hingga produk tersebut sampai pada tahap pendinginan cepat seperti filamen plastik tinta 3D printer. Proses ini hampir sama dengan *injection molding* yaitu plastik dilelehkan dalam barel dan ditransfer dengan *screw* [11]. Dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Mesin *Extrusion* [3].

2.3 Filamen 3D printer

Filamen pada 3D Printer merupakan material yang digunakan sebagai bahan untuk mencetak rancangan yang sudah dibuat melalui software di komputer. 3D printer merupakan mesin yang digunakan untuk membuat objek pada 3 dimensi atau bentuk apapun dari model digital [12]. Standar ukuran filamen yang tersedia di pasaran adalah 1,75 mm tetapi ada juga jenis 3D printer rakitan yang menggunakan filamen dengan ukuran 3 mm. banyak jenis bahan yang dapat dijadikan filamen, dan material yang digunakan untuk membuat filamen 3D Printer adalah *Thermoplastic* dikarenakan memiliki sifat yang tangguh, kuat, dan mudah dibentuk. Semakin bagus jenis material yang digunakan maka semakin bagus kualitas filamen yang dihasilkan.

2.3.1 Jenis jenis filamen 3D printer

a) ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)

Adalah bahan yang paling umum digunakan oleh 3D printer. Bahan ini biasanya digunakan untuk membuat mainan lego. ABS mudah digunakan untuk mencetak namun cenderung menyusut pada saat proses pendinginan sehingga sedikit berpengaruh terhadap hasil cetakan. Bahan ini relatif aman digunakan tetapi sedikit menghasilkan bau plastik pada saat dipanaskan. Contoh filamen jenis ABS dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)

b) PLA (*Poly Lactic Acid*)

Adalah jenis plastik yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat terurai seperti tepung jagung, tepung tapioka, dan olahan tebu. Dikarenakan terbuat dari bahan yang mudah terurai, PLA merupakan bahan yang ramah akan lingkungan dan membuat bahan jenis ini semakin populasritas untuk digunakan dan bahan ini juga mampu menghasilkan cetakan yang kuat dan rapi. Contoh filamen dari PLA dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 PLA (*Poly Lactic Acid*)

c) HIPS (*High Impact Polystyrene*)

Merupakan bahan yang menyerupai ABS tetapi memiliki perbedaan utama dimana HIPS dapat larut dalam larutan Limonene. Dapat juga digunakan untuk mencetak hasil 3D printer dengan kombinasi filamen yang lain, dimana HIPS sebagai bahan pendukung yang kemudian dapat dengan mudah dihilangkan dengan menempatkan hasil ceakan 3D printer di larutan *D-Limonene oil*.

d) PVA (*Polyvinyl Alkohol*)

Adalah filamen 3D printer yang larut dalam air, sehingga menjadikan filamen PVA sangat cocok sebagai bahan pendukung untuk 3D printer PLA yang kompleks. Contoh filamen PVA dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 PVA (Polyvinyl Alkohol)

e) *Flexible* PLA

Merupakan filamen 3D printer yang tidak berbahaya untuk digunakan/beracun dan filamen 3D printer yang dapat menghasilkan cetakan yang fleksible dan Elastis

f) *PETG (Glycol-modified PET)*

Filamen PETG (Glycol-modified PET) merupakan senyawa plastik yang memiliki jenis yang sama dengan PET (*Polyethylene terephthalate*). Memiliki penggabungan keunggulan dari senyawa plastik ABS dan PLA, serta memiliki karakteristik warna yang bening/Transaparan dan megkilap

g) *Color Change By UV*

Merupakan filamen 3D printer yang akan mengalami perubahan warna apabila terkena sinar UV ataupun sinar matahari

h) *Color Change By Temperature*

Merupakan filamen 3D printer yang akan mengalami perubahan warna apabila terpapar/kontak dengan panas (dicelup ke air panas)

i) *Wood*

Wood filamen 3D printer merupakan filamen yang memiliki karakteristik warna dan hasil seperti kayu.

j) *Bronze*

Merupakan filamen 3D printer yang memiliki karakteristik warna dan hasil menyerupai *Bronze* [13].

2.4 Mesin extruder

Mesin extruder yang digunakan untuk penghasil filamen 3D printer merupakan alat untuk melakukan proses ekstrusi atau pembentukan dari cacahan plastik yang berbentuk serpihan-serpihan kecil dengan cara dilelehkan menggunakan suhu yang *melting* plastik dan dibentuk kembali dengan cetakan menjadi suatu bentuk tertentu [14].

2.4.1 Beberapa komponen pendukung mesin ekstruder

Adapun komponen-komponen lain yang difabrikasi meliputi:

a) *Screw*

Merupakan komponen utama dari sebuah mesin ekstruder plastik. Berfungsi sebagai pendorong, pemotong, dan pengaduk plastik panas yang terdapat di dalam *barrel* [15].

b) *Barrel*

Merupakan selongsong sebagai ruang pemanas dimana *screw* berada di dalamnya, *barrel* berfungsi sebagai tempat proses plastisasi, tempat dimana berlangsungnya proses pengumpanan, pemanasan, dan penggaulan.

c) *Hopper*

Hopper ataupun corong digunakan sebagai tempat penampung biji plastik sebelum masuk ke *barrel*. Biasanya dibuat dari material plat baja dengan ketebalan yang disesuaikan dengan kebutuhan.

d) *Heater*

Heater merupakan komponen pemanas yang menghasilkan panas untuk pemrosesan plastik pada mesin ekstrusi, dipasang pada *barrel* dengan jumlah yang disesuaikan dan mempunyai pengukuran panas yang dapat dibaca, untuk contoh *heater* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 *Heater*

e) *Nozzle*

Nozzle merupakan sebuah alat yang digunakan untuk memberi tekanan yang lebih tinggi dari aliran sebelumnya. *Nozzle* pada umumnya digunakan pada sebuah rangkaian yang di dalamnya terdapat aliran cairan, tekanan angin, dan saluran gas. Pada penggunaannya, *Nozzle* terletak di bagian paling ujung pada suatu rangkaian karena berfungsi sebagai saluran keluar suatu fluida. Prinsip kerjanya dimana pada saat aliran yang melewati *Nozzle* akan berubah tekanannya dan mengalami perubahan bentuk dan arah sesuai dengan bentuk *Nozzle* yang didesain. Pada alat Extruder ini *Nozzle* digunakan untuk mencetak plastik menjadi berbentuk filamen dengan luas penampang yang telah ditentukan.

f) *Filter*

Filter pada *Nozzle* berfungsi sebagai penyaring aliran lelehan plastik dari extruder, sebelum lelehan plastik memasuki *Nozzle* harus melewati *filter* terlebih dahulu, supaya lelehan hasil ekstrusi yang memasuki *Nozzle* menjadi lebih bagus dan tidak menghambat laju aliran keluar pada ujung *Nozzle*.

2.5 Uji tarik

Uji tarik (*Tensile Strength*) merupakan ukuran untuk kekuatan suatu material secara spesifik, merupakan tarikan maksimum terakhir sebelum putus/sobek. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai titik tarikan yang maksimum pada setiap luas permukaan filamen. Sifat *tensile strength* tergantung pada konsentrasi dan jenis bahan pembuat filamen plastik terutama kohesi struktural. Kohesi struktural adalah kemampuan polimer untuk menentukan kuat atau tidak melekur maupun ikatan antar rantai polimer [16].

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dari filamen plastik untuk menahan beban sebelum putus/sobek. Dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

- σ = Kekuatan tarik (N/m^2)
 F = Tegangan maksimum (N)
 A = Penampang mula-mula (m^2)

Tegangan pada suatu sistem akan menyebabkan terjadinya regangan, yaitu perubahan panjang atau perubahan ukuran benda. Regangan dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (2)$$

Keterangan:

- ε = Regangan
 l = Panjang akhir benda (m)
 l_0 = Panjang awal benda (m)

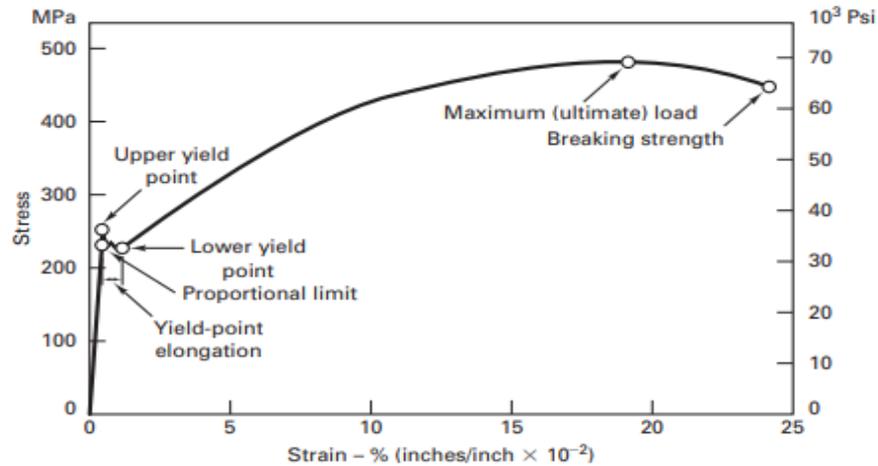
Dari dua besaran yang diperoleh maka didapatkan satu besaran lain yang dinamakan sifat elastisitas benda, dinamakan modulus *young*/elastisitas. Modulus elastisitas adalah sifat mekanik material yang menunjukkan seberapa besar kekuatan material untuk kembali ke bentuknya semula setelah diberikan tegangan tertentu. Modulus *elastisitas* dirumuskan dengan persamaan:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

Keterangan:

- E = Modulus elastisitas strength (N/m^2)
 σ = Kekuatan tarik (N/m^2)
 ε = Regangan (m)

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada Gambar 2.9 Pada gambar tersebut merupakan gambaran sifat mekanik yang diperoleh dari suatu material [17].



Gambar 2.9 Kurva Uji Tarik [18].

2.6 Spesimen uji tarik

Untuk melakukan percobaan pada uji tarik biasanya diawali dengan pembuatan spesimen uji tarik. Spesimen uji tarik memiliki bentuk dan ukuran yang sudah terstandar, dalam kasus-kasus tertentu diijinkan memakai bentuk dan ukuran spesimen uji tidak standar. Bentuk dan ukuran spesimen uji terstandar disebut juga spesimen uji proporsional, dan yang tidak terstandar disebut juga spesimen uji non proporsional. Bentuk penampang spesimen uji dapat berbentuk lingkaran atau bentuk persegi empat [19].

2.6 Kecepatan putaran (rpm)

revolutions per minute (rpm) merupakan satuan dari putaran mesin. Kecepatan putaran mesin dapat mempengaruhi daya spesifik yang akan dihasilkan. Kecepatan putar rpm berpengaruh terhadap ukuran partikel dan kehalusan. Semakin besar rpm maka mesin berputar semakin cepat atau semakin kecil rpm maka mesin berputar semakin lambat [20].

2.7 Silindrisitas

Merupakan metode pengukuran yang akan digunakan pada penelitian ini. Dimana silindrisitas merupakan simbol silinder yang digunakan untuk menggambarkan seberapa dekat suatu benda sesuai dengan silinder yang sebenarnya. Silindrisitas adalah toleransi 3 dimensi yang mengontrol benda keseluruhan dari fitur silinder untuk memastikan bahwa suatu benda atau

material cukup bulat dan lurus di sepanjang porosnya. Silindrisitas memiliki toleransi mendekati diameter benda yang diinginkan. Silindrisitas pada dasarnya membentuk batas berbentuk silinder sempurna di sekitar objek tempat seluruh bagian 3 dimensi benda yang diukur. Untuk simbol silindrisitas menurut ISO/R 702 dapat dilihat pada Gambar 2.10

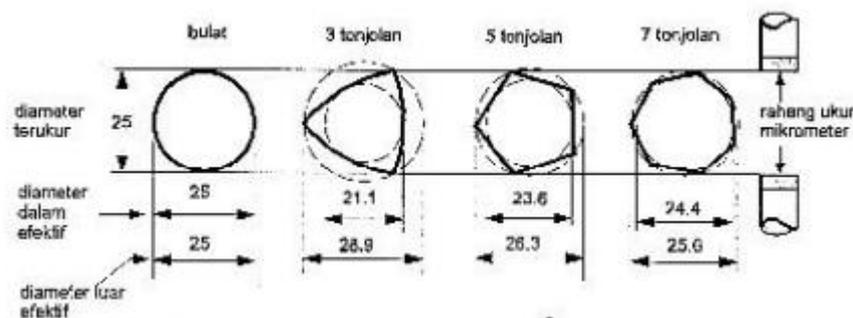


Gambar 2.10 Simbol silindrisitas ISO/R 702 [21]

Nilai kesilindrisan dapat dihitung dengan menggunakan nilai hasil pengukuran kebulatan, Pengukuran kebulatan suatu benda dapat dilakukan dengan berbagai macam metode yaitu:

a) Metode diameter

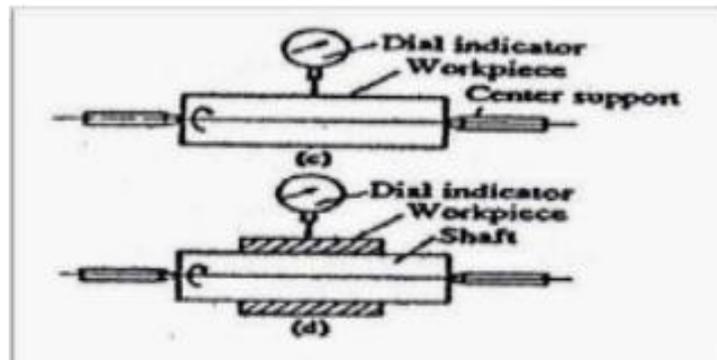
Pengukuran kebulatan dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang memiliki dua sensor yang saling bertolak belakang (180°) misalnya mikrometer. Dengan menggunakan mikrometer penampang poros dengan dua tonjolan beraturan akan dapat diketahui ketidak bulatannya, yaitu dengan mengukur diameter pada sisi terjauh dan diameter pada sisi terdekat. Jika pengukuran kebulatan hanya dilakukan pada satu titik, maka pengukuran kesilindrisan dilakukan pada beberapa titik sepanjang benda, contoh pengukuran kebulatan dapat dilihat pada Gambar 2.11 [22].



Gambar 2.11 Pengukuran kebulatan dengan dua sensor [22]

b) Metode radius

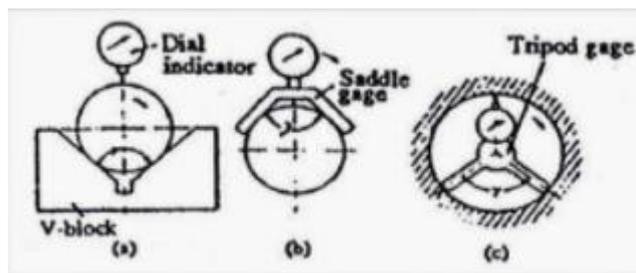
Pengukuran dengan metode radius dilakukan dengan menjepit benda pada sumbu pusatnya dan dirotasikan. Sebuah dial indikator akan mengukur dan merasakan perubahan permukaan benda ukur. Cara pengukuran ini hanya bisa dilakukan bila benda ukur mempunyai garis tengah silinder, dapat dilihat pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Pengukuran kebulatan diantara dua senter [23]

c) Metode 3 point (*Block-V*)

Pengukuran dengan metode ini dilakukan dengan menggunakan blok-V (*V-Block*) dengan sudut 60° dan alat ukur berupa dial indikator. Pengukuran kebulatan poros dilakukan dengan cara meletakkan pada blok-V dan kemudian memutarinya dengan menempelkan sensor dial indikator/jam ukur di atasnya, contoh pengukuran ini dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 Pengukuran kebulatan dengan blok-V (60°)

2.8 Penelitian sebelumnya

Penelitian yang sudah terlebih dahulu dilakukan merupakan acuan penulis dalam melakukan penelitian ini, sehingga penulis dapat mengetahui teori-teori yang digunakan dalam penelitian sebelumnya. Adapun penelitian terdahulu berupa jurnal dan skripsi terkait penelitian yang dilakukan penulis.

Michael (2019) Telah melakukan penelitian terkait parameter proses paling optimal pada pengaturan mesin filamen ekstruder untuk menghasilkan filamen PLA yang layak pakai dalam proses 3D printing dan memiliki kualitas paling mendekati karakteristik asli dari filamen asli buatan industri. Dimana pada penelitian ini dijelaskan bahwa profil filamen yang berhasil diproduksi dengan diameter maksimal per diameter terkecil sebesar 1,09 atau memiliki profil paling stabil diperoleh dengan pengaturan parameter proses temperatur 160°C dengan kecepatan *screw* 100 (10,5 rpm), dan debit terbesar 4,67 g/min diperoleh dengan pengaturan temperatur 170°C dan kecepatan *screw* 150 (16,2 rpm).

Rony Azmi Faisal dkk (2019) Melakukan penelitian tentang analisis pengaruh parameter operasional mesin ekstrusi terhadap konsistensi produk filamen. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa berdasarkan hasil eksperimen diketahui bahwa keseragaman diameter filamen dipengaruhi oleh kecepatan putar *screw*, kecepatan penarik, dan temperatur. Kecepatan *screw* 15 rpm dan kecepatan penarik 8 rpm dapat menghasilkan rata-rata diameter terkecil sebesar 1,79.

Bahrul Ikam (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur dan line speed pada proses pembuatan filamen yang mengalami kecacatan pada mesin ekstruder. Dalam penelitian ini disimpulkan bahwa ada beberapa faktor yang mempengaruhi pada proses ekstrusi suatu material, beberapa faktor tersebut antara lain: Suhu kerja, merupakan setiap jenis ekstrusi mempunyai suhu kerja sendiri tergantung jenis material yang akan diekstrusi.