

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan zaman yang semakin pesat dan banyaknya kebutuhan manusia, yang menjadi permasalahan lingkungan hidup seperti pembuangan sampah. Pembuangan sampah-sampah plastik ke dalam air dan tanah telah menambah tingkat kerusakan alam sangat sulit dan tidak mungkin diuraikan oleh bakteri pengurai, apabila ditimbun dalam tanah untuk menguraikannya butuh waktu berjuta-juta tahun. Apabila dibakar hanya akan menjadi gumpalan dan butuh waktu lama untuk menguraikannya. Akibat dari sampah plastik yang terlalu lama tertimbun dalam tanah yaitu terjadi pemanasan global yang berdampak pada kehidupan manusia itu sendiri. Sehingga hampir semua negara memberlakukan kebijakan hijau (*green policy*) yang menuntut komitmen terhadap keberlanjutan lingkungan (*enviromental sustainability*) disemua bidang. Indonesia adalah produsen sampah plastik terbesar kedua di dunia dengan 3,22 juta ton/tahun (katadata, 2016). Limbah plastik adalah salah satu faktor yang menyebabkan rusaknya lingkungan hidup yang sampai saat ini masih tetap menjadi “PR” besar bagi bangsa Indonesia dalam pengelolaan dan pembuangan limbah sampah plastik.

Ditinjau dari segi ekonomis produk berbahan plastik memiliki harga yang relatif murah, limbah plastik adalah sampah yang paling banyak dibuang oleh manusia karena banyak orang yang menggunakan plastik untuk keperluannya sehari-hari baik itu perorangan, toko, maupun perusahaan besar, misalnya,

berbelanja pasti akan membutuhkan plastik untuk membawa barang belanjaan, jika plastik itu sudah tidak terpakai mereka akan membuang atau membakarnya (Yuliana Chemistry, 2013). Adanya limbah tersebut menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan kita salah satunya pencemaran udara, pencemaran air dan tanah yang paling parah lagi adalah pemanasan global. Cara mengatasi permasalahan tersebut dengan membuat sebuah mesin atau alat pembentuk limbah plastik, ada banyak proses pembuatannya seperti ; proses extrusi, proses blow moulding, proses Thermoforming, proses injection moulding, disini perancang membuat mesin injection moulding yang berfungsi untuk mengolah limbah plastik sebagai bahan yang berguna yaitu sebagai bahan baku dari plastik.

Salah satu keunggulan mesin ini adalah mengurangi atau menekan dampak limbah plastik yang terbuang atau tidak terpakai, injection molding banyak dipilih karena kapasitas produksi yang tinggi sisa penggunaan material (*uselees material*) sedikit dan tenaga kerja minimal. Kekurangan injection molding terletak di biaya perawatan yang tinggi, limbah jenis plastik dibedakan menjadi 2 yaitu ; termosetting adalah sudah dipanaskan tidak bisa menulak kembali, dan termoplastik adalah jenis plastik yang bisa melunak ketika dipanaskan kembali jenis plastik tergolong termoplask yaitu PETE (Polyethylene Terephthalate), HDPE (High Density Polyethylene), PVC (Polyvinyl Chloride), LHDPE (Low Density Polyethylene), PS (Polystyrene), PP (Polypropylene), dan OTHER.

Kode yang tertera pada kemasan plastik dikeluarkan oleh The Society of Plastic Industry pada tahun 1998 di amerikaserikat dan diadopsi oleh lembaga – lembaga pengembangan sisem kode, seperti ISO (International Organization for

Standar Dinasion), ciri umum segitiga pada plastik adalah; perada atau terletak dibagian bawah plastik kemasan, berbentuk segi tiga beranak panah searah, didalam segitiga tersebut terdapat angka, dan serta nama jenis plastik (Linda Windia Sundarti, 2013).

Sampel cetak adalah Bushing Polycarbonate (PC). Dalam proses injeksi plastik, variasi temperatur yaitu 250, 270, 280, 290, 300, 310, dan 320°C dengan tekanan 100 kg/cm² . Temperatur dalam injeksi ini merupakan temperatur yang digunakan untuk mencetak matrial kedalam rongga cetakan. Temperatur harus dijaga lebih dari cukup agar dapat meminimalkan shrinkage. Cacat sink mark juga dapat diminimalkan dengan menambahkan tekanan injeksi dan menyesuaikan temperatur (Toto Rusianto Dkk, 2010).

Hasil limbah plastik dibersihkan dan diperoses menjadi biji-biji plastik, dari biji plastik dipanasi sampai meleleh hingga titik leleh, plastik yang sudah meleleh ditekan dalam tabung silinder kemudian lelehan plastik keluar melalui lubang yang disebut nozzel dari lubang nozzel terhubung dengan cetakan untuk menampung lelehan cairan plastik dari cetakan sudah didesain dibuat produk.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini yang menjadi rumusan masalah adalah:

1. Bagaimana proses pembuatan produk plastik dengan memanfaatkan limbah plastik menggunakan alat cetak injeksi plastik (*plastic injection molding*)

2. Bagaimana cara melakukan pengujian pada penganalisaan agar menghasilkan produk yang optimal.
3. Bagaimana cara melakukan pengujian pada produk agar tidak terjadi kecacatan.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Menganalisa penyebab kecacatan produksi biji plastik pada mesin injection molding.
2. Memproleh produk berkualitas dan hasil yang optimal.

1.4. Tujuan Penelitian

Ada pun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa penyebab kecacatan produk biji plastik pada mesin injection molding.
2. Menganalisa pengaruh injection time terhadap cacat produk biji plastik.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi penulis, dapat menyelesaikan program perkuliahan Sarjana Teknik di Universitas Islam Sumatera Utara.
2. Memberikan pengalaman ilmiah dalam pengembangan Ilmu Pengetahuan.
3. Untuk membantu mempelajari dan memahami mesin injection molding.
4. Diharapkan mampu menjadi buku tambahan referensi dalam menambah wawasan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Mesin Injection Molding

Secara umum pengertian injection molding adalah proses pembuatan suatu benda atau produk dari material plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu yang mendapat perlakuan panas dan pemberian tekanan dengan menggunakan alat bantu berupa cetakan atau mold. Untuk mendapatkan hasil secara tepat, tentunya banyak faktor yang harus dipertimbangkan sehingga produk memenuhi standar kualitas yang diinginkan secara optimal baik dari kepresisian dimensi maupun efisiensi proses.

Injeksi molding adalah metode pembentukan produk plastik dari bubuk termoplastik dengan menambahkan feeder melalui komponen mesin yang disebut hopper. Plastik tersebut kemudian dipanaskan untuk membuat plastik tersebut menjadi halus teksturnya. Dalam proses injeksi tekanan yang diberikan harus konstan sampai material mengeras dan siap untuk dikeluarkan dari cetakan (Samson, 2011).

Mold plastik pada prinsipnya adalah suatu alat (tool) yang digunakan untuk membuat komponen-komponen dari material plastik dengan sarana mesin cetak plastik, metode dasar plastik molding untuk mendapatkan produk yang sesuai dengan sifat-sifat fisik yang diinginkan bentuk desain produk, luas penampang, ketebalan, insert yang panjang, tuntutan ukuran (toleransi) yang harus dipenuhi dan pemilihan material merupakan faktor yang berpengaruh.

Proses injection molding merupakan proses pembentukan benda kerja dari material thermoplastic berbentuk butiran yang ditempatkan ke dalam suatu hopper/torong dan masuk ke dalam silinder barrel injeksi yang kemudian didorong oleh mekanisme screw melalui nozzle mesin dan sprue bushing masuk kedalam rongga (cavity) cetakan yang sudah pada kondisi tertutup.

Setelah beberapa saat didinginkan, mold akan dibuka dan produk akan dikeluarkan dengan mekanisme ejector. Material yang sangat sesuai adalah material thermoplastik, hal ini disebabkan karena pemanasan material ini dapat melunak dan sebaliknya akan mengeras lagi bila di dinginkan. Perubahan-perubahan yang terjadi hanya bersifat fisik, jadi bukan perubahan secara kimiawi sehingga memungkinkan mendaur ulang material sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Injection molding dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.1.1 Mesin Injection Molding

Terdapat 3 komponen utama pada mesin injeksi molding, diantaranya

1. Clamping Unit

Merupakan tempat untuk menyatukan molding. Clamping system sangat kompleks, dan di dalamnya terdapat mesin molding (cetakan), dwelling untuk memastikan molding terisi penuh oleh resin, injection untuk memasukan

resin melalui sprue pendingin, ejection untuk mengeluarkan hasil cetakan plastik dari molding. Clamping unit terdiri dari 4 bagian

a. Stationary Plate

Stationary plate adalah plat tempat untuk pemasangan mold bagian cavity. Pada bagian atas stationary plate ini terdapat tempat duduk untuk robot. Plate ini mempunyai lubang lubang lingkaran untuk location ring dan diameter lubang tersebut biasanya ada standar ukuran. Biasanya 100mm, 110mm, 150mm, 300mm, fungsi dari location ring pada mold adalah untuk memudahkan pemasangan mold agar center dengan lubang nozzle.

b. Moving Plate

Moving plate adalah tempat untuk pemasangan mold bagian core. Disebut moving plate karena dapat bergerak menutup atau membuka dan kecepatan pressure-nya dapat kita atur sesuai dengan kebutuhan.

c. Ejector

Ejector terdapat pada bagian belakang moving plate yang berfungsi mengeluarkan produk pada cetakan atau mold.

d. Operation side door dan non operation side door

Operation side door dan non operation side door adalah bagian clamping unit yang berfungsi sebagai pintu penutup area block clamping agar mesin dapat beroperasi dengan aman. Pada pintu ini biasanya terdapat pengaman antara lain pengaman secara hidrolis dan elektrik. Fungsi pengaman ini untuk memastikan keamanan operator saat bekerja.

e. Lubrican Pump

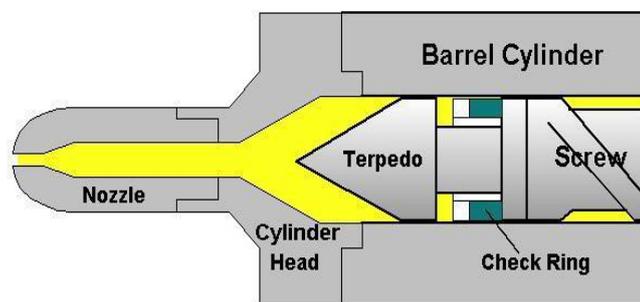
Lubrican pump adalah alat yang berfungsi memberikan pelumasan pada bagian-bagian mesin yang bergerak. Letaknya lubrican pump biasanya berada di depan bagian bawah mesin.

2. Injection Unit

Merupakan bagian untuk memasukkan biji plastik (resin) dan pemanasan. Bagian dari plastizing unit Hopper untuk memasukkan resin screw untuk mencampurkan material supaya merata *Barrel Heater* dan *Nozzle*. Injection unit terdiri dari :

a. *Cylinder Barrel*

Cylinder Barrel atau tabung yang berfungsi ssebagai tempat material plastik yang sudah cair. Silinder ini dibungkus dengan elemen pemanas atau heater band. Fungsi heater band ini adalah sebagai pemanas material yang berada dalam barrel. Temperatur pemanas ini dapat kita atur temperaturnya sesuai dengan melting point material yang akan kita pergunakan. *Cylinder barrel* dapat kita lihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.1.2 *Cylinder Barrel*

Screw berada didalam barrel yang berfungsi sebagai pengisi material dan mengaduk material yang telah mencair sehingga campuran material dan pewarna

atau pigment lebih homogen. Pada bagian ujung screw terdapat kepala screw dan check ring screw. Fungsinya adalah mendorong material yang akan kita masukkan kedalam mold atau cetakan.

b. *Hidrolic Pump*

Hidrolic Pump berada pada bagian bawah injection unit. Fungsi hidrolic pump adalah untuk memompa oli pada tekanan tertentu. Tekanan pompa oli ini maksimal adalah 145 kg/cm². Oli yang bertekanan ini digunakan untuk menggerakkan mesin injection agar dapat beroperasi.

c. *Hopper / hopper dryer*

Hopper adalah tempat material plastik atau wadah menampung plastik yang akan dipanaskan dan dicairkan untuk dialirkan ke screw. Dalam hopper, bahan akan dipanaskan oleh aliran udara dari blower yang dipanaskan oleh elemen panas (heater).

Hopper dryer atau pengering hopper adalah produ generasi baru dari pengering udara panas standar. Dalam pemrosesan bahan baku, pengering hopper meniupkan angin suhu tinggi konstan ke drum pengeringan melalui kipas pengering. Setelah bahan mentah dipanggang, kelembaban asli dari bahan baku dalam laras diambil untuk mencapai tujuan menghilangkan kelembaban yang terkandung dalam bahan baku.

3. Control Panel

Control Panel adalah tempat tombol atau analog untuk mengoperasikan mesin injection molding. Selain control panel pada mesin injection juga terdapat

panel-panel untuk mengatur waktu dan temperatur yang diinginkan. *Control*

Panel terdiri dari :

a. *Cooling time*

Untuk mengatur lamanya waktu pendinginan produk setelah proses injeksi berlangsung. Pendinginan ini terjadi di dalam mold. Pendingin yang digunakan adalah air.

b. *Interval time*

Untuk mengatur lamanya waktu mulai produk didorong oleh ejector sampai clamp berada dalam posisi kerja

c. *Clap time*

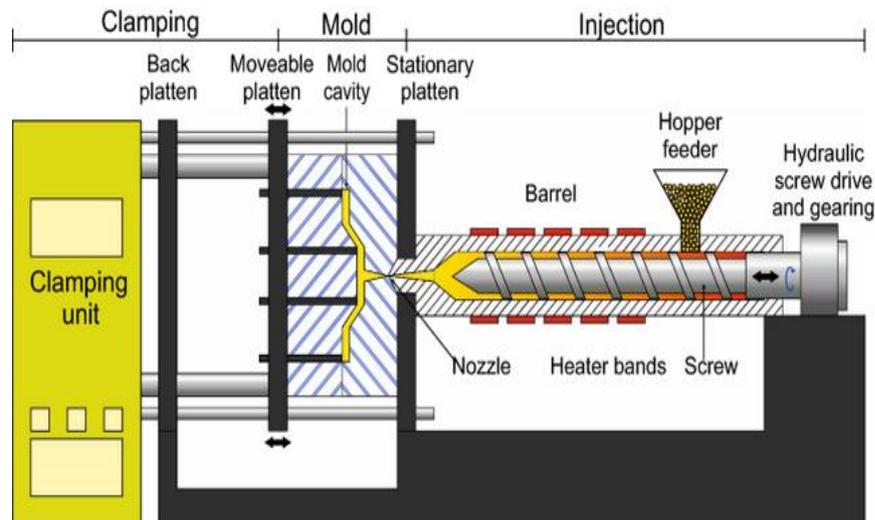
Mengatur lamanya proses clamping, yaitu waktu cetakan yang bergerak menekan cetakan diam

d. *Temperature control*

Merupakan alat yang digunakan untuk mengatur temperatur elemen pemanas. Temperatur yang digunakan akan berbeda untuk setiap bahan yang pakai. Pada mesin Borsche 260 Ton, digunakan empat temperatur kontrol, dimana tiga temperature control yang mengatur suhu pada barrel dan satu lagi untuk mengatur suhu pada nozzle.

2.2. Mekanisme Mesin Injection Molding

Menggunakan cetakan yang dibuat secara khusus yang dibuat untuk mengeluarkan plastik berdasarkan spesifikasi bahkan membuat salinan yang begitu identik. Proses mekanisme mesin injection molding dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Mekanisme injection molding.

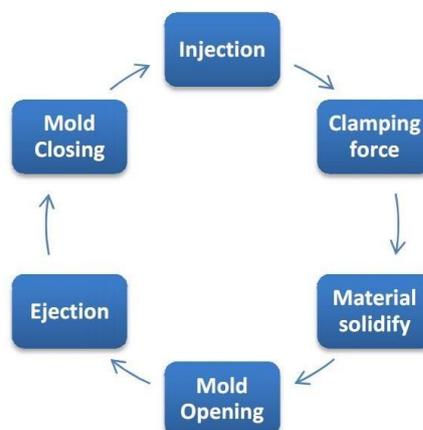
Mekanisme injection molding dapat diringkas sebagai berikut :

1. Material plastik yang telah dicampur dengan bahan pellet dan pewarna untuk bahan plastik dimasukan kedalam hopper. Lalu material plastikakan memasuki rongga plastik pada ulir screw.
2. Screw bergerak mundur dan berputar berlawanan dengan arah jarum jam membawa butiran-butiran plastik jatuh dari hopper. Biji plastik ini dipanaskan oleh gesekan yang terjadi dan pemanas tambahan dari barrel, sehingga butiran - butiran plastik tersebut meleleh. Screw mundur sampai batas yang telah ditentukan (bersamaan dengan material yang maju kedepan bilik screw, oleh karena putaran mundur dari screw tersebut) dan putaran screw tersebut berhenti.
3. Langkah berikutnya adalah menutup mold. Kemudian screw didorong maju oleh gerakan piston, mendorong lelehan plastik dari bilik screw (screw

chamber) melalui nozzle masuk kedalam rongga mold (dalam tahap ini screw hanya bergerak maju saja, tanpa berputar).

4. Lelehan plastik yang telah diinjeksikan mengalami pengerasan, oleh karena bersentuhan dengan dinding yang dingin dari mold. Di bawah pengaruh holding pressure, lelehan material dari tekanan screw ditambahkan untuk mengimbangi kepadatan volume dari material ketika dingin.
5. Setelah proses pendinginan dan kekakuan dari produk yang telah dibentuk, screw akan mundur untuk melakukan pengisian barrel. Pada saat itu clamping unit akan bergerak untuk membuka mold. Produk dikeluarkan oleh ejector yang telah ada dalam mold. Jika system ejector semi otomatis, maka ejector mendorong produk tetapi tidak sampai keluar dari mold sehingga diperlukan tenaga operator untuk mengeluarkan produk.
6. Setelah produk tersebut keluar/ dikeluarkan oleh ejector, maka siap untuk dilakukan penginjekan berikutnya sesuai dengan alur yang telah diuraikan diatas.

2.3. Proses Kerja Mesin Injection Moulding



Gambar 2.3 Proses Kerja Injection Molding

Proses kerja injection molding dapat diringkas sebagai berikut :

1. Menutup Cetakan (Mold Close). Dalam 1 siklus kerja proses injeksi, diawali oleh proses menutup cetakan. Istilah Mold dalam dunia injeksi Plastik adalah cetakan untuk proses Injeksi Plastik. Material plastik yang dipindahkan dari silinder pemanas temperature suhunya berkisar antara 175 °C hingga 290 °C .Semakin panas suhunya, plastik material itu akan semakin cair/encer (rendah viskositasnya) sehingga semakin mudah diinjeksikan/disemprotkan masuk kedalam mold. Mold itu sendiri terdiri dari 2 bagian besar yaitu yaitu sisi core dan sisi cavity. Sisi Cavity diikat pada Stationery Platen Mesin Injeksi. Sedangkan sisi core diikat pada moving platen mesin, bagian inilah yang bergerak membuka dan menutup.
2. Injeksi Pengisian (Fill Injection)Setelah dipastikan Mold dihimpit dengan tekanan tinggi. Maka unit injeksi yang terdiri dari nozzle, barrel, dan screw dan seterusnya. Bergerak mendekati mold hingga nozzle bersentuhan dengan Mold, juga dengan tekanan tinggi (hingga 100 kg/cm²) Pada proses ini melibatkan beberapa parameter yang bisa kita aturm sedemikian rupa mengikuti tingkat kesulitan produk yang akan dibuat, yaitu:Tekanan pengisian (Fill Pressure).Kecepatan Pengisian (Fill Velocity)
3. Injeksi Menahan (Holding Injection) Penyempurnaan hasil prodik berada pada bagian proses ini. Sengaja harus dibuat seperti itu agar pada proses penyempurnaan nantinya hanya akan membutuhkan nilai yang benar-benar efisien. Pada proses ini tidak lagi melibatkan kecepatan di dalam setting parameternya, hanya besaran tekanan yang diatur beserta waktu yang

dibutuhkan untuk itu. Pada mesin sekarang terdapat 2 atau lebih tekanan holding dengan 2 atau lebih setting waktu yang disediakan.

4. Isi Ulang dan Pendinginan (Charging and Cooling) Isi ulang (Charging) plastik cair untuk siap disuntikan pada siklus selanjutnya, bersamaan waktunya perhitungan waktu pendinginan pun (cooling) dimulai. Parameter yang direkomendasikan adalah waktu Pendinginan (cooling time) harus lebih lama dari waktu isi ulang (charging Time). Bila waktu charging yang lebih lama, maka yang terjadi adalah tumpahan material plastic pellet masuk ke dalam barrel, digiling oleh screw dan sampai di depan torpedo sudah dalam keadaan cair dan sudah siap untuk disuntikan ke dalam mold.
5. Membuka cetakan (Mold Open).

2.4. Langkah-Langkah Proses Injection Molding

Secara garis besar, proses pada injection molding terbagi atas beberapa langkah proses, yaitu: Proses pengeringan atau proses drying merupakan proses awal dari proses injection molding. Maksud dari proses pengeringan ialah untuk menghilangkan kadar air dalam kandungan gas yang terdapat pada resin. Waktu yang dibutuhkan selama proses drying atau pengeringan ialah 4 jam dengan menggunakan drying temperatur sebesar 120 derajat Celcius. Proses Melting adalah suatu proses pencairan material plastik berupa resin, yang berasal dari hopper dryer dan di alirkan kedalam silinder plasticizing melalui auto loader. Resin selain menerima pemanasan dari band heater, juga akan mengalami

pemanasan akibat dari adanya gesekan yang timbul antara resin dengan screw yang berputar secara rotasi sehingga menimbulkan pemanasan.

Proses Filling adalah suatu proses pengisian resin yang telah berbentuk cair ke dalam suatu rongga cetakan. Proses pengisian resin cair tersebut disemprotkan melalui lubang nozzle dengan menggunakan tekanan tertentu yang sering disebut dengan injection pressure dan juga dengan menggunakan kecepatan injeksi yang disebut injection speed. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk proses filling ke dalam cetakan disebut injection time.

Proses Packing akibat dari flowing process atau proses pengaliran yang tidak cukup untuk menginjeksikan atau menyemprotkan resin cair ke kontak yang lebih dekat atau ke celah-celah ujung pada rongga cetakan, sehingga di dalam rongga cetakan tersebut masih terdapat gap atau celah. Oleh karena itu untuk menekan gap atau celah tersebut digunakan proses packing, yaitu dengan cara memberikan tekanan ke dalam rongga cetakan dengan jarak yang lebih dekat, sehingga resin cair itu dapat memenuhi seluruh sudut-sudut atau celah dari rongga cetakan tersebut.

Proses Holding merupakan proses lanjutan dari proses packing. Setelah rongga cetakan terisi dengan resin cair, maka resin cair tersebut akan mengalami proses penyusutan (shrinkage) akibat dari perbedaan temperatur yang terlalu besar antara temperatur resin cair itu sendiri dengan temperatur cetakan atau mold temperature.

Proses Cooling Setelah bahan plastik yang panas masuk ke dalam cetakan, cetakan harus didinginkan dengan cepat. Pendinginan tersebut untuk

mempertahankan bentuk part yang dicetak sesuai dengan yang diinginkan ketika dipindahkan dari cetakan (mold). Zat antara pendinginan cetakan yang khas adalah udara, air dan suatu campuran glikol water/ethylene.

Proses Eject Setelah cetakan terbuka, maka produk atau part yang dihasilkan siap untuk dikeluarkan dari rongga cetakan (proses ini berlangsung secara terus menerus).

2.5. Bahan Polymer

Polymer berasal dari bahasa latin poly (banyak) dan meros (bagian), dimana unsur ini terdiri dari banyak (biasanya ratusan) repeating unit, block building, yang dinamakan mer, menunjukkan unit repetitive yang kecil, sama dengan istilah unit cell yang digunakan dalam sambungan dengan struktur kristal dari logam. Polymer long-chain molecules, disebut juga sebagai makromolekul atau molekul besar, yang terbentuk dengan cara polimerisasi, yaitu dengan linking dan cross linking monomer yang berbeda. Kebanyakan monomer adalah material organik, dimana atom karbon bergabung dalam ikatan kovalen (electron-sharing) dengan atom lain, seperti hydrogen, oxygen, nitrogen, fluorine, chlorine, silicon, dan sulfur. Molekul ethylene adalah monomer sederhana yang terdiri dari karbon dan atom hydrogen. Dengan penambahan additive tertentu maka polymer akan menjadi plastik. Plastik sendiri dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu thermoplastic dan thermosetting. Dalam penelitian ini bahan yang akan digunakan adalah polypropylene (PP), material ini mempunyai ketahanan yang baik terhadap keretakan, tahan kimia, tahan listrik, kekakuan, tahan terhadap pengikisan, penyerapan air yang rendah. Bahan ini mempunyai titik leleh yang

tinggi 165 °C mampu digunakan pada temperatur 100 °C dalam waktu yang lebih singkat. Bahan ini digunakan dalam berbagai aplikasi diantaranya pengemasan, tekstil, alat tulis, perlengkapan laboratorium dan komponen otomotif. Dimana bahan tersebut termasuk dalam kelompok thermoplastic.

2.6. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran di dalam runner dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$W = \frac{V}{t \times A}$$

Dimana :

W = kecepatan aliran (m/s)

V = volume Injeksi m³

t = waktu injeksi, detik

A = luas penampang, m²

Waktu tinggal material di dalam barrel (residence time)

$$Rt = \left\{ \frac{\text{Shot size}}{\frac{(w1 \times n + w2) \times 1,06}{\gamma}} \right\} \times \text{cycle time}$$

Prosentase Shot Used

$$PSU = \left\{ \frac{\frac{(w1 \times n + w2) \times 1,06}{\gamma}}{\text{Shot size}} \right\} \times 100 \%$$

Dimana :

W1= berat part, gr

W2 = berat runner,

gr n = jumlah cavity

2.7. Cara Melakukan Pengecekan Produk

Pengecekan dilakukan selama 2 jam sekali oleh devisi quality control. Untuk pengecekan meliputi : Kasus visual seperti gompal, retak, Kasus ukuran misal ukuran diameter, seal tinggi seal diameterr dalam dan diameter luar. Proses pengecekan : Quality control, operator, bisanya dilakukan setting ulang atau perbaikan cetakan/mould.

Cacat produk adalah suatu kondisi dimana, plastik leleh yang akan diinjeksikan kedalam cavity tidak mencapai kapasitas yang ideal atau tidak sesuai settingan mesin, Sehingga plastik yang diinjeksikan kedalam cavity mengeras terlebih dahulu sebelum memenuhi cavity. Penyebab Short Shot Karakteristik viskositas dan fluiditas daripada plastik. Design cetakan (mis: desain gate, desain keberadaan penting udara, konstruksi bushing & bosh etc). Kondisi moulding, Performa moulding dan mesin itu sendiri, Pemecahan masalah Supply material harus selalu berkelanjutan jangan sampai ada jeda, Meningkatkan kecepatan injeksi material, Meningkatkan suhu material sesuai dengan batasannya, Mengganti fluiditas material dengan yang lebih baik, Menstandarisasi ketebalan dinding pada tiap-tiap cavity.

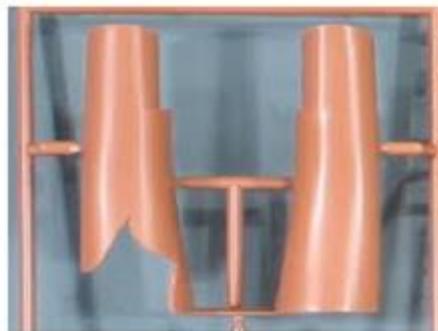
2.8. Cacat Produk Injection Molding

Kualitas akhir permukaan dari produk plastik injection molding merupakan karakter utama dari standar kualitas produk. Namun keadaan ini tidak dapat dipenuhi sehingga seringkali terjadi cacat produk yang dapat merusak penampilan produk. Cacat produk dapat ditimbulkan oleh berbagai faktor, baik yang bersumber pada faktor parameter proses maupun faktor desain.

Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut tentunya harus disesuaikan dengan bentuk dan cacat yang timbul serta pengaruh terhadap produk. Macam-macam cacat pada proses injection molding adalah warpage, sink mark, short-shot, weld lines dan flasing (Sendi, 2012). Beberapa permasalahan yang sering ditemukan pada produk hasil injection molding antara lain :

1. Short-shot

Short-shot adalah kondisi dimana kapasitas lelehan plastik tidak mampu memenuhi kapasitas cetakan atau lelehan plastik saat di injeksikan mengeras sebelum memenuhi cetakan. Cacat short-shot ini dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain pelelehan biji plastik yang tidak sempurna, injeksi yang lambat, tekanan injeksi yang lemah, dan temperatur mold rendah. Cacat short-shot ditunjukkan pada gambar 2.3 di bawah ini :

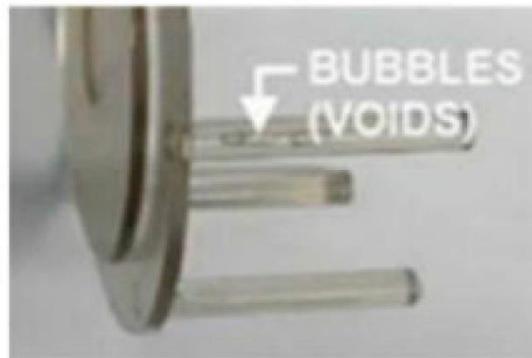


Gambar 2.4 Cacat Short-Shot

2. Sink or Air bubble

Merupakan keadaan cacat produk dimana terdapat bentuk cembung pada permukaan, sehingga air bubble ditemukan gelembung udara didalam produk.

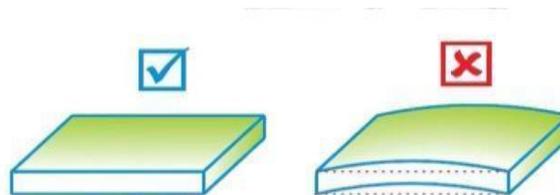
Cacat produk ini disebabkan beberapa hal di antaranya terdapat perbedaan pada dinding mold yang signifikan, tekanan injeksi rendah, temperatur material tinggi, tidak terdapat cukup pendingin cetakan, lubang keluar angin (*air vent*) terlalu kecil.



Gambar 2.5 Sink or Air bubble

3. Warpage

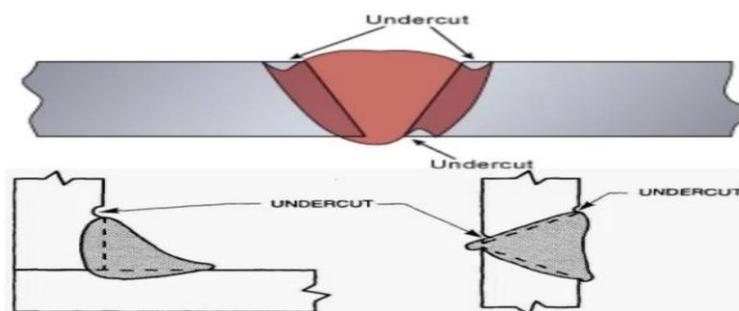
Warpage adalah kondisi cacat produk yang terlihat sebagai permukaan yang melengkung hal ini disebabkan oleh pendinginan cetakan tidak seragam, perbedaan temperatur yang tinggi di sebagian cetakan, dan tekanan tunggu (*holding pressure*) rendah. Cacat warpage ditunjukkan pada gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.6 Cacat warpage

4. Weld lines

Weld lines adalah ketika dua aliran lelehan bertemu pada kedua ujung aliran lelehan material. Penyebab terjadinya weld lines antara lain titik antara injeksi dan transfer terlalu dekat, waktu pendinginan terlalu singkat dan temperatur material terlalu rendah. Cacat weld lines ditunjukkan pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.7 Cacat Weld Lines

5. Sink Mark

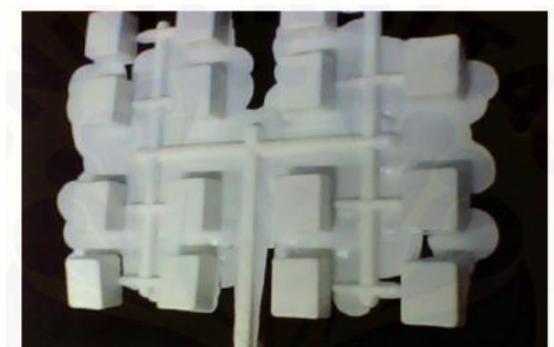
Sink mark merupakan lengkungan yang terjadi pada permukaan luar pada komponen yang dibentuk. Penyebab terjadinya sink mark antara lain perbedaan ketebalan produk, perbedaan temperatur core dan cavity, dan kurangnya kemampuan pendinginan dari mold tersebut. Cacat sink mark ditunjukkan pada gambar 2.6 di bawah ini :



Gambar 2.8 Cacat Sink Mark

6. Cacat Flashing

Cacat flashing adalah jenis minor defect pada material artinya material masih dapat dikatakan bagus dan memenuhi syarat produk tetapi harus dilakukan pembersihan pada produk. Flasing sendiri berarti terdapat material lebih yang ikut membeku di daerah pinggir produk. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.9 Cacat Flasing

7. Black Spot

Black spot merupakan kondisi/keadaan seperti bintik hitam pada produk, hal ini disebabkan kurang bersih ketika pergantian material, material mengalami pemanasan/pengeringan berlebihan, dan pewarnaan tidak stabil.



Gambar 2.10 Black Spot

8. Weld Mark Or Flow Mark

Weld mark ialah keadaan cacat produk berupa terdapat garis di permukaan produk yang disebabkan oleh penginjeksian yang lambat, suhu peleburan rendah, suhu cetakan rendah, permukaan cetakan terkontaminasi minyak, udara tidak keluar dari cetakan dengan lancar.

9. Discolored Molding

Discolored Molding ialah kondisi cacat berupa pelunturan warna pada produk biasanya disebabkan oleh temperatur peleburan terlalu tinggi, proses peleburan material terlalu lama, pencampuran warna tidak stabil

2.9. Penyusutan Shrinkage

Shrinkage adalah penyusutan volume material yang terjadi pada saat keadaan plastik kembali pada suhu normal setelah dipanaskan. Material plastik akan memuai pada saat dipanaskan pada suhu meleleh, akan tetapi pada saat dingin sesuai suhu normal akan menyusut sesuai dengan tingkat penyusutan volume berdasarkan jenis plastik. Material-material termoplast dan termosets tersebut yang dibentuk dengan proses pencetakan, dimana pada proses tersebut

akan terjadi proses perubahan bentuk dan proses penyusutan. Dan semua material plastik akan mengalami proses penyusutan selama proses pendinginan di dalam dan luar cetakan, penyusutan ini akan menyebabkan ukuran-ukuran produk yang dihasilkan mengalami perubahan-perubahan dengan besaran yang sangat variatif, untuk mengantisipasi hal tersebut dapat dilakukan dengan cara menambahkan ukuran yang akan dibuat dicetakan injeksi, namun sebelumnya harus diketahui dulu material plastik yang digunakan dan karakteristiknya, baru dapat ditentukan penambahan ukuran.

Penyusutan material plastik yang terjadi akan saling tarik menarik antara dinding yang satu dengan dinding yang lainnya, antar kontur atau bentuk produk, sehingga banyak faktor yang dapat mempengaruhi proses ini. Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi penyusutan adalah:

1. Material type, jenis material plastik yang digunakan menjadi faktor utama pada saat perancangan cetakan plastik, karena setiap material plastik memiliki penyusutan yang berbeda-beda.
2. Wall Thickness, ketebalan dinding produk semakin besar tingkat penyusutan akan semakin besar pula (sinkmark)
3. Product contour, semakin banyak kontur dapat mengurangi proses penyusutan, karena dapat menahan laju penyusutan produk.
4. Cooling time process, waktu proses pendinginan didalam dan diluar mold.

Cooling channel and circulation, jalur sirkulasi proses media pendinginan, semakin banyak jalur cooling akan mempercepat laju penyusutan.

Plastik merupakan bahan yang tergantung pada perubahan suhu, Penyusutan terjadi akibat perubahan densitas dari temperatur proses ke temperatur ruang.

2.10. Pengendalian Cacat Produk

Mentapkan langkah langkah pengendalian produk cacat seperti pemeriksaan bahan baku dan pemeriksaan selama proses dapat membantu meminimalkan cacat cetakan injeksi dan menghasilkan peningkatan mutu produk, pengurangan tingkat pemborosan biaya pengerjaan kembali untuk memperbaikinya, atau kehilangan produk karena harus dibuang. menggunakan metode Sequential Experimental Designs untuk mengidentifikasi penyebab utama kerusakan suatu produk sehingga dapat dilakukan perbaikan dalam meningkatkan kinerja proses dan kualitas pada produk akhir.

Flashing adalah jenis minor defect pada material, artinya material masih bisa dikatakan ok tetapi harus dilakukan pembersihan pada produk. Flashing sendiri berarti terdapat material lebih yang ikut membeku di pinggir-pinggir produk. Penyebab flashing, kurangnya pressure clamping mold pada mesinnya, Kurangnya kerapatan mold pada pertemuan antara 2 plate dan pada saat injeksi material, Desain produk yang kurang sesuai dengan mold, Viscositas dari material yang kurang. Atau bisa juga dengan mengurangi temperature plastik. Jika masalahnya merujuk pada keausan mold, bisa dilakukan repair pada mold atau diganti dengan yang lebih baik. Jika masalahnya terjadi pada pressure clamping, dapat mensetting ulang preesure clamping sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan mesin ,Mengurangi injection pressure dan injection speed, Turunkan

holding pressure dan temperature silinder Cycle time jangan terlalu panjang, cushion jangan terlalu banyak.

Sink Mark Sink mark merupakan cekungan atau lengkungan yang terjadi pada permukaan luar pada komponen yang dibentuk. Terjadinya perbedaan ketebalan pada permukaan benda juga dapat disebut sebagai sink mark. Sink bisa juga bukan termasuk defect. Tetapi lain lagi bila pengaruh pada penampilan, sink mark dapat diberlakukan pada produk yang memperhatikan kualitas penampilan. Fenomena ini sering menjadi masalah sebagai cacat tetapi masih tergantung pada kualitas produk. Fenomena sink mark tergantung daripada shrinkage daripada plastik sendiri, dalam hal tertentu fenomena ini terjadi selama masa transisi dari kondisi cair pada injector dengan kondisi yang solid pada saat pendinginan.

Penyebab Perbedaan ketebalan produk tetapi bukan dari desain produknya, melainkan temperature core dan cavity, Loading time material terlalu cepat, temperature resin, temperature die, injection speed terlalu tinggi atau rendah, kurangnya kemampuan pendinginan dari die itu sendiri dan peningkatan suhu karena putaran screw terlalu cepat.

Pemecahan masalahnya Menstandarisasi ketebalan material, Men-setting ulang temperature antara core dengan cavity, Mengurangi loading time material sesuai dengan viskositas material yang digunakan, Mereduksi temperature die, temperature resin, dan injection speed, Menggunakan die dengan konduktivitas panas yang lebih baik, Mengurangi putaran screw agar suhunya tidak terlalu tinggi.

Setting garis semburan dipermukaan produk dimulai dari sisi gate point dikarenakan aliran turbulen material. Plastik yang dengan suhu yang relatif rendah diinjeksikan kedalam nozzle selama tahap awal molding, setelah bersentuhan dengan cetakan material ini menjadi sangat kental. Kemudian plastik panas terus diinjeksikan kedalam cetakan, material dengan suhu yang lebih rendah tadi terdorong terus kedalam dan meniggalkan bekas aliran, Penyebabnya Temperatur cetakan terlalu rendah sehingga material yang diinjeksikan menjadi dingin dengan cepat, Ukuran gate yang terlalu kecil sehingga speed material yang diinjeksikan menjadi cukup cepat, Temperatur material yang terlalu rendah dan viskositas material menjadi tinggi akibatnya resistansi terhadap material menjadi besar. Pemecahan masalahnya Kurangi injection speed dan naikkan temperature mold, Tingkatkan compresion screw dan tingkatkan ukuran gate, Jika mungkin pindahkan posisi gate sehingga pada saat material pertama masuk tidak ada rintangan.

2.11. Parameter Proses

Untuk memperoleh benda cetak dengan kualitas hasil yang optimal, perlu mengatur beberapa paramater 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.

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

1. Temperatur leleh (melt temperature)

Melt temperature adalah batas temperatur dimana bahan plastik mulai meleleh kalau diberikan energi panas.

2. Batas tekanan (pressure limit)

Pressure limit adalah batas tekanan udara yang perlu diberikan untuk menekan bahan plastik yang telah dilelehkan. Jika terlalu rendah tekanan, maka bahan plastik kemungkinan tidak akan keluar atau terinjeksi ke dalam cetakan. Akan tetapi jika tekanan udara terlalu tinggi dapat mengakibatkan terseburnya bahan plastik dari dalam cetakan dan hal ini akan berakibat proses produksi menjadi tidak efisien.

3. Waktu tahan

Waktu Tahan adalah waktu yang diukur dari saat temperatur leleh yang diset telah tercapai hingga keseluruhan bahan plastik yang ada dalam tabung pemanas benar-benar telah meleleh semuanya. Hal ini dikarenakan sifat rambatan panas yang memerlukan waktu untuk merambat ke seluruh bagian yang ingin dipanaskan. Dikhawatirkan jika waktu tahan ini terlalu cepat maka sebagian bahan plastik dalam tabung pemanas belum meleleh semuanya, sehingga akan mempersulit jalannya aliran bahan plastik dari dalam nozzle.

4. Waktu Penekanan

Waktu penekanan adalah durasi atau lamanya waktu yang diperlukan untuk memberikan tekanan pada barrel yang mendorong plastik yang telah meleleh.

Pengaturan waktu penekanan bertujuan untuk meyakinkan bahwa bahan plastik telah benar-benar mengisi ke seluruh rongga cetak. Oleh karenanya waktu penekanan ini sangat tergantung dengan besar kecilnya dimensi cetakan (mold). Makin besar ukuran cetakan makin lama waktu penekan yang diperlukan.

5. Temperatur cetakan (mold temperature)

Mold Temperature yaitu temperatur pemanasan awal cetakan sebelum dituangi bahan plastik yang meleleh.

6. Kecepatan injeksi (injection rate)

Injection rate yaitu kecepatan lajunya bahan plastik yang telah meleleh keluar dari nozzle untuk mengisi rongga cetak. Untuk mesin-mesin injeksi tertentu kecepatan ini dapat terukur, tetapi untuk mesin-mesin injeksi sederhana kadang-kadang tidak dilengkapi dengan pengukur kecepatan ini.

2.12. Waktu Proses (Cycle Time)

Waktu siklus (cycle time) adalah waktu yang dibutuhkan oleh suatu mesin untuk membuat suatu produk. Waktu siklus injection molding, terbagi dalam beberapa phase yang saling berhubungan yaitu:

1. Closing the mold

Male mold bergerak maju ke arah female mold (proses menutupnya mold)

2. Injection time

Waktu yang dibutuhkan screw untuk menekan material plastik yang telah dilelehkan masuk kedalam mold cavity. Injection time ini dipengaruhi oleh injection stroke dan injection speed.

3. Cooling time

Waktu yang diperlukan untuk mendinginkan mold dan produk. Pendinginan mold sebenarnya sudah berlangsung terus menerus, karena air sebagai media pendingin selalu bersirkulasi, sehingga waktu pendinginan mold ini hanya berfungsi selama mold sudah terisi material dan diatur bersamaan dengan waktu holding time.

2.13. Material Plastik

Istilah plastik mencakup semua bahan yang mampu dibentuk. Dalam pengertian yang lebih luas, plastik mencakup semua bahan sintetik organik yang berubah menjadi plastis setelah dipanaskan dan mampu dibentuk dibawah pengaruh tekanan. Molekul – molekul yang menyusun plastik adalah rantai karbon panjang yang membuat plastik banyak memiliki sifat – sifat yang baik. Biji plastik dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.11 Biji plastik.

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

1. Bahan Thermoplastik (Thermoplastic)

Adalah polimer yang akan melunak bila dipanaskan dan setelah didinginkan akan dapat mengeras dan menjadi rapuh. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk cetakan yang berbeda sehingga dapat diperoleh produk polimer baru. Polimer termoplastik tidak memiliki sambungan-sambungan antar rantai polimernya, Memiliki struktur molekul linear atau bercabang. Contoh bahan thermoplastik adalah : Polistiren, Polietilen, Polipropilen, Nilon, Plastik fleksiglass dan Teflon.

Polimer termoplastik memiliki sifat-sifat khusus sebagai berikut:

- a. Berat molekul kecil
 - b. Tidak tahan terhadap panas
 - c. Jika dipanaskan akan melunak
 - d. Jika didinginkan akan mengeras
 - e. Fleksibel
 - f. Mudah diregangkan
 - g. Titik leleh rendah
 - h. Dapat dibentuk ulang
2. Bahan Thermoseting (Thermosetting)

Polimer thermosetting adalah polimer network. Mereka menjadi keras secara permanen selama pembentukannya dan tidak melunak ketika dipanaskan. Polimer network mempunyai crosslink kovalen di antara rantai polimer yang berdekatan. Selama pemanasan, ikatan ini mengikat rantai polimer menjadi satu untuk menahan gerakan vibrasi dan rotasi rantai pada temperature tinggi.

Crosslink biasanya dominan, 10 hingga 50% unit pengulangan rantai mengalami crosslink. Hanya karena pemanasan yang berlebih menyebabkan beberapa ikatan crosslink dan polimer itu sendiri mengalami degradasi. Polimer termoset biasanya lebih keras dan kuat daripada termoplastik dan mempunyai stabilitas dimensional yang lebih baik. Kebanyakan polimer crosslink dan network termasuk vulcanized rubbers, epoxies, phenolics dan beberapa resin polyester adalah termosetting. Contoh bahan termosetting adalah: Bakelit, Silikon dan Epoksi. Polimer termosetting adalah polimer network. Mereka menjadi keras secara permanen selama pembentukannya dan tidak melunak ketika dipanaskan.

3. Bahan Elastomer

Polimer Elastomer yaitu bahan yang sangat elastis, Contoh bahan elastis adalah karet sintetis. Polimer memiliki beberapa karakteristik untuk menggambarkan sifat fisik dan sifat kimianya. Sifat-sifat tersebut akan mempengaruhi aplikasi penggunaan polimer tersebut, phenolics dan beberapa resin polyester adalah termosetting. Contoh bahan termosetting adalah: Bakelit, Silikon dan Epoksi, Polimer termosetting adalah polimer network Mereka menjadi keras secara permanen selama pembentukannya dan tidak melunak ketika dipanaskan.