

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Plastic Injection Moulding*

Menurut (Boses, 1995) *Plastic Injection Molding (PIM)* merupakan metode proses produksi yang cenderung menjadi pilihan untuk digunakan dalam menghasilkan atau memproses komponen-komponen yang kecil dan berbentuk rumit, dimana biayanya lebih murah jika dibandingkan dengan menggunakan metode lain yang biasa digunakan.

Teknologi *Plastic Injection Molding* pertama kali diperkenalkan oleh John Wesley Hyatt pada tahun 1868, ketika ia menyuntikkan celluloid panas ke dalam cetakan untuk membuat bola biliar. Bersama saudaranya, Isaiah, ia kemudian mematenkan mesin *injection mold* untuk penyedot debu pada tahun 1872. Inovasi besar dalam industri ini terjadi pada tahun 1946, saat James Hendri menciptakan mesin *screw injection molding*. Teknologi ini membawa perubahan besar dalam industri plastik, dan hingga saat ini sekitar 95% mesin *injection molding* menggunakan sistem tersebut karena efisiensinya dalam menghantarkan panas, mencampur material, dan menyuntikkan plastik ke dalam cetakan (Jamaludin, 2007).

Salah satu teknik produksi yang paling sering digunakan untuk pembuatan produk plastik adalah *injection moulding* (Zafar, 1993; Yulianto et al., 2014). Proses ini melibatkan pemanasan dan pelelehan bahan termoplastik dalam silinder, yang kemudian disuntikkan ke dalam cetakan dan didinginkan untuk mengeras (Han dan Kim, 2017). Meskipun umumnya digunakan untuk material termoplastik,

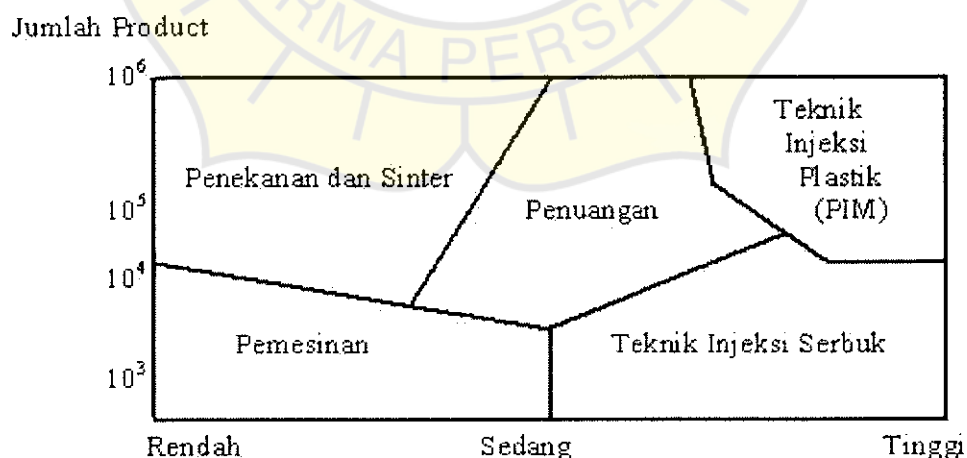
metode ini juga dapat diterapkan pada material termoset (Mauro et al., 2021). Berbagai parameter dalam proses injeksi seperti suhu leleh, tekanan maksimum, waktu tahan, durasi penekanan, suhu cetakan, kecepatan injeksi, dan ketebalan dinding cetakan dapat mempengaruhi kemunculan berbagai jenis cacat pada produk. Cacat-cacat ini, pada gilirannya, dapat meningkatkan biaya produksi dan menurunkan efisiensi operasional karena banyaknya produk yang harus didaur ulang serta penurunan jumlah produk akhir yang dihasilkan (Zulianto, 2015). Cacat yang sering ditemui dalam proses injection moulding antara lain voids, noda permukaan, short-shot, flashing, jetting, alur aliran, garis las, terbakar, dan warpage (Yusoff et al., 2004).

Berbagai faktor dalam proses injeksi, seperti suhu leleh, tekanan maksimum, waktu tahan, durasi penekanan, suhu cetakan, kecepatan injeksi, dan ketebalan dinding cetakan, dapat mempengaruhi terjadinya berbagai jenis cacat pada produk. Di antara parameter-parameter tersebut, yang paling berpengaruh terhadap cacat short shot adalah tekanan injeksi (Guerrier et al., 2014), suhu barrel, dan waktu pendinginan (Cahyadi, 2014; Han dan Kim, 2017). Pada suhu yang lebih tinggi, cavity cetakan cenderung lebih mudah terisi karena viskositas lelehan plastik yang lebih rendah (Bociaga, 2000). Namun, dari sisi ekonomi, suhu yang lebih tinggi kurang diinginkan karena akan memperpanjang siklus proses injection molding.

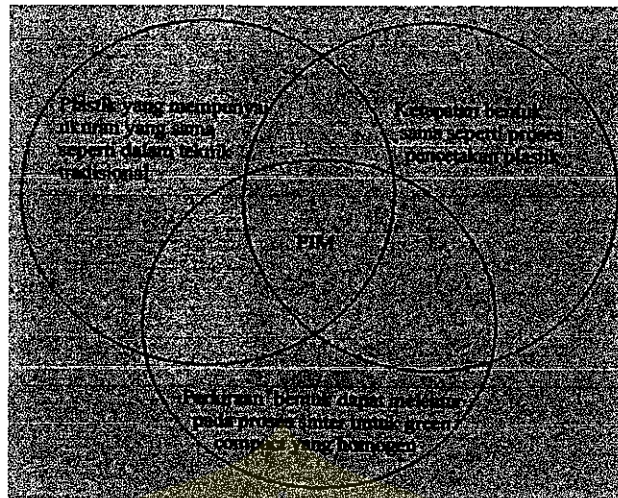
Ditunjukkan pada gambar 2.1 memperlihatkan kemampuan pemrosesan dan tingkat ketelitian komponen yang dihasilkan dengan PIM dibandingkan dengan

proses-proses lain. Pada proses tersebut mampu menghasilkan bentuk rumit dalam jumlah besar maupun kecil sekalipun. Salah satu keunggulan proses PIM adalah kemampuannya dalam menggabungkan dan menggunakan kelebihan-kelebihan teknologi seperti kemampuan pembentukan bahan plastik, ketepatan dalam proses pencetakan dan kebebasan memilih bahan. Hal ini digambarkan pada gambar 2.2. Komponen yang dihasilkan dengan teknologi PIM kini banyak digunakan dalam industri misalnya otomotif, listrik, computer, peralatan rumah tangga dan masih banyak lagi.

Komponen yang dihasilkan dengan teknologi *Plastic Injection Moulding* kini banyak digunakan dalam industri otomotif, kimia, penerbangan, listrik, komputer, kedokteran dan peralatan militer. Misalnya spakbor, pesawat telepon, *keyboard*, *mouse*, rumah lampu mobil, *dashboard*, reflektor, helm, sisir, roda furnitur, *casing* telepon seluler, dan lainnya.



Gambar 2. 1 Kelebihan Proses PIM Dibandingkan Dengan Proses – Proses Yang Lain



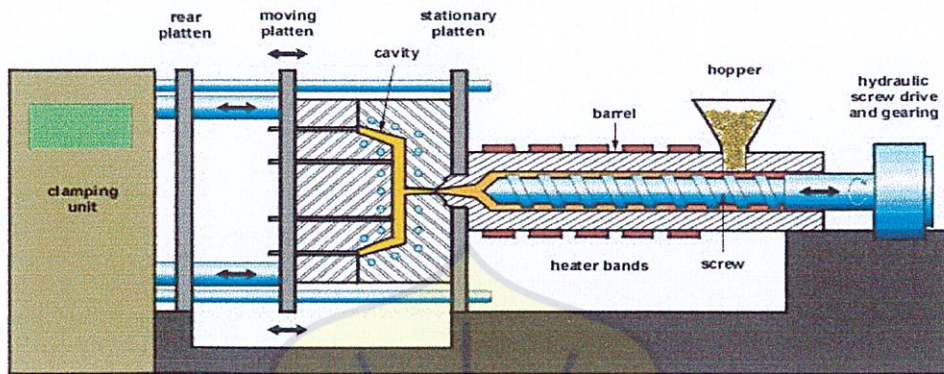
Gambar 2. 2 Keistimewaan Proses Plastic Injection Molding (PIM)

Pada gambar 2.3 menunjukkan serangkaian langkah kerja, dimulai dari memasukkan *plastic granule* kedalam *hopper*, setelah itu menuju *barrel* yang didalamnya terdapat *screw* yang berfungsi untuk mengalirkan material leleh yang telah dipanasi oleh *barrel* menuju *nozzle*. Material yang sudah dipanasi dan berubah menjadi lunak ini akan terus didorong/ ditekan melalui *nozzle* dengan injektor dan melewati *sprue* ke dalam rongga cetak (*cavity*) dari cetakan yang sudah tertutup.

Umumnya siklus proses *injection moulding* adalah sebagai berikut:

1. Cetakan menutup (*Mould Closing*);
2. Injeksi material ke dalam cetakan (*injection*);
3. Menekan material dalam waktu tertentu (*holding pressure*);
4. Pendinginan material plastik di dalam cetakan (*cooling*); Bersamaan dengan pendinginan, terjadi pengisian material plastik dalam barel (*plasticizing*), screw mundur (dekompresi), kemudian barel mundur;
5. Cetakan membuka (*Mould Opening*);

6. Ejektor mendorong mould;
7. Ejektor mundur (produk turun), setelah itu kembali lagi ke langkah awal.



Gambar 2. 3 Unit Mesin Injection Moulding

2.2 Komponen-Komponen Mesin *Injection Molding*

Berikut adalah Komponen dari mesin *injeksi moulding* :

1. *Hopper* : *Hopper* adalah tempat untuk menempatkan material plastik, sebelum masuk ke barel. Fungsi dari *hopper* adalah untuk menjaga kelembaban plastik. Jika kandungan air terlalu besar maka hasil dari injeksi tidak bagus.
2. Barel / Laras : Penggunaan utama dari laras/barel adalah untuk memberikan dukungan pada skrup. Barel terdiri dari pita pemanas yang berfungsi sebagai perekam suhu untuk setiap bagian barel/laras.
3. Skrup : sekrup reciprocating yang digunakan dalam mengompresi, melelehkan, dan mendorong bahan plastik. skrup terdiri dari tiga zona yaitu zona makan, zona transisi, dan zona metering.

- a. Zona Makan, didalam zona makan tidak akan ada perubahan pada bahan plastik.
 - b. Zona Transisi, dimana dalam zona ini pelelehan pelet akan terjadi dan plastik cair akan di transferkan ke zona berikutnya.
 - c. Zona Metering, di zona ini bahan cair akan siap untuk di injeksikan.
4. *Nozzle* : Fungsi utama dari nosel adalah untuk menginjeksikan plastik kedalam mold/cetakan Sangat penting sekali bahwa suhu nosel harus diatur ke suhu leleh bahan.
 5. *Tie Bar* : Difungsikan sebagai penyangga untuk *mold*, *clamping*, dan *ejector*.

2.3 Proses *Injection Molding*

Proses – proses pada Mesin Incetion Molding :

1. Material yang berupa biji plastik dimasukan kedalam *hopper*. Karena akibat dari gaya gravitasi maka biji plastik akan turun dengan sendirinyamasuk ke dalam rongga ulir pada *screw*.
2. *Screw* tersebut bergerak mundur dan berputar berlawanan arah jarum jam membawa butiran-butiran biji plastik ke *barrel* untuk dipanasi hingga bijiplastik meleleh.
3. Bila *screw* mundur hingga mencapai batas yang telah ditentukan, makascrew akan berhenti berputar dan bergerak maju untuk mendorong bijiplastik yang sudah meleleh masuk ke dalam mould melalui *nozzle* (proses injeksi).

4. Setelah melakukan penginjeksian, *screw* akan berhenti untuk melakukan *holding pressure* dan setelah itu terjadi proses pendinginan pada cetakan.
5. Setelah proses pendinginan pada cetakan selesai, *screw* akan mundur untuk melakukan pengisian *barrel*. Pada saat itu *clamping unit* akan bergerak untuk membuka mould dan produk dikeluarkan oleh *ejector* yang telah terpasang di dalam mould (*full automatic*). Bila sistem *ejector semi automatic* maka *ejector* mendorong produk tetapi tidak sampai keluar dari mould, diperlukan tenaga operator untuk mengeluarkan produk.
6. Setelah produk keluar dari mould, maka *clamping unit* akan menutup cetakan dan *screw* melakukan penginjeksian lagi seperti pada langkah awal.

2.4 Parameter Proses Injection Molding

Untuk memperoleh produk cetak dengan kualitas hasil yang optimal, perlu mengatur beberapa parameter yang mempengaruhi jalannya proses produksi tersebut. Parameter-parameter suatu proses tentu saja ada yang berperan sedikit dan adapula yang mempunyai peran yang signifikan dalam mempengaruhi hasil produksi yang diinginkan. Biasanya orang perlu melakukan beberapa kali percobaan hingga ditemukan parameter-parameter apa saja yang cukup berpengaruh terhadap produk akhir benda cetak (Firdaus, 2002)

Adapun parameter-parameter yang berpengaruh terhadap proses produksi plastik melalui metoda injection molding adalah:

1. Temperatur Leleh (*Melt Temperatur*)

Temperatur leleh merupakan batas suhu leleh dimana bahan plastic akan mulai meleleh disebabkan oleh pemanasan pada *barrel*. *Titik suatu plastic berbeda – beda* tergantung sifat plastik tersebut. Pada proses pelelehan bahan perlu diperhatikan, seperti bahan plastik apa yang akan dilelehkan, karakterisasi mesin injeksi, dan berat material yang akan diinjeksi.

2. Batas Tekanan

Batas tekanan adalah batas tekanan saat penginjeksian plastik leleh. Tekanan saat penginjeksian sangat berpengaruh terhadap hasil produk. Tekanan yang terlalu rendah akan membuat plastik leleh tidak bisa masuk pada cetakan. Sedangkan tekanan yang terlalu besar akan membuat plastik leleh masuk ke cetakan dengan sangat cepat yang bisa membuat plastik leleh menjadi berhamburan dan produk kurang optimal.

3. Waktu Tahan (Holding Time)

Waktu tahan adalah waktu yang diperlukan setelah proses mendorong plastik ke dalam cetakan sesudah injection pressure. Pada tahap ini dilakukan untuk memastikan bahwa plastik benar – benar mengisi cetakan. Maka dari itu waktu tahan sangat berpengaruh pada besarnya cetakan. Sehingga cetakan yang besar akan memerlukan waktu tahan yang lama dan sebaliknya.

4. Tekanan Injeksi (Injection Pressure)

Tekanan injeksi adalah tekanan yang diperlukan untuk memasukkan plastik leleh kedalam cetakan. Pada proses ini tekanan akan menggerakkan screw kedepan yang akan memasukkan plastik leleh pada cetakan melalui nozzle. Tekanan injeksi sangat berpengaruh terhadap kualitas produk karena tekanan injeksi yang tepat akan membuat plastik leleh memenuhi rongga cetakan dengan baik.

5. Kecepatan Injeksi (Injection Rate)

Kecepatan injeksi merupakan kecepatan laju dorong plastik leleh keluar dari nozzle untuk mengisi cetakan. Pada mesin injeksi tertentu kecepatan ini dapat diukur namun pada mesin injeksi sederhana biasanya tidak dilengkapi oleh alat pengukur kecepatan tersebut.

6. Ketebalan Dinding Cetakan (Wall Thickness)

Ketebalan dinding cetakan sangat berpengaruh terhadap terjadinya cacat shrinkage. Semakin tebal suatu cetakan maka akan besar pula kemungkinan terjadinya cacat shrinkage.

7. Waktu Pendingin (Cooling time)

Waktu pendingin akan dipengaruhi oleh material yang dipakai, ketebalan cetakan, suhu cetakan dan suhu leleh.

8. Temperatur Cetakan (Mold temperature)

Suhu cetakan adalah suhu yang dihasilkan dari pemanas pada cetakan. Panas dihasilkan dari pemanas akan merambat melalui dinding cetakan. Suhu cetakan sangat berpengaruh pada hasil dari proses injeksi molding.

2.5 Cacat Produk *Injection Molding*

Pada produksi menggunakan mesin injeksi juga tidak terlepas dari terdapat beberapa cacat produk, cacat tersebut sering terjadi dan sangat merugikan.

Beberapa cacat yang terjadi pada proses injeksi molding antara lain:

1. *Short - shot* adalah cacat produk akibat dari pengisian yang tidak sempurna.
2. *Sink mark* adalah keadaan cacat produk yang berupa bentuk cembung pada permukaan produk.
3. *Air bubble* adalah cacat gelembung udara didalam produk.
4. *Weldmark* dan *Flow mark* adalah cacat yang berupa garis di permukaan produk.
5. *Discolored molding* adalah cacat berupa pelunturan warna pada produk.
6. *Black spot* adalah cacat berupa bintik hitam pada bagian – bagian tertentu pada produk.
7. *Hole/gap* adalah cacat berupa regangan pada bagian part yang dicetak akibat pengaruh temperatur yang kurang panas.
8. *Over molding* adalah cacat produk yang meluber akibat tekanan yang terlalu tinggi
9. *Flash* merupakan sebuah cacat produk yang berada dipinggir produk.

Cacat ini terbentuk karena terbukanya celah pada cetakan pada proses pengisian atau pada fasa penahanan.

10. *Warpage* adalah cacat produk yang terlihat pada permukaan produk yang melengkung dan bengkok. Cacat *warpage* biasanya dipengaruhi oleh parameter waktu tahan dan suhu cetakan

2.6 Komponen – Komponen Moulding Unit

Merupakan tempat mencairkan plastik dan proses injeksi plastic ke dalam mould, berikut beberapa bagian nya :

Tabel 2. 1 Komponen Moulding Unit

Moulding Komponen	Fungsinya
Mold Base	Memegang rongga di posisi tetap terhadap mesin nosel.
Guide Pin	Mempertahankan kesejajaran dari dua buah cetakan.
Sprue Bushing	Menyediakan sarana untuk masuk cairan plastik kedalam cetakan interior.
Gates	Untuk mengontrol cairan plastik menuju rongga (cavity).
Runner	Mengalirkan plastic cair dari sprue ke dalam rongga (cavity).
Cavity and Core	Untuk mengontrol ukuran, bentuk, dan permukaan tekstur dari bentuk produk.

Water Channels	Untuk mengontrol suhu permukaan cetakan untuk mendinginkan plastic
Vents	Untuk keluarnya udara dan gas yang terperangkap.
Ejector Mechanism (pin, blades, stripper plate)	Untuk mengeluarkan molding yang kaku dari rongga (cavity) dan inti (core)
Ejector return pins	Mengebalikan ejector pin untuk ditarik kembali ke posisi awal, untuk siklus injeksi berikutnya.

2.7 Pengenalan Plastik

Secara umum plastik diartikan sebagai material bukan logam yang dapat dicetak untuk didapatkan suatu bentuk yang diinginkan. Selain itu plastik merupakan kelompok dari resin sintetis dan alami beserta campurannya yang dapat dicetak, dituang, diekstrusi, ataupun digunakan sebagai pelapis atau bentuk lapisan. Sumber bahan bakunya adalah batu bara, minyak bumi, atau hasil bumi (nabati) (Fahrizal, 2009).

Pada dasarnya plastik secara umum digolongkan ke dalam 3 (tiga) macam dilihat dari temperaturnya , yakni :

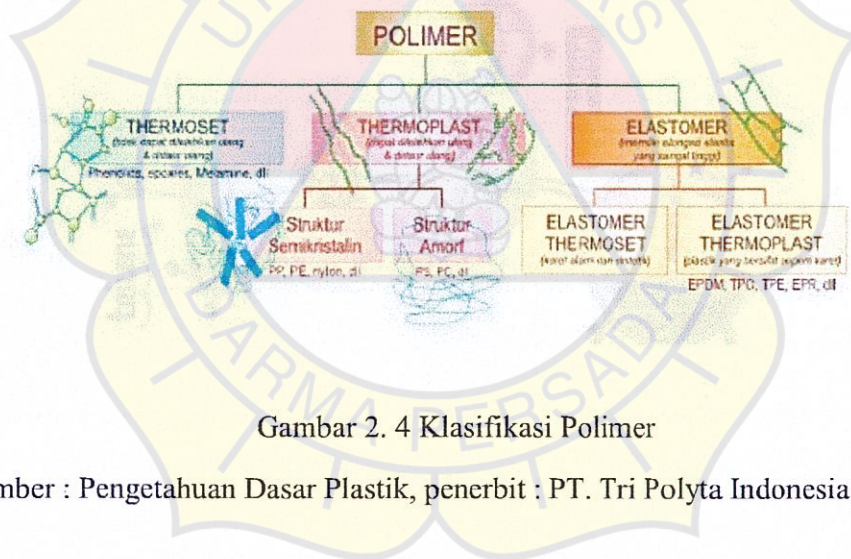
1. Bahan Thermoplastik (Thermoplastic) yaitu akan melunak bila dipanaskan dan setelah didinginkan akan dapat mengeras. Contoh bahan thermoplastik

adalah : Polistiren, Polietilen, Polipropilen, Nilon, Plastik fleksiglass dan Teflon.

2. Bahan Thermoseting (Thermosetting) yaitu plastik dalam bentuk cair dan dapat dicetak sesuai yang diinginkan serta akan mengeras jika dipanaskan dan tetap tidak dapat dibuat menjadi plastik lagi. Contoh bahan thermosetting adalah : Bakelit, Silikon dan Epoksi.

3. Bahan Elastis (Elastomer) yaitu bahan yang sangat elastis. Contoh bahan elastis adalah : karet sintetis.

Berikut pembagian polymer secara umum:



Gambar 2. 4 Klasifikasi Polimer

(sumber : Pengetahuan Dasar Plastik, penerbit : PT. Tri Polyta Indonesia, tbk)

Polimer memiliki beberapa karakteristik untuk menggambarkan sifat fisik dan sifat kimianya. Sifat-sifat tersebut akan mempengaruhi aplikasi penggunaan polimer tersebut. Karakteristik polimer antara lain :

1. Crystallinity (kristalinitas)

Struktur polimer yang tidak tersusun secara teratur umumnya memiliki warna transparan. Karakteristik ini membuat polimer dapat digunakan untuk berbagai aplikasi seperti pembungkus makanan, kontak lensa dan sebagainya. Semakin tinggi derajat kristalisasinya, semakin sedikit cahaya yang dapat melewati polimer tersebut.

2. Thermosetting dan Thermoplastic (Daya tahan terhadap panas)

Berdasarkan ketahanannya terhadap panas, polimer dibedakan menjadi polimer thermoplastic dan thermosetting. Polimer thermoplastic dapat melunak bila dipanaskan, sehingga jenis polimer ini dapat dibentuk ulang. Sedangkan polimer thermosetting setelah dipanaskan tidak dapat dibentuk ulang. Ketahanan polimer terhadap panas ini membuatnya dapat digunakan pada berbagai aplikasi antara lain untuk insulasi listrik, insulasi panas, penyimpanan bahan kimia dan sebagainya.

3. Branching (percabangan)

Semakin banyak cabang pada rantai polimer maka densitasnya akan semakin kecil. Hal ini akan membuat titik leleh polimer berkurang dan elastisitasnya bertambah karena gaya ikatan intermolekularnya semakin lemah.

4. Tacticity (taktisitas)

Taktisitas menggambarkan susunan isomerik gugus fungsional dari rantai karbon. Ada tiga jenis taktisitas yaitu isotaktik dimana gugus-gugus substituenya terletak pada satu sisi yang sama, sindiotaktik dimana gugus-gugus substituenya lebih teratur, dan ataktik dimana gugus-gugus substituenya terletak pada sisi yang acak.

Beberapa keuntungan plastik adalah:

1. Massa jenis rendah ($0,9 - 2,2 \text{ [g/cm}^3\text{]}$)
2. Tahan terhadap arus listrik dan panas, memiliki sedikit elektron bebas untuk mengalirkan panas dan arus listrik.
3. Tahan terhadap korosi kimia karena tidak terionisasi untuk membentuk elektron kimia. Pada umumnya tahan terhadap larutan kimia, dan logam juga sangat sukar untuk larut.
4. Mempunyai permukaan dan penampakan yang sangat baik dan mudah diwarnai.

Beberapa kerugian plastik adalah:

1. Modulus elastisnya rendah.
2. Mudah mulur (Creep) pada suhu kamar.
3. Maksimum temperatur nominalnya rendah.
4. Mudah patah pada sudut bagian yang tajam.

2.8 Jenis-Jenis Kode pada Plastik

Berikut adalah beberapa jenis kode pada plastik yang diketahui.

a) PETE/PET (*Poly Ethylene Terephthalate*)

Biasa dipakai untuk botol plastik transparan seperti botol air mineral, botol minuman, botol jus, botol minyak goreng, botol kecap, dan botol sambal. PETE/PET direkomendasikan 'hanya untuk sekali pakai'. Buang botol apabila sudah habis isinya dan tidak untuk diisi ulang/digunakan Kembali.

b) HDPE (*High Density PolyEthylene*)

Biasa dipakai untuk botol kosmetik, botol obat, botol minuman, botol susu yang berwarna putih susu, tupperware, galon air minum, kursi lipat, dan

jerigen, dan pelumas. Memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. HDPE direkomendasikan hanya untuk sekali pakai.

c) V/PVC (*PolyVinyl Chloride*)

Biasa dipakai pada plastik pembungkus (*cling wrap*), untuk mainan, selang, pipa bangunan, taplak meja plastik, botol kecap, botol sambal dan botol shampoo. Jenis plastik yang paling sulit didaur ulang. PVC mengandung DEHA yang mudah melebur jika terdapat kontak antara permukaan plastik dengan minyak, berbahaya untuk ginjal dan hati.

d) LDPE (*Low Density PolyEthylene*)

Biasa dipakai untuk tempat makanan, plastik kemasan, botol-botol yang lembek, tutup plastik, kantong/tas kresek, dan plastik tipis lainnya. Bersifat fleksibel, kuat, sulit dihancurkan. Pada suhu di bawah 600 °C

e) PP (*PolyPropylene*)

Merupakan pilihan bahan plastik terbaik dan paling aman, terutama untuk tempat makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, tutup botol, cup plastik, mainan anak, botol minum dan yang terpenting, pembuatan botol minum untuk bayi bersifat elastis.

f) PS (*PolyStyrene*)

Biasa dipakai sebagai bahan tempat makan styrofoam, tempat minum sekali pakai seperti sendok, garpu gelas. Polystyrene dapat mengeluarkan bahan Styrene ke dalam makanan ketika makanan tersebut bersentuhan, berbahaya untuk otak dan sistem saraf. Bahan ini sulit didaur ulang.

g) Other (*PolyCarbonate*)

Biasanya ada di tempat makanan dan minuman seperti botol minum olahraga. Dan digunakan untuk membuat tumblr botol minuman, tas oven, atau packaging. Tingkat bahaya dan sulit di daur ulang.

Tabel 2. 2 Temperatur leleh termoplastik|

(Kristyantoro , 2009)

No.	Material	°C
1.	LDPE	160-240
2.	HDPE	200-280
3.	PP	200-300
4.	ABS	180-240
5.	NYLON	260-290
6.	ACETAL	185-225
7.	ACRYLIC	180-250
8.	POLYCARBONAT	280-310
9.	PS	180-260
10.	PVC	160-180

2. 9 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk penelitian ini adalah Polypropylene (PP). Polypropylene (PP) adalah sebuah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, di antaranya pengemasan, tekstil (contohnya tali, pakaian dalam termal, dan karpet), alat tulis, berbagai tipe wadah terpakaikan ulang serta bagian plastik, perlengkapan labolatorium, pengeras suara, komponen otomotif, dan uang kertas polimer (Hartono, 2012).

Polypropylene merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. Polipropilena mempunyai specific gravity rendah dibandingkan dengan jenis plastik lain. Sebagai perbandingan terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 3 Perbandingan specific gravity dari berbagai material plastik
(Imam, 2005).

Resin	SpecificGravity
PP	0,85 - 0,90
LDPE	0,91 - 0,93
HDPE	0,93 – 0,96
Polistirena	1,05 – 1,08
ABS	0,99 – 1,10
PVC	1,15 – 1,65
AsetilSelulosa	1,23 – 1,34
Nylon	1,09 – 1,14
PoliKarbonat	1,20
PoliAsetat	1,38

Polypropylene mempunyai titik leleh yang cukup tinggi (190 - 200 0C), sedangkan titik kristalisasinya antara 130 – 135 0C. Untuk temperatur proses polipropilena rata-rata 200°C – 300°C. Polipropilena mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (Chemical Resistance) yang tinggi, tetapi ketahanan pukul (impact strength) nya rendah (Imam, 2005). Sifat-sifat yang lain dari propilena antara lain sebagai berikut:

- a. lebih tahan panas
- b. keras, flexible, dapat tembus cahaya
- c. ketahanan kimianya bagus

Polipropelena dapat diproses dengan berbagai macam metode, antara lain injection moulding, ekstrusi dan blow moulding. Injection moulding menghasilkan produk-produk dalam bentuk profil, seperti cap, tutup botol dan cup of ice cream. Blow moulding menghasilkan produk berlubang seperti botol dan galon air minum.

Tabel 2. 4 Sifat-sifat Polyprophylene

Sifat-sifat	Polyprophylene
Kristalinitas	60%
Massa jenis [10^3 kg.m^{-3}]	0.90
Tg [°C]	10
Tm[°C]	176
Tegangan Tarik [N.mm^{-2}]	30 sampai 40
Modulus Tarik [N.mm^{-2}]	1.1 sampai 1.6
Perpanjangan [%]	50 sampai 600

Sumber : Hadi Syamsul, Ir. 1995 , "Teknologi Bahan 3", Hal 36

Catatan:

T_g = Temperatur tansisi kaca yaitu temperatur dimana polimer berubah dari keadaan beku (rigid) ke suatu bahan yang liat (fleksible) T_m = Tempertur leleh yaitu pada saat kritanilitas tidak tampak

