

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Limbah Plastik

Meninjau dari terjadinya perubahan pola konsumsi dan pertumbuhan ekonomi dan produksi yang berimbas pada meingkatnya generasi plastik dengan cepat di dunia. Di wilayah berkembang lebih tepatnya di asia pasifik banyak yang menggunakan plastik sebagai kebutuhan sehari – hari mereka yang menyebabkan peningkatan penggunaan konsumsi plastik dimana meningkat lebih dari rata-rata dunia karena urbanisasi dan pembangunan ekonomi. Penggunaan konsumsi dunia secara angka dalam pertahun dari penggunaan bahan plastik sebagai pelengkap kebutuhan merak meningkat dari 5 juta ton di tahun 1950 yang makin lama bertambah menjadi 100 juta ton. Limbah adalah bahan berlebihan atau bahan yang tidak dapat digunakan kembali, berasal dari proses teknologi atau alam, yang keberadaannya tidak ramah lingkungan dan tidak memiliki nilai ekonomi. Plastik merupakan salah satu jenis sampah yang sulit terurai karena komposisi bahan kimianya. Diperlukan waktu minimal 200 - 400 tahun bagi sampah plastik untuk terurai melalui proses penimbunan. Hal ini mengakibatkan pencemaran lingkungan dan mendorongpembuangan sampah plastik secara sembarangan. (Nasution, 2015)

Umumnya plastik dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastik dan *thermosetting* diman thermoplastik merupakan bahan plastik yang mana jika dipanaskan sampai temperatur titik lelehnya makan akan mencair dan mudah untuk dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* merupakan plastik yang mana jika sudah dibuat dalam bentuk yang padat, maka plastik jenis ini tidak dapat dicairkan kembali dengan cara semula. Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. (Ismanto, 2016)

Plastik yang banyak digunakan untuk diolah pada kebutuhan tertentu adalah plastik berjenis *polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP) dan *polyvinyl chloride* (PVC). Terdapat kode pada setiap jenis plastik yang dapat didaur ulang dengan tujuan untuk mempermudah dalam mengidentifikasi jenis plastik tersebut. Berikut merupakan nomor kode pada plastik yang tercantum pada produk-produk berbahan plastik yang dapat dilihat pada gambar 2.1 sebagai berikut: (Ismanto, 2016)

						
PETE	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	OTHER
Polyethylene Terephthalate	High Density Polyethylene	Polyvinyl Chloride	Low Density Polyethylene	Polypropylene	Polystyrene	Other
						
Recyclable	Recyclable	Recyclable at specialist points	Recyclable at specialist points	Recyclable	Recyclable at specialist points	Not easily recyclable

**Gambar 2.1** Kode Jenis Plastik

(Sumber: kabar6.com)

### 2.1.1.1 Pengolahan 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*)

Setelah mengetahui perkembangan pada produksi plastik terus bertumbuh besar maka terdapat cara untuk menanggulangi pada masalah penggunaan plastik di dunia dengan cara melakukan pengolahan 3R yang merupakan langkah dalam meminimalkan volume dari bahan limbah plastik yang dihasilkan berjuta – juta ton di dunia. Cara dari pengolahan sampah 3R dilakukan dan disesuaikan dengan pedoman internasional. Seperti namanya 3R yaitu *reduce* (yang bertujuan untuk mengurangi sampah pada sumbernya), *reuse* (mempergunakan kembali sampah yang masih layak), dan yang terakhir adalah *recycle* (yaitu mengolah sampah yang tidak dapat dipergunakan kembali). Penerapan yang tentang pengolahan 3R akan menghasilkan hasil yang baik. (Nurfaida, 2015)

Prinsip penting pengolahan 3R adalah untuk membantu kita menuju hidup yang berkelanjutan. Pengolahan 3R membantu masyarakat untuk

berfikir tentang dampak limbah yang diproduksi sehingga dapat mendorong masyarakat untuk mengurangi dampak limbah yang diproduksi. Daur ulang (*recycle*) sampah plastik dapat dibedakan menjadi empat cara yaitu daur ulang primer, daur ulang sekunder, daur ulang tersier dan daur ulang quarter. Daur ulang primer adalah daur ulang limbah plastik menjadi produk yang memiliki kualitas yang hampir setara dengan produk aslinya. Daur ulang cara ini dapat dilakukan pada sampah plastik yang bersih, tidak terkontaminasi dengan material lain dan terdiri dari satu jenis plastik saja. Daur ulang sekunder adalah daur ulang yang menghasilkan produk yang sejenis dengan produk aslinya tetapi dengan kualitas di bawahnya. Daur ulang tersier adalah daur ulang sampah plastik menjadi bahan kimia atau menjadi bahan bakar. Daur ulang quarter adalah proses untuk mendapatkan energi yang terkandung di dalam sampah plastik. (Junaidi, 2023)

## 2.2 Identifikasi Jenis Plastik

Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. plastik merupakan salah satu jenis makro molekul yang terbentuk karena proses polimerisasi. Polimerisasi sendiri merupakan proses penggabungan dari beberapa molekul sederhana (monomer) yang melewati proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). 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 diperlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya.

Umumnya plastik dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu plastik berjenis thermoplastik dan berjenis *thermosetting* atau *thermoset*.

### 1. Thermoplastik

Plastik berjenis thermoplastik ini merupakan jenis bahan plastik yang jika dipanaskan sampai titik leleh temperatur tertentu akan mencair dan

dapat dibentuk 5 kembali menjadi bentuk seperti film, fiber, kemasan (*packing*), polimer thermoplastik tidak memiliki sambungan – sambungan antar rantai polimernya. Memiliki struktur linear atau bercabang. contohnya adalah : polyethylene (PE), polypropylene (PP), dan polyvinyl chloride (PVC). (Grace Tj. Sulungbudi, 2010) Polimer *thermoplastic* mempunyai beberapa sifat khusus yaitu sebagai berikut:

- 1.) Fleksibel
- 2.) Tidak tahan terhadap suhu panas
- 3.) Jika dipanaskan akan melunak
- 4.) Jika didinginkan akan mengeras
- 5.) Titik leleh rendah
- 6.) Dapat dibentuk ulang

Berikut merupakan batas temperatur leleh pada plastik berjenis *thermoplastics* yang disajikan dalam bentuk tabel 2.1 sebagai berikut:

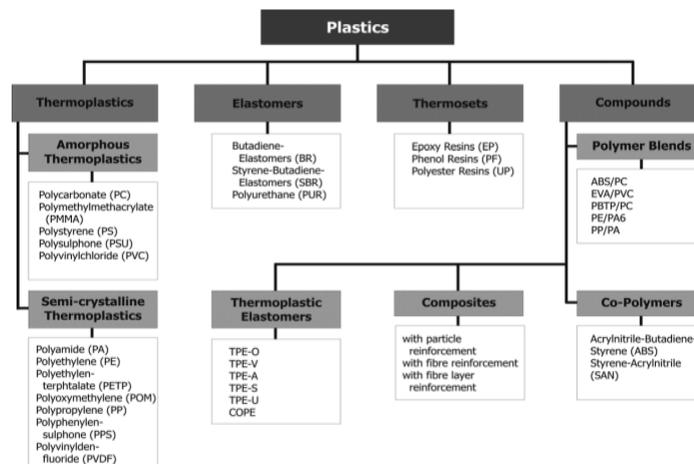
**Tabel 2.1** Temperatur Leleh Proses *Thermoplastics*

<i>Processing Temperature Rate</i>		
Materia	<sup>0</sup> C	<sup>0</sup> F
ABS	180 – 240	356 – 464
<i>Acetal</i>	185 – 225	365 – 437
<i>Acrylic</i>	180 – 250	356 – 482
<i>Nylon</i>	260 – 290	500 – 554
<i>Poly Carbonat</i>	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

PET	180 – 200	356 - 392
-----	-----------	-----------

## 2. Thermosetting

Plastik berjenis *thermosetting* merupakan jenis plastik yang memiliki karakteristik keras, kemudian mempertahankan bentuknya dan tidak dapat berubah atau diubah kembali kedalam bentuk aslinya. Bagian dari pada kendaraan bermobil, bagia pesawat da ban umumnya dapat menggunakan *Thermosetting* atau thermoset. Contoh dari plastik berjenis ini adalah *polyurethanes, polyester, epoxy resins* dan *phenolic resin*. Elastomers merupakan salah satu jenis bahan plastik yang memiliki elastisitas lembut dan biasanya dari plastik ini tidak dapat dicairkan. Polimer thermosetting biasanya lebih keras dan kuat dari pada thermoplastic dan mempunyai stabilitas dimensional yang lebih baik. Contoh bahan thermosetting yaitu bakelit, silikon dan epoksi.. (Putra, 2016) Pembagian jenis plastik dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini:



**Gambar 2.2** Diagram Klasifikasi Jenis Plastik

(Sumber: Klein.com)

Berdasarkan dari kedua sifat kelompok jenis plastik diatas, plastik berjenis thermoplastik merupakan jenis plastik yang paling memungkinkan untuk didaur ulang dari jenis plastik yang dapat didaur ulang yang kemudian diberi kode berupa simbol dan nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya. Simbol dan nomor plastik yang dapat

didaur ulang yang dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini:



**Gambar 2.3** Simbol dan Nomor Plastik

(Sumber: [sustainability.com](http://sustainability.com))

### 2.3 Jenis – Jenis Plastik

Plastik merupakan suatu produk kimia yang telah dikenal dan digunakan secara luas oleh seluruh lapisan masyarakat, baik yang bermukim di pedesaan apalagi yang tinggal di kota-kota besar. Saat ini setiap hari ketergantungan terhadap plastik semakin tinggi, namun bahayanya kurang disadari oleh masyarakat. Plastik bukan merupakan benda yang asing bagi kita. Hampir semua barang yang kita punya menggunakan plastik karena harganya yang murah dan kualitasnya yang bagus. Terdapat beberapa jenis plastik yang tercipta, berikut ini merupakan jenis – jenis dari plastik:

#### 1.) *Polyethylene Terephthalate* (PET)

*Polyethylene terephthalate* merupakan jenis plastik yang memiliki karakteristik secara visual adalah berwarna bening, tidak tembus air dan gas, biasanya banyak digunakan untuk botol kemasan pada minuman dan beberapa kemasan pada makanan seperti botol minuman ringan, botol saus, botol air mineral, botol kecap dan masih banyak lainnya. Mungkin jenis polimer ini yang paling sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Namun hati-hati, bahan dengan polimer. *Polyethylene terephthalate* ini disarankan hanya untuk 1 kali pemakaian. Bila digunakan berulang, apalagi jika terpapar air panas/hangat akan menyebabkan lapisan polimer ini meleleh pada saat suhu mencapai 200°C dan mengeluarkan zat karsinogenik jika terpapar pada tubuh manusia. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.4** Contoh Plastik Jenis *Polyethylene Terephthalate*

2.) *High Density Polyethylene* (HDPE)

*High density polyethylene* merupakan jenis plastik yang memiliki sifat keras, kuat terhadap bahan kimia dan kelembaban, dapat ditembus gas, permukaan berkilau, buram, mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 200°C. Biasanya digunakan untuk botol susu cair, jus, minuman, wadah es krim, kantong belanja, obat, tutup plastik dan jenis plastik ini disarankan hanya untuk satu kali penggunaan karena jika digunakan berulang kali dikhawatirkan bahan penyusunnya lebih mudah bermigrasi ke dalam pangan. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.5** Contoh Plastik Jenis *High Density Polyethylene*

3.) *Polyvinyl Chloride* (PVC)

Plastik berjenis *Polyvinyl chloride* merupakan salah satu plastik yang sulit untuk didaur ulang dengan memiliki sifat tahan terhadap senyawa kimia dan dapat melunak pada saat suhu mencapai 160°C. Biasanya

digunakan untuk botol kecap, botol sambal, dan masih banyak lagi. Plastik jenis ini sebaiknya tidak untuk wadah pangan yang mengandung lemak/minyak, alkohol dan dalam kondisi panas. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.6** Contoh Plastik Jenis *Polyvinyl Chloride*

4.) *Low Density Polyethylene* (LDPE)

*Low density polyethylene* merupakan salah satu plastik yang mudah diproses dan mempunyai sifat yaitu kuat, fleksibel, kedap air, tidak jernih tetapi tembus cahaya, dan dapat melunak pada saat suhu mencapai  $160^{\circ}\text{C}$ . Plastik *Low density polyethylene* dapat digunakan pada pembuatan kantong kresek, dan tabung tinta bulpoin. Plastik ini sebaiknya tidak digunakan kontak langsung dengan pangan. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.7** Contoh Plastik Jenis *Low Density Polyethylene*

5.) *Polypropylene* (PP)

*Polypropylene* jenis plastik dengan sifat keras tetapi fleksibel, kuat,

permukaan berkilin, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 200°C, biasanya transparan tetapi tidak jernih atau berawan dan merupakan pilihan bahan plastik yang baik untuk kemasan pangan, tempat obat, botol susu, sedotan. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.8** Contoh Plastik Jenis *Polypropylene*

#### 6.) *Polystyrene* (PS)

Pada plastik berjenis *polystyrene* ini terdapat dua karakteristik, yaitu yang kaku dan lunak/berbentuk foam. *Polystyrene* yang kaku biasanya jernih seperti kaca, kaku, getas, mudah terpengaruh lemak dan pelarut (seperti alkohol), mudah dibentuk, melunak pada suhu 95°C.

Sedangkan *polystyrene* yang lunak berbentuk seperti busa, biasanya berwarna putih, lunak, getas, mudah terpengaruh lemak. Bahan ini dapat melepaskan *styrene* jika kontak dengan pangan, contoh penerapan adalah yang sudah sangat terkenal yaitu *Styrofoam*. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.9** Contoh Plastik Jenis *Polystyrene*

#### 7.) Jenis Plastik Lainnya

Jenis plastik yang ini biasanya digunakan untuk jenis plastik selain

pada nomor 1- 6, termasuk *Polycarbonat*, *bio-based plastic*, *copolyester*, *acrylic*, *polyamide*, dan campuran plastik yang bersifat keras, jernih dan secara termal sangat stabil. Bahan *polycarbonat* dapat melepaskan Bisphenol-A (BPA) ke dalam pangan, yang dapat merusak sistem hormon.

Jenis plastik ini diperuntukan untuk pembuatan galon air 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. (Santhi, 2016)



**Gambar 2.10** Contoh Plastik Jenis Lainnya

(Sumber: <https://simdos.unud.ac.id>)

### 2.3.1 Bahan atau Material Plastik Injeksi

Awalnya manusia menggunakan polimer alam untuk membuat perkakas dan senjata, tetapi sekarang manusia memodifikasi polimer menjadi plastik. Plastik inilah yang merupakan suatu bahan baku yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer. Polimer yang berasal dari alam diantaranya: selulosa, protein, dan sejenisnya.. (HENRY PERMANA, 2021)

Dalam polimer terdapat tiga jenis metode degradasi polimer yaitu fotodegradasi, degradasi termo-oksidatif dan biodegradasi. Proses biodegradasi dapat dijadikan alternatif degradasi pilihan karena prosesnya yang ramah lingkungan. Biodegradasi adalah proses dimana

mikroorganisme mampu mendegradasi atau memecah polimer alam (lignin, selulosa) dan polimer sintetik (polietilen, polistiren).

Setiap mikroorganisme memiliki karakteristik degradasi yang berbeda, sehingga bervariasi antara satu mikroorganisme dengan mikroorganisme yang lain. Secara umum plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan yaitu plastik thermoplast dan plastik thermoset seperti yang sudah dijelaskan diatas. (HENRY PERMANA, 2021)

#### 2.4 Injection Moulding

Menurut Bryce (1998) *injection moulding* seperti operasi pada jarum suntik, dimana lelehan plastik disuntikan kedalam mold (cetakan) yang tertutup rapat yang berada didalam mesin sehingga lelehan tersebut memenuhi ruang yang berada pada  *mold* sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Proses *injection moulding* merupakan teknik yang sering digunakan dalam pembentukan produk yang berbahan plastik, karena dengan menggunakan metode tersebut bisa membuat bentuk fitur yang sulit untuk dibentuk dibandingkan dibandingkan metode yang lain. (IRWAN YULIANTO, 2014)

*Injection molding* memiliki prinsip kerja seperti jarum suntik dimana plastik didalam suntikan yang sudah mencair karena dipanaskan kemudian didorong oleh katup jarum suntik sehingga cairan keluar dari ujung jarum suntik yang kemudian tinggal ditaruh ke pada cetakan. Mesin *injection moulding* meliputi satu siklus proses *injection molding* yang terdiri dari empat tahap. Tahap yang pertama adalah tahap *clamping*, pada tahap ini dimana dua bagian cetakan harus tertutup rapat. Tahap yang kedua adalah menginjeksikan lelehan plastik yang disuntikan ke dalam cetakan melewati *sprue* yang kemudian mengisi ruang *cavity* sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Tahap ketiga merupakan pendinginan bahan plastik setelah proses injeksi, pendinginan terjadi langsung dalam cetakan dengan sistem sirkulasi fluida di cetakan, tahap keempat terjadi pelepasan produk. *Ejector* akan mendorong bagian produk plastik keluar dari cetakan. (Wijaya, 2022)

Menurut (IRWAN YULIANTO, 2014) siklus untuk *injection moulding* juga terdiri dari empat tahapan yaitu, clamping sebelum injeksi bahan ke dalam

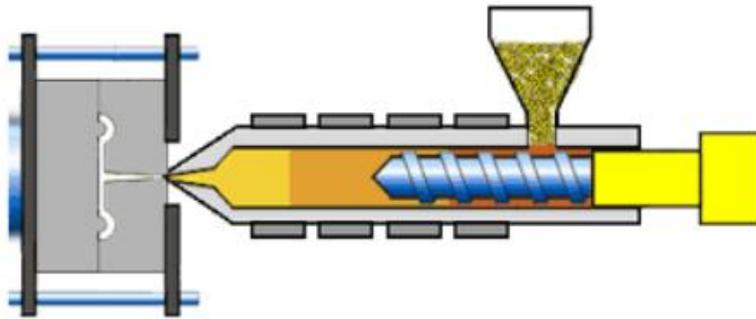
cetakan dua bagian dari cetakan harus tertutup rapat pada mesin, *injection* plastik cair disuntikkan ke dalam *mold* dan memenuhi ruangan sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan, *cooling* merupakan proses pendinginan material plastik setelah proses penyuntikan, *ejection* ketika *mold* dibuka mekanisme yang digunakan untuk *ejection system* adalah mendorong bagian dinginan plastik dari cetakan.

Membuat suatu produk dengan menggunakan mesin *injection moulding* cara yang pertama dilakukan adalah memasukan material plastik kedalam *hopper* yang kemudian material tersebut perlahan akan masuk ke dalam *barrel* seiring dengan putaran *screw* (sesuai dengan nilai *setting*). Pada saat material sudah berada di dalam *barrel* maka *heater* yang merupakan salah satu komponen dari mesin ini yang berfungsi untuk melelehkan material perlahan-lahan sesuai dengan *melting point*-nya. Setelah cairan lelehan plastik memenuhi bidang *nozzle*, maka selanjutnya *molding* akan menutup antara *core* dan *cavity* (yang digerakkan oleh *clamping unit*). Setelah itu lelehan plastik tersebut di-injeksi oleh *nozzle* ke dalam cetakan (*mold*). Saat produk plastik sudah mengeras di *molding* maka selanjutnya adalah tugas *ejector* untuk melepaskan produk tersebut dari cetakan (*mold*). Maka terbentuklah produk yang diinginkan sesuai dengan *design* cetakan. (Nasution A. K., 2016)

Berikut merupakan tahapan awal limbah plastik yang diproses hingga menjadi hasil benda kerja yang diinginkan sesuai dengan cetakan (*mold*) yang telah dibuat dari proses *injection moulding* yang dapat dilihat dibawah ini:

#### 1. Tahapan Pelelehan

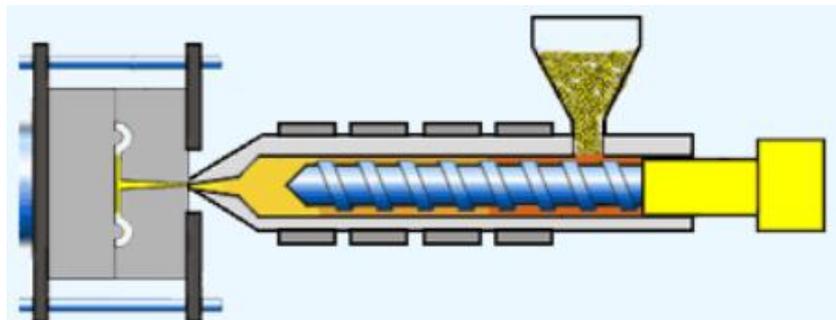
Pada tahapan ini butiran bahan dari *hopper* dimasukkan ke dalam tong yang dipanaskan & sekrup berputar. Material yang meleleh karena panas, gesekan & gaya geser dipaksa melalui katup periksa ke depan oleh sekrup yang berputar.



**Gambar 2.11** Tahapan Pelelehan  
(Sumber: ToolcraftPlastics.com)

## 2. Tahapan Injeksi

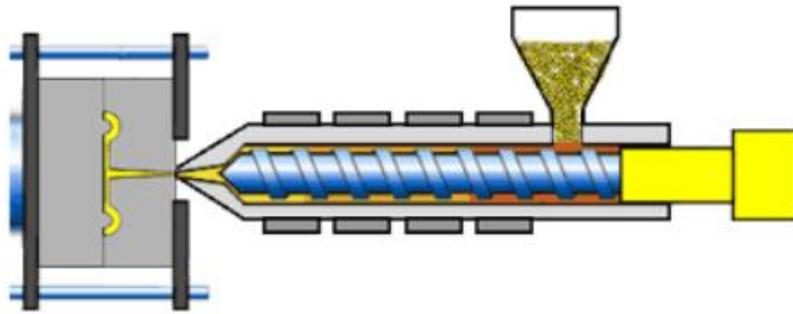
Setelah digerakkan mundur oleh tembakan material di depan, sekrup didorong ke depan oleh ram hidrolik. Tindakan ini menyuntikkan material ke dalam rongga cetakan pada alat cetakan yang tertutup.



**Gambar 2.12** Tahapan Injeksi  
(Sumber: ToolcraftPlastics.com)

## 3. Tahapan Pendinginan

Perkakas ditahan dalam keadaan tertutup di bawah tekanan sampai bahan plastik mendingin & mengeras di dalam rongga perkakas cetakan. Ini seringkali merupakan bagian terpanjang dari proses pencetakan injeksi

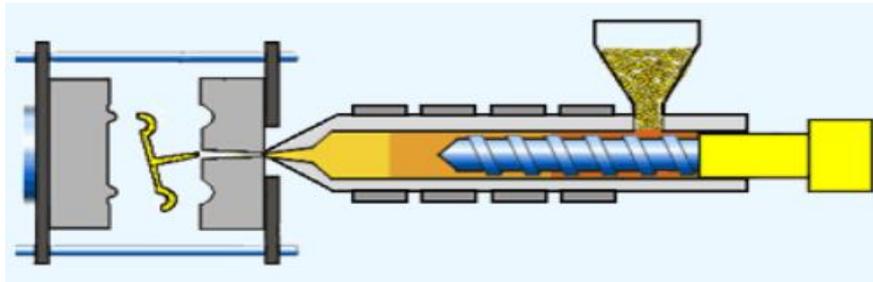


**Gambar 2.13** Tahapan Pendinginan

(Sumber: ToolcraftPlastics.com)

#### 4. Tahap Ejeksi

Sekrup mulai bergerak mundur untuk pencetakan berikutnya. Alat kemudian dibuka & bagian plastik yang sudah jadi dikeluarkan. Alat ditutup dan proses pencetakan injeksi dimulai kembali pada jam 1. Sekrup mulai bergerak mundur untuk pencetakan berikutnya. Alat kemudian dibuka & bagian plastik yang sudah jadi dikeluarkan. Alat ditutup dan proses pencetakan injeksi dimulai kembali pada jam 1.



**Gambar 2.14** Tahapan Ejeksi

(Sumber: ToolcraftPlastics.com)

#### 2.5 Komponen Mesin Injection Moulding

Umumnya mesin *injection moulding* terdiri tiga bagian unit penyusun pokok yang penting yaitu *injection unit*, *mold unit* dan *clamping unit*. Berikut merupakan tiga bagian unit penyusun yang ada pada *injection moulding*:

1.) *Injection Unit*

Unit penyusun pokok ini terdapat beberapa bagian dengan fungsi tertentu yang fungsi utamanya merupakan tempat untuk memanaskan limbah plastik dan untuk proses injeksi plastik kedalam cetakan (*mold*). Didalam *injection* unit ini terjadi perubahan bentuk material plastik dari padat menjadi cair. Hal ini bertujuan agar material dapat dibentuk sesuai dengan konstruksi *mold* yang digunakan. (HENRY PERMANA, 2021)

2.) *Mold Unit*

Unit penyusun pokok ini merupakan bagian yang membentuk benda yang akan dibuat, *mold unit* memiliki 2 bagian utama yaitu *cavity* dan *core*. *Cavity* merupakan bagian cetakan yang berhubungan langsung dengan nozzel pada mesin *injection moulding*, sedangkan *core* merupakan bagian yang berhubungan langsung dengan *ejector*. (HENRY PERMANA, 2021)

3.) *Clamping Unit*

Unit penyusun pokok ini merupakan tempat yang berfungsi untuk meletakkan cetakan, membuka dan menutup cetakan, serta mengeluarkan part dari cetakan. Pada saat menutup cetakan, mesin harus memiliki kekuatan cekam yang sangat kuat karena cetakan akan diisi oleh material cair panas dengan tekanan yang sangat tinggi. Apabila mesin tidak sanggup menutup cetakan dengan kuat, maka material plastik cair tadi akan mengalir disela antara *core* dan *cavity*. (HENRY PERMANA, 2021)

Berikut juga merupakan bagian dari komponen penyusun mesin *injection moulding*

1.) *Hopper*

*Hopper* merupakan bagian penyusun mesin *injection moulding* yang berfungsi untuk menaruh atau menyimpan material sebelum masuk ke dalam *barrel*. Selain itu *hopper* juga digunakan untuk

menjaga suhu agar material lembap sebelum material dipanaskan, karena kelembaban material akan sangat mempengaruhi hasil injeksi plastik nantinya.



**Gambar 2.14** *Hopper*

## 2.) *Barrel*

*Barrel* merupakan komponen penyusun yang berbentuk silinder yang menjadi tempat untuk saluran transmisi material dari *hopper* ke *nozzle*, dimana pada *barrel* terdapat screw yang digunakan untuk menggerakkan materialnya ke *nozzle*, pada barrel juga terdapat *heater* yang digunakan untuk melelehkan material sehingga menjadi cairan sebelum ditembakkan oleh *nozzle* ke *molding unit*.



**Gambar 2.15** *Barrel*

## 3.) *Heaters*

*Heaters* merupakan komponen pemanas yang terdapat diatas *barrel* yang berfungsi untuk memanaskan material sampai meleleh,

sesuai dengan *melting set point* yang diinginkan dan dibutuhkan material untuk mencapai titik leleh yang terbaik.



**Gambar 2.16** *Heaters*

#### 4.) *Motor and Gears*

*Motor* dan *gears* berfungsi untuk menggerakkan *screw* agar *screw* dapat berputar sehingga membantu material menuju *nozzle*. Ketika *screw* berputar, maka material dapat dibawa ke arah *nozzle*.



**Gambar 2.17** *Motor dan gears*

#### 5.) *Cylinder For Screw*

*Cylinder* ini digunakan untuk mendorong *screw* maju mundur, digunakan saat cairan *plastic* yang sudah meleleh siap di-injeksi oleh *nozzle*, bagian ini sangat berperan penting juga untuk menjaga gerakan *screw* agar konstan.



**Gambar 2.18** *Cylinder*

#### 6.) *Nonreturn Valve*

Katup ini digunakan untuk menjaga agar cairan yang sudah meleleh saat selesai di-injeksi melalui *nozzle* tidak kembali saat *screw* telah berhenti berputar.

#### 2.6 Pengertian Mesin CNC – 3A

Mesin CNC “*Computer Numerical Control*” dalam Bahasa Indonesia komputer kontrol numerik ini merupakan mesin yang digunakan dalam proses manufaktur yang menggunakan kontrol terkomputerisasi dan peralatan mesin. Kelebihan yang paling dominan yaitu kecepatan dalam proses produksi sehingga cocok digunakan untuk produksi massal. Mesin CNC - 3A ini merupakan salah satu mesin bubut yang pengoperasiannya menggunakan komputerisasi dengan menggunakan perintah kode untuk menjalankan proses pembubutan yang dimana pada saat proses pembubutannya berjalan secara otomatis sesuai dengan perintah kode yang diberikan, sehingga mesin ini bisa mengulangi proses program yang dapat digunakan secara terus - menerus. (Zainuddin, 2024)

Mesin CNC ini pertama kali pada tahun 1940-an dan 1950-an, dengan memodifikasi mesin perkakas biasa. Pada awalnya mesin ini diperuntukkan untuk membuat benda kerja yang rumit namun karena biaya pembuatan dan volume unit pengendali yang besar hanya sedikit perusahaan yang mau berinvestasi dalam pengembangan teknologi ini. Tahun 1975 adalah tahun dimana mesin kontrol otomatis ini mulai berkembang pesat karena sudah

adanya mikroprosessor sehingga volume unit pengendali dapat diperkecil dan disederhanakan. Saat ini mesin CNC sudah banyak dipergunakan di segala bidang, seperti di bidang pendidikan dan riset, serta tentunya industri-industri berskala nasional/internasional. CNC – 3A sendiri merupakan mesin milling CNC dengan 3 sumbu (*axis*) yaitu X, Y dan Z, yang dipergunakan untuk latihan dasar-dasar pengoperasian dan pemrograman (Zainuddin, 2024).



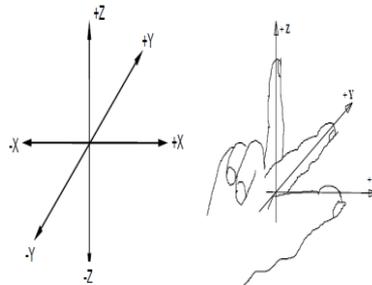
**Gambar 2.19** CNC – 3A

Pada dasarnya prinsip kerja mesin CNC -3A hampir sama dengan mesin frais konvensional. Mata potong berputar menyayat benda kerja yang dicekam pada meja kerja. Mata potong yang terpasang pada kepala *spindle* dapat bergerak naik-turun terhadap sumbu Z, sedangkan meja kerja bergerak secara memanjang terhadap sumbu X dan melintang terhadap sumbu Y. (Zainuddin, 2024)

Operator CNC membuat program sesuai dengan benda kerja yang akan dibuat dan memasukkan program pada mesin CNC. Selanjutnya, program yang telah dimasukkan akan diproses oleh prosesor, yang nantinya akan mengontrol motor servo pada mesin untuk menggerakkan mata potong dan melakukan proses permesinan. Hingga akhirnya menghasilkan produk sesuai program yang telah dibuat. (Purwoko, 2008)

Pada mesin CNC TU-3A (frais CNC) terdapat tiga arah gerakan yaitu gerakan arah memanjang, gerakan arah melintang, dan gerakan arah vertikal. Informasi gerakan pada eretan mesin arah memanjang, arah melintang, dan arah vertikal tersebut adalah bertitik tolak dari sistem koordinat dalam bidang ilmu trigonometri. Untuk mesin frais vertikal, gerakan eretan arah memanjang

mesin disebut dengan sumbu X, gerakan melintang disebut dengan sumbu Y, sedangkan gerakan vertikal disebut dengan sumbu Z, perhatikan ilustrasi di bawah ini, dimana sistem persumbuan pada mesin CNC TU-3A (Mesin Frais CNC) didasarkan atas hukum tangan kanan. (Purwoko, 2008)



**Gambar 2.20** Sistem koordinat CNC – 3A

(Sumber : etsworlds.id)

Sistem persumbuan tersebut distandarkan untuk berbagai macam proses permesinan, yaitu berdasarkan standar ISO 841 dan DIN 66217, yaitu sistem koordinat *Carthesian*. Dalam penggunaan sistem koordinat *Carthesian* ini, terdapat tanda yang merupakan penunjuk posisi suatu titik dari titik koordinat awal yaitu tanda positif (+) dan negatif (-) (Purwoko, 2008).

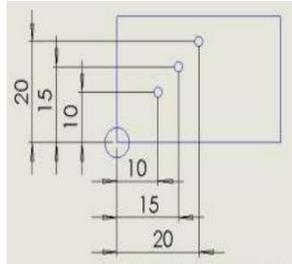
## 2.7 Metode Pemrograman CNC

Pemegrograman pada mesin CNC TU – 3A adalah memasukan kode atau sebuah program ke dalam prosesor mesin untuk menjalankan atau membuat benda kerja yang sesuai dengan kode program yang telah dibuat. Setiap jenis mesin CNC mempunyai karakteristik tersendiri sesuai dengan pabrik yang membuat mesin tersebut. Namun demikian secara garis besar dari karakteristik cara mengoperasikan program mesin CNC dapat dilakukan dengan dua macam cara metode pemegrograman (Zainuddin, 2024), yaitu :

### 1. Metode Pemegrograman Absolut

Pada sistem ini titik awal penempatan alat potong yang digunakan sebagai acuan adalah menetapkan titikreferensi yang berlaku tetap selama prosesoperasi mesin berlangsung. Untuk mesin bubut, titik referensinya diletakkan pada sumbu (pusat) benda kerja yang akan dikerjakan pada

bagian ujung. Sedangkan pada mesin frais, titik referensinya diletakkan pada pertemuan antara dua sisi pada benda kerja yang akan dikerjakan.

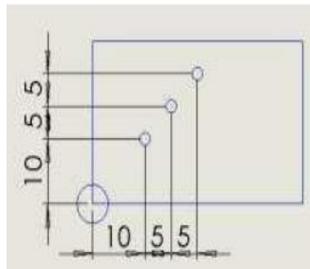


**Gambar 2.21** Metode Absolut

(Sumber : teknikece.com)

## 2. Metode Pemrograman *Incremental*

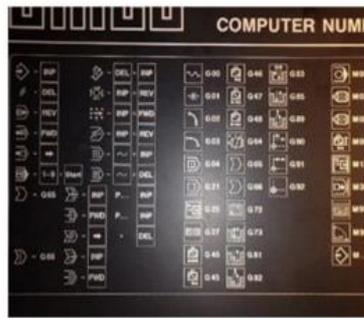
Pada sistem ini titik awal penempatan yang digunakan sebagai acuan adalah selalu berpindah sesuai dengan titik aktual yang dinyatakan terakhir. Untuk mesin bubut maupun mesin frais diberlakukan dengan cara yang sama. Setiap kali suatu gerakan pada proses pengerjaan benda kerja berakhir, maka titik akhir dari Gerakan alat potong itu dianggap sebagai titik awal gerakan alat potong pada tahap berikutnya.



**Gambar 2.22** Metode *Incremental*

(Sumber : teknikece.com)

Dalam mesin CNC – 3A terdapat kode-kode perintah yang dimana digunakan dalam memprogram mesin CNC. Kode – kode tersebut terdiri dari dua jenis perintah, yaitu perintah yang dibuat dalam bentuk kode G dan perintah yang dibuat dalam bentuk kode M.



**Gambar 2.23** Tombol-tombol pengendali CNC TU - 3A.

### 1. Kode G

Kode G yang ada pada mesin CNC TU - 3A merupakan bentuk perintah yang terkait dengan bentuk pergerakan dari sebuah alat potong. Jenis-jenis kode G yang digunakan untuk memprogram mesin bubut CNC adalah:

**Tabel 2.2** Kode G

No.	Kode G	Nama
1	G00	Perintah pergerakan cepat
2	G01	Perintah pergerakan lurus
3	G02	Perintah pergerakan melingkar searah jarum jam
4	G03	Perintah pergerakan melingkar berlawanan arah jarum
5	G04	Waktu penahanan/tinggal diam
6	G21	Blok Kosong
7	G25	Pemanggilan subprogram (sub rutin)
8	G27	Perintah melompat
9	G33	Perintah pembubutan ulir
10	G64	Perintah untuk memutus arus ke motor.
11	G65	Perintah pelayanan Kasel
12	G66	Perintah pelayanan RS 232
13	G72	Siklus Kantong
14	G73	Siklus pemboran dengan pemutusan total
15	G78	Siklus penguliran

16	G81	Siklus pemboran untuk penandaan
17	G82	Siklus pemboran dengan tinggal diam
18	G83	Siklus pemboran dengan penarikan
19	G84	Siklus pembubutan memanjang
20	G85	Siklus pembubutan ulir
21	G86	Siklus pembubutan alur
22	G88	Siklus melintang
23	G89	Siklus perimeran dengan tinggal diam
24	G90	Pemrograman absolute
25	G99	Pemrograman inkremental
26	G92	Pemrograman absolute dengan penatapan
27	G94	Asutan dalam mm/min.
28	G95	Asutan dalam mm/put.

## 2. Kode M

Berikut merupakan kode M yang dipergunakan dalam pembuatan program pada mesin CNC TU – 3A

**Tabel 2.3** Kode M

No.	Kode M	Nama
1	M00	Berbenti terprogram
2	M03	Spindel ONsearah j arum jam
3	M05	Spindel berben ti
4	M06	Perhitungan panjang pahat
5	M17	Akhir sub program
6	M30	Akhir program
7	M98	Kompensasi kelonggaran secara otomatis
8	M99	Parameter lingkaran

## 3. Kode alarm.

Di dalam mesin CNC TU – 2A maupun CNC TU – 3A terdapat sebuah kode alarm yang berfungsi untuk suatu tanda/ isyarat bahwa mesin telah menemukan data program yang tidak benar. Apabila kesalahan data

program tidak dibetulkan maka mesin tidak akan melaksanakan program selanjutnya. (Farizi, 2016)

**Tabel 2.4** Kode Alarm

NO	Kode A	Nama
1	A00	Salah Perintah Fungsi G Dan M
2	A01	salah perintah radius M99
3	A02	salah nilai X
4	A03	salah Nilai F
5	A04	salah nilai Z
6	A05	kurang perintah M30
7	A08	disket penuh/pita kaset habis
8	A09	program tidak ditemukan dalam disket/kaset
9	A10	disket dikunci/diprotek
10	A11	salah memuat disket
11	A12	salah pengecekan
12	A13	salah satuan metris atau inchi dalam pemuatan
13	A14	salah posisi kepala frais (vertikal atau horizontal)
14	A15	salah nilai Y
15	A16	tidak ada data radius pisau
16	A17	salah sub program
17	A18	gerakan kompensasi radius pisau frais lebih kecil dari 0



**Gambar 2.24** Contoh Kode Alarm