

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Sejarah Perkembangan Plastik

Bahan plastik buatan pertama kali dikembangkan pada abad ke-19, dan saat ini jenis bahan ini telah ada disekitar kita dalam bentuk dan kegunaan yang sangat beragam. *Cellulosa nitrate* merupakan salah satu jenis bahan plastik yang pertama dikembangkan. Bahan ini ditemukan oleh Alexander Parkes dipertengahan abad ke-19 dan pertama kali dipamerkan pada suatu pameran akbar di London tahun 1862 dalam bentuk sol sepatu dan bola billiard. Pada tahun 1869 Jhon Wesley Yatt mengembangkan bahan *cellulose nitrate* ini lebih lanjut menjadi bahan baru yang kemudian diberi nama *celluloid*. Bahan ini menjadi sangat populer digunakan pada produk-produk sisir rambut, kancing pakaian dan gagang pisau.

1.2 Polymeric

Polymeric adalah ikatan unsur kimia dalam keadaan padat. Dalam industri kata *polymeric* dikenal dengan plastik (*plastic*) dan karet (*elastomer*). Plastik dari segi bahasa berasal dari kata sifat artinya dapat dibentuk ; atau deformasi permanen. Plastik adalah bahan sintetis yang dapat diubah bentuknya dan dapat mempertahankan perubahan bentuknya serta dapat dikeraskan, tergantung pada strukturnya. Plastik dapat berdeformasi secara elastis sama seperti logam. Plastik yang lebih lunak maka lebih rendah batas elastisitasnya dan lebih besar presentase perpanjangannya.

Perubahan laju regangan dapat mengubah suatu plastik yang ulet (*ductile*) menjadi plastik yang rapuh (*brittle*). Hal ini disebabkan perpanjangan berkurang, dan disertai dengan peningkatan tegangan tarik. Suatu penurunan temperatur mempunyai pengaruh peningkatan laju regangan. Oleh sebab itu temperatur rendah membuat plastik rapuh bila dipanaskan secara lambat.

Plastik dikelompokkan menjadi dua yaitu :

- Thermoplastik
- Thermosetting
- Elastomer

1.3 Klasifikasi Plastik

Jenis plastik dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai sudut pandang. Secara umum ada tiga cara mengklasifikasi plastik, yaitu berdasarkan kemampuannya untuk dibentuk kembali atau tidak, berdasarkan kinerjanya, dan terakhir berdasarkan sifatnya ketika didaur ulang kembali.

1.3.1 Berdasarkan Kemampuannya Dibentuk Kembali

Jenis plastik berdasarkan bisa atau tidaknya bahan tersebut dibentuk kembali dapat dibagi menjadi dua jenis. Kedua jenis tersebut adalah plastik yang dapat dibentuk atau biasa juga disebut *thermosetting* dan plastik yang tidak bisa dibentuk kembali yang dikenal dengan istilah *thermoplastik*.

1. Thermosetting

merupakan plastik yang apabila sudah dibuat dalam bentuk padatan, maka plastik tersebut tidak bisa dicairkan kembali pada saat dipanaskan. Dengan sifat tersebut maka plastik jenis ini tidak bisa untuk didaur ulang kembali. Contohnya adalah Resin Melamin, Urea-Formaldehida, dan Resin Epoksi.

2. Thermoplastik

merupakan plastik yang dapat mencair jika dipanaskan pada suhu tertentu, sehingga memungkinkan apabila ingin dibentuk sesuai dengan keinginan. Plastik jenis juga sekaligus menjadi jenis yang dapat didaur ulang kembali nantinya. Contohnya adalah Polietilen (PE), Polikarbonat (PC), dan Polistiren (PS) (Rahman, 2010).

1.3.2 Berdasarkan Kinerjanya

Jenis plastik berdasarkan kinerjanya dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu plastik teknik, teknik khusus, dan komoditas. Pengklasifikasian jenis ini juga bisa disebut plastik berdasarkan sifat dan ketahanannya.

1. Plastik teknik atau teknis mempunyai kinerja tahan panas bahkan sanggup bertahan pada suhu di atas 100°C. Jenis ini juga mempunyai sifat mekanik yang bagus, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai komponen otomotif dan elektronik. Contohnya adalah PBT, PC, PA, dan POM.
2. Plastik teknik khusus adalah jenis plastik yang mempunyai ketahanan panas meski berada pada suhu di atas 150°C. Sifat mekanik plastik ini sangat bagus, sehingga dijadikan sebagai komponen untuk membuat pesawat. Contohnya antara lain PSF, PAI, PAR, dan PES.
3. Plastik komoditas merupakan jenis plastik yang tidak tahan panas dan mempunyai sifat mekanik yang tidak begitu baik. Maka dari itu plastik jenis biasanya digunakan untuk membuat produk sehari-hari seperti pembungkus makanan dan barang elektronik. Contoh plastik komoditas yaitu PMMA, PE, PS, ABS, dan SAN.

1.3.3 Berdasarkan Kemampuan Daur Ulang

Plastik juga dapat dikelompokkan berdasarkan kemampuannya untuk didaur ulang. Jenis plastik ini biasanya ditandai dengan kode tertentu yang dibuat oleh *of Plastic American Society Industry*. Kode tersebut berbentuk segitiga panah dan didalamnya ada nomor yang menjadi kode tertentu.

1. PET. *Polyethylene terephthalate* dengan kode PET adalah plastik yang pemakaiannya ditujukan hanya sekali pakai. Contoh plastik jenis ini adalah botol kecap, botol obat, botol air mineral, botol kosmetik, botol jus, dan juga botol minyak goreng.
2. HDPE. *High-Density Polyethylene* berkode HDPE adalah plastik yang aman untuk digunakan, karena mempunyai kemampuan mencegah reaksi kimia. Jenis ini sangat cocok untuk digunakan sebagai botol susu cair, botol kosmetik, botol obat, dan juga jerigen pelumas.

3. PVC. PVC adalah kode dari *Plyvinyl Chloride* adalah plastik yang terbuat dari resin keras dan liat serta mengandung DEHA, sehingga kurang baik digunakan sebagai pembungkus makanan. Contoh penggunaan PVC yaitu pipa air, botol pembersih, taplak meja, mainan, dan botol sambal.
4. LDPE atau *Low-Density Polythylene* merupakan plastik yang dibuat dari minyak bumi serta memiliki resin kuat dan keras. Jenis ini dianggap sebagai yang paling bermutu baik dan aman. Contoh plastik LDPE antara lain botol, tas kresek, pembungkus daging beku, dan juga perangkat komputer.
5. PP atau *Polypropylene* dan kadang juga *Polypropene* adalah plastik yang bersifat keras, lentur, dan tahan terhadap lemak. Jenis ini mudah dibentuk ketika ada pada suhu yang sangat panas. Contohnya barang yang berbahan dasar PP yaitu sedotan, tutup botol, bungkus margarin, tali, dan pot tanaman.
6. PS atau *Plystyrene* juga mudah dibentuk ketika ada dalam suhu panas tinggi dan mempunyai sifat sangat kaku apabila berada dalam suhu ruang. Plastik jenis PS biasanya dibuat menjadi nampan, gelas plastik, *styrofoam*, kotak CD, dan juga mainan anak.
 - Atau *Other* merupakan jenis plastik selain dari jenis-jenis yang telah disebutkan. Jenis ini biasanya dibentuk dengan mencampurkan dua atau lebih jenis plastik lainnya. Adapun contoh penggunaan plastik O yaitu suku cadang mobil, galon air, botol susu bayi, peralatan rumah tangga, sikat gigi, dan lego.

1.4 Bahan Baku Plastik

Secara umum plastik dibentuk dari olahan unsur berupa karbon, hidrogen, oksigen, klorin, nitrogen, dan belerang. Walaupun begitu ketika pertama kali dibuat plastik sebenarnya berbahan baku bahan-bahan alami seperti getah tumbuhan, sekresi serangga, dan tanduk hewan. Lalu seiring berjalannya waktu plastik mulai ditambahkan dengan bahan lainnya.

Plastik yang selanjutnya masuk ke dalam proses pembuatan adalah biji plastik. Biji plastik mempunyai bentuk berupa butiran bening dengan bahan dasar zat kimia yang disebut *Styren Monomer*. Hanya saja biji plastik dari zat tersebut mempunyai harga yang cukup mahal dan harus diimpor dari luar negeri. Oleh sebab itu saat ini sudah banyak biji plastik daur ulang.

1. Minyak Bumi

Minyak bumi mentah yang baru diangkat akan diolah melalui tahap pemurnian dengan gas alam untuk menghasilkan etana dan propana. Kedua zat hasil pemurnian tersebut kemudian dipecah kembali pada tungku panas untuk menghasilkan etilena dan propilena. Selanjutnya kedua zat tersebut dicampur katalis untuk menghasilkan zat mirip tepung.

Zat mirip tepung itulah yang disebut sebagai polimer plastik yang kemudian akan diekstrusi menjadi wujud cair. Setelah berbentuk cair plastik tersebut dibiarkan dingin kemudian dibentuk menjadi pelet kecil. Pelet itulah yang nantinya dijadikan bahan dasar membentuk gigi palsu, botol, dan sisir.

2. Karbondioksida

Penggunaan karbondioksida sebagai bahan baku plastik pertama kali muncul pada tahun 2009 lalu oleh perusahaan Novomer. Di mana minyak bumi dicampur dengan karbon dioksida untuk menghasilkan PPC (*Polypropylene Carbonat*). Inovasi ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan minyak bumi.

3. Tongkol Jagung

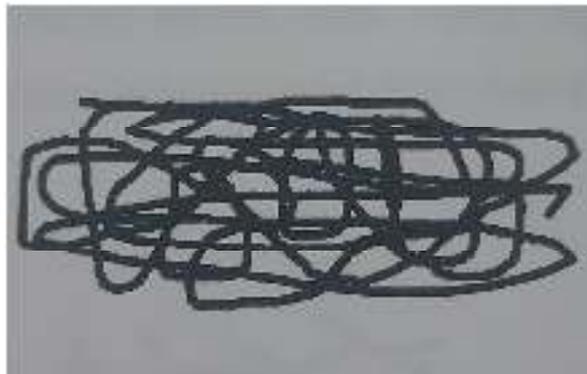
Tongkol jagung mengandung gula karbohidrat yang dapat dijadikan sebagai bahan baku plastik *Polyalide Polymer*. Inovasi ini juga bertujuan untuk menghemat penggunaan minyak bumi. Plastik dari tongkol jagung biasanya akan meleleh pada suhu lebih dari 114°C.

1.5 Jenis – Jenis Plastik

1. Termoplastik

Material ini memiliki susunan molekul makro yang mempunyai benang ruwet dan tanpa ikatan. Molekul-molekul makro bersatu karena adanya gaya yang berasal dari gesekan dan ikatan antara molekul. Plastik semacam ini sangat mudah mengalami deformasi (perubahan bentuk) apabila terkena gaya yang relative kecil karena posisi molekul mudah bergeser. Susunan molekul yang semula seperti benang ruwet apabila terkena gaya akan berubah secara teratur (searah dengan gaya). Pada temperature ruang, gaya lekat antar molekul ini relative besar, artinya termoplastik keras. Dengan naiknya temperratur maka berkuranglah gaya lekat antar molekul, ikatan molekul mengendorkan diri dan plastic menjadi elastis. Apabila dipanaskan lebih lanjut maka molekul-molekul makro akan mudah bergerak, artinya plastic menjadi lunak dan akhirnya mencair.

Pada proses pendinginan, plastic yang mula-mula berada dalam keadaan cair melalui tahap lunak dan elastis kemudian menjadi material keras. Perubahan keadaan ini dapat diulangi tanpa batas. Dapat disimpulkan bahwa termoplastik merupakan jenis plastik yang akan melunak jika dipanaskan dan mengeras apabila didinginkan. Adapun contoh dari bahan termoplastik antara lain *Politielen*, *Polipropilin*, dan *PVC*. Dalam kehidupan sehari0hari kita dapat menjumpai bahan-bahan ini seperti pada botol, peralatan rumah tangga, dan pada pipa.



Gambar 2.1 Susunan Molekul Termoplastik (Rahman, 2010)

Thermoplastik merupakan bahan plastik yang bentuk akhirnya masih bisa di bentuk lagi. Bahan ini mempunyai komposisi yang homogen sebagai

polymer. Thermoplastik terdiri dari rantai ikatan kovalen yang panjang dari molekul monomer. Ikatan molekul yang sederhana adalah ethylene C_2H_4 merupakan ikatan rangkap antara atom karbon dan hidrogen.

Ikatan rangkap tersebut akan menjadi ikatan tunggal bila ada aktivasi dan akan bersifat terbuka yang memungkinkan terbentuknya ikatan kovalen dengan molekul yang lainnya bila itu terjadi pada *ethylene* akan terbentuk "*Polyethylene*". Bahan ini mempunyai berat atom yang tinggi. Yang termasuk thermoplastik adalah:

- Polyetilena
- Polypropelena
- Polyvinilchloride
- Polystyrene
- Polyamida

2. Termoset

Thermo setting adalah bahan plastik yang hasil akhirnya tidak dapat dibentuk lagi baik dengan panas maupun tekanan. Bahan *thermosetting* akan mengeras pada waktu proses berlangsung. Pengerasan ini disebabkan karena struktur kimianya terdiri dari gabungan kimia rangkaian tiga dimensi, rangkaian ini timbul dari reaksi kimia selama proses berlangsung karena proses pemanasan atau proses kimiawi.

Perbedaan antara thermoplastik dengan *thermosetting* adalah dalam hal-hal ketahanannya terhadap suhu dan *thermosetting* tidak dapat dibuat dalam warna terang atau transparan. Bahan *thermosetting* kurang tahan terhadap pukulan karena sifatnya yang agak rapuh.

Plastik ini terdiri dari molekul-molekul makro yang membentuk susunan jala yang rapat. Susunan jala ini terbentuk berdasarkan gaya yang kimiawi. Gaya tersebut apabila mengalami kenaikan temperature maka akan mengecil. Meskipun demikian, pada temperature tertentu susunan jala yang rapat ini akan mengalami kerusakan dan apabila didinginkan tidak akan kembali ketemperatur semula, jala yang telah mengalami kerusakan tidak akan kembali kesusunan atau bentuk semula, Jenis *plastic termoset* akan

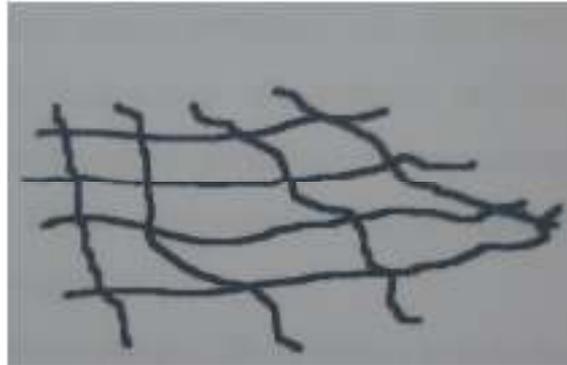
mengeras bila dipanaskan dan tidak dapat didaur ulang (*recycle*). Adapun contoh dari jenis *plastic* ini adalah bakelit, *silicon*, *epoxy*, dll. Bahan-bahan tersebut dapat kita jumpai pada peralatan-peralatan listrik dan mekanik.

Untuk menghasilkan suatu alat maka bahan plastik perlu dicetak. Berikut ini adalah beberapa cara pencetakan yang biasa digunakan, yaitu :

1. Cetakan tekan (*compression moulding*)
2. Cetakan suntik (*injection moulding*)
3. Cetakan dengan pemindahan (*transfer moulding*)
4. Cetakan dengan aliran (*extrusion moulding*)
5. Cetakan dengan tiupan (*blow moulding*)
6. Cetakan hampa udara (*vacum forming*)

3. Elastomer

Jenis plastik ini memiliki sifat seperti karet. Elastomer terdiri dari molekul-molekul makro yang membentuk susunan jala yang renggang. Susunan jala yang renggang ini terbentuk berdasarkan gaya fisik (yaitu gaya gesek dan gaya belitan) dan gaya sambung kimiawi yang terdapat pada ikatan-ikatan antara dua molekul makro. Pada Elastomer memiliki jarak satu dengan yang lainnya yang relative besar bila dibandingkan dengan thermoset. Jenis gaya itulah (fisik dan kimiawi) yang menentukan sifat dari Elastomer, yaitu molekul-molekul yang tersusun ruwet dapat diluruskan dengan sebuah gaya dan apabila gaya tersebut dihilangkan maka susunan molekul makro akan kembali tersusun dengan semula. Sifat elastis seperti karet inilah yang menjadi alasan mengapa jenis plastik ini dinamakan Elastomer (Rahman, 2010).



Gambar 2.2 Susunan Molekul Elastomer (Rahman, 2010)

1.6 Polipropilena (PP)

Polipropilena atau polipropena (PP) adalah sebuah polimer termo-plastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil (contohnya tali, pakaian dalam termal, dan karpet), alat tulis, berbagai tipe wadah terpakaikan ulang serta bagian plastic, perlengkapan laboratorium, pengeras suara, komponen otomotif, dan uang kertas polimer. Polimer adisi yang terbuat dari propilena monomer, permukaannya tidak rata serta memiliki sifat resistan yang tidak biasa terhadap kebanyakan pelarut kimia, basa dan asam. Pengolahan lelehnya polipropilena bisa dicapai melalui ekstrusi dan pencetakan. Metode ekstrusi (peleleran) yang umum menyertakan produksi yang berguna seperti masker muka, penyaring, popok dan lap.

Teknik pembentukan yang paling umum adalah pencetakan suntik, yang digunakan untuk berbagai bagian seperti cangkik, alat pemotong, botol kecil, topi, wadah, perabotan, dan suku cadang otomotif seperti baterai. Teknik pencetakan tiup dan injection-strech blow moulding juga digunakan, yang melibatkan ekstrusi dan pencetakan. Ada banyak penerapan penggunaan akhir untuk PP karena dalam proses pembuatannya bisa di-tailor grade dengan aditif serta sifat molekul yang spesifik. Sebagai missal, berbagai aditif antistatic bisa ditambahkan untuk memperkuat resistensi permukaan PP terhadap debu dan pasir. Kebanyakan Teknik penyelesaian fisik, seperti permesinan, bisa pula digunakan pada PP. Perawatan permukaan bisa diterapkan ke berbagai bagian PP untuk meningkatkan

adhesi (rekatan) cat dan tinta cetak. Polipropilena dapat mengalami degradasi rantai saat terkena radiasi ultraviolet dari sinar matahari. Jadi untuk penggunaan propilena di luar ruangan, bahan aditif yang menyerap ultraviolet harus digunakan, Jelaga (celak) juga menyediakan perlindungan dari serangan UV.

Manfaat dan kegunaan polipropilena dalam kehidupan adalah:

1. Polipropilena dapat dibuat tali, anyaman, karpet/permadani dan film.
2. Polipropilena dapat digunakan untuk pengemasan makanan dan dapat juga digunakan sebagai botol minuman.
3. Polipropilena lebih kuat dari polietilena, sehingga banyak dipakai untuk membuat karung, tali dan sebagainya karena lebih kuat, botol-botol dari polipropilena dapat dibuat lebih tipis dari pada polietilena.
4. Dalam bidang medis Polipropilena digunakan sebagai bahan pembuat benang jahit untuk operasi yang diberi nama Prolene, yang dibuat oleh Ethicon Inc.
5. Polipropilena telah digunakan dalam operasi memperbaiki hernia untuk melindungi tubuh dari hernia baru di lokasi yang sama. Tambalan kecil dari PP yang diletakkan di lokasi hernia, dibawah kulit, tidak menyebabkan rasa sakit dan jarang ditolak oleh tubuh.

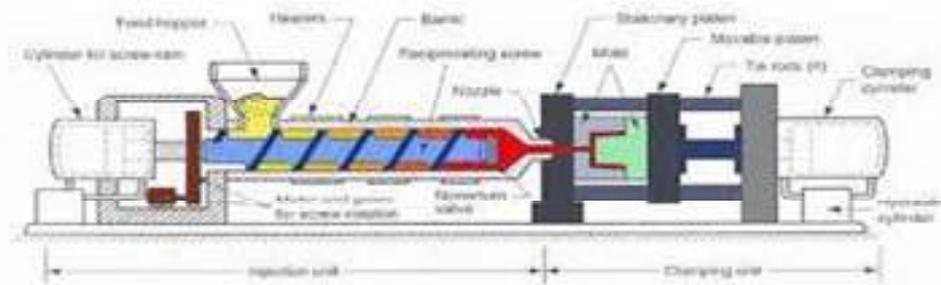
1.7 Plastik Moulding

Secara umum pengertian Plastik *Moulding* adalah proses pembentukan 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 *Mould*. *Mould Plastic* pada komponen material plastik dengan sarana mesin cetak plastik.

1. *Plastic Moulding* dapat dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu:
2. *Injection Moulding* (sistem injeksi)
3. *Extrusion Moulding* (sistem ekstruksi)
4. *Thermoforming* (cetakan tekan)
5. *Transfer Moulding*
6. *Blow Moulding* (cetakan hembus)

1.8 Injection Moulding

Injection Moulding adalah metode pencetakan plastik yang paling banyak digunakan dalam proses produksi plastik saat ini. Pada prinsipnya material plastik dimasukkan dalam tabung pemanas untuk dilelehkan, setelah meleleh plastik tersebut ditekan keluar oleh *screw* atau piston melalui *nozzle* untuk diinjeksikan ke dalam *mould* yang telah tertutup.



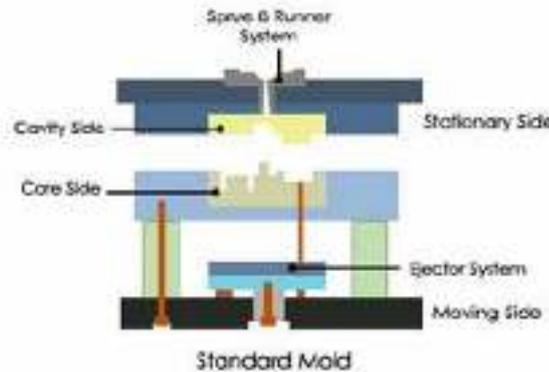
Gambar 2.1 Sistem *Injection Moulding* (Siregar *et al.*, 2018)

Pada dasarnya mesin *injection moulding* terdiri dari beberapa bagian yaitu, *hopper*, *heater*, *nozzle*, *screw*, motor penggerak, dan *mould*. *Hopper* berfungsi sebagai tempat masuknya material plastik ke dalam silinder mesin, *hopper* terletak pada bagian atas suatu mesin. *Heater* berfungsi untuk mencairkan material plastik yang ada dalam silinder dengan bantuan panas, *heater* terletak mengelilingi bagian silinder. *Nozzle* adalah saluran keluar material plastik yang telah mencair menuju cetakan, *Screw* berfungsi untuk memindahkan material plastik dari *hopper* kemudian melewati bagian *heater* dan terakhir mendorong plastik yang telah meleleh keluar melalui *nozzle*, *screw* digerakkan oleh motor bagian terakhir yaitu *mould*, *mould* terpisah dari mesin dan berfungsi sebagai produk.

Material yang sesuai pada metode *injection moulding* adalah *thermoplastic* karena material ini akan melunak karena panas dan mengeras lagi apabila didinginkan, Perubahan yang terjadi hanya bersifat fisik sehingga memungkinkan untuk proses daur ulang, Produk-produk yang dapat dihasilkan melalui proses ini seperti peralatan rumah tangga.

Mould adalah bagian yang sangat penting dalam suatu proses pencetakan, bentuk akhir produk dari suatu proses *injection moulding* sangat bergantung dari

bentuk *mould*, karena setelah masuk kedalam *mould* lalu didinginkan terbentuklah produk sesuai dengan bentuk *mould*.



Gambar 2.2 *Mould Injection Moulding* (Siregar *et al.*, 2018)

Gambar diatas menjelaskan mould yang paling sederhana atau standar mould dari suatu proses injection moulding, terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

1. *Sprue dan runner system*

Bagian ini bergungsi untuk menerima plastik cair dari *nozzle* dan *runner* adalah saluran yang berfungsi untuk menyalurkan plastik kedalam *cavity side*.

2. *Cavity side*

Cavity side berfungsi sebagai salah satu sisi yang membentuk produk. *Cavity side* terletak pada *stationary plate*, yaitu *plate* yang tidak bergerak atau kedudukannya tetap pada saat proses *ejecting plastic*

3. *Core side*

Bagian ini berfungsi sama dengan *cavity side* namun letaknya berlawanan dengan *cavity side*, *core side* terletak pada bagian *moving plate* atau bagian *mould* yang bergerak.

4. *Ejector system*

Setiap jenis *mould* dilengkapi dengan sistem untuk melepas produk, sistem inilah yang dinamakan *ejector system*.

1.9 Pengertian Cetakan

Cetakan adalah suatu benda untuk membentuk benda kerja sesuai yang diinginkan dengan cara penuangan bahan dasar yang telah dicairkan, kemudian didinginkan. Setiap pembentukan suatu benda harus berdasarkan gambar benda yang diinginkan. Sebelum kita melakukan proses penuangan berlangsung harus dibuat cetakan. Dengan demikian cetakan dapat di definisikan suatu alat yang bentuknya menyerupai benda yang dibuat. Cetakan ini terdiri dari cetakan luar dan dalam. Sebelum cetakan ini dibuat kita harus melakukan beberapa tahapan yang harus dilaksanakan seperti mempersiapkan desain cetakan, bahan yang digunakan dan cara pembuatan cetakan tersebut.

1.10 Bahan Cetakan

Dalam cara pembuatan bahan cetakan kita harus membuat pola atau bentuk cetakan tersebut, Pola yang digunakan untuk membuat bahan cetakan di bedakan beberapa macam yakni pola dari logam, pola dari kayu, pola dari plastic.

- a) Pola logam dipergunakan untuk menjaga ketelitian ukuran benda yang dituang, terutama untuk produksi massal. Bahan dari pola logam bermacam-macam sesuai dengan penggunaannya
- b) Pola kayu biasanya dibuat murah dan cepat termasuk dengan pola plastic, factor yang terpenting adalah pertimbangan ekonominya.

Pada pembuatan pola harus diperhatikan hal – hal sebagai berikut:

- a) Untuk mencegah penyerapan dan perubahan bentuk, pola harus disusun dari aneka bagian yang di cetak, disekrup atau di pakukan dengan arah serat hasil cetakan
- b) Untuk memudahkan hasil cetakan.
- c) Bahan cetakan harus dapat bertahan terhadap pengerjaan mengikis dari bahan cair yang akan dituangkan.
- d) Bahan cetakan tidak boleh menyepih atau menjadi retak.
- e) Bahan cetakan harus dapat membuang gas yang terjadi maka dalam penuangan akan timbul gelembung-gelembung gas atau udara.

1.11 Pembuatan Cetakan

Pembuatan alat cetak adalah hal utama untuk menentukan hasil cetakan dengan rancangan yang baik akan menghasilkan yang baik pula. Adapun Langkah pembuatan cetakan ini, yaitu:

- 1) Desain gambar benda cetakan, yaitu membuat gambar mal cetakan yang akan kita bentuk menjadi alat cetakan nanti.
- 2) Menghitung volume cetakan
 - a. Keliling lingkaran

$$V = \pi r^2 t$$
 - b. Volume baut
 - Luas Prisma Segienam

$$= 2 \times \text{Keliling alas} + 6 \times \text{Luas persegi panjang}$$
 - Keliling selimut lingkaran

$$V = \pi r^2 t$$
 - Volume prisma

$$= \text{Luas alas} \times \text{tinggi}$$
- 3) Proses pembubutan, yaitu untuk membentuk benda kerja yang akan dibentuk menjadi alat cetak.
- 4) Penuangan, yaitu memasukan bahan campuran polypropylene kedalam mal cetakan kemudian akan mengeras didalam alat cetakan.
- 5) Pelepasan hasil cetakan, yaitu mengeluarkan bahan cetakan yang telah mengeras dari dalam cetakan tersebut.

1.12 Alat dan Bahan

Berikut alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan kepala palu, yaitu:

1. Mesin *Injection Moulding*.
2. Cetakan kepala palu plastik.
3. Bahan polystyrena.
4. Cutter

KM = keuntungan mekanik

Fb = gaya beban

Fk = gaya kuasa

Lk = lengan kuasa

Lk = lengan beban

1.14 Perpindahan Panas Kalor

Kalor adalah salah satu bentuk energi yang bisa berpindah dari benda dengan suhu yang lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah jika keduanya dipertemukan atau bersentuhan. Dua benda yang memiliki suhu yang berbeda ketika dipertemukan maka akan muncul kalor yang mengalir atau berpindah.

Perlu diketahui bahwa suhu dan kalor itu berbeda. Suhu adalah suatu nilai yang dapat terukur dengan termometr, sedangkan kalor adalah energi yang mengalir pada suhu benda tersebut ke benda lainnya. Menurut SI atau MKS, satuan kalor adalah joule (J) sedangkan menurut CGS satuan kalor adalah erg dan untuk beberapa jenis makanan menggunakan satuan kalori. Dapat dihitung bahwa satu kalori adalah jumlah energi panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 gram air hangat sampai naik menjadi 1 derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$). Jadi dapat dikatakan satu kalori = 4,184 J atau biasa dibulatkan menjadi 4,2 J.

Pengertian kalor juga dapat disebut sebagai energy panas yang dimiliki oleh suatu zat tertentu yang untuk mendeteksinya perlu menggunakan alat pengukur suhu benda tersebut. Grameds bisa perhatikan pada air panas yang dibiarkan diudara terbuka maka lama-kelamaan akan mendingin karena ada kalor yang dilepaskan dari zat air ke udara. Hal yang mampu mempengaruhi kenaikan dan penurunan suhu pada benda adalah jumlah kalor, massa benda dan jenis benda itu sendiri.

Kalor secara alami akan berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah, sehingga bersifat cenderung menyamakan suhu kedua benda jika saling bertemu atau bersentuhan. Jika suhu suatu benda itu tinggi maka kalor yang dikandungnya pun sangat besar. Sebaliknya, jika suhu suatu

benda rendah maka kalornya pun sedikit. Jadi, dapat disimpulkan bahwa besar kecilnya kalor yang ada pada benda atau zat menyesuaikan dengan 3 faktor, yakni massa zat, jenis zat (kalor jenis), dan perubahan suhu.

Kalor kemudian bisa menaikkan atau menurunkan suhu, jadi semakin besar kenaikan suhu, kalor yang diterima pun semakin banyak. Sebaliknya, kenaikan suhu yang kecil akan membuat kalor yang diterima juga sedikit. Itu artinya, hubungan kalor (Q) akan berbanding lurus atau sebanding dengan kenaikan suhu (ΔT), jika massa (m) dan kalor jenis zat (c) suatu benda itu tetap.

1.14.1 Rumus Kalor

Berdasarkan pengertian kalor di atas, berikut ini rangkuman rumus-rumus yang berkaitan dengan materi kalor dalam pelajaran Fisika:

1. Rumus Perpindahan Kalor

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \text{ (J.P. Holman, 1994)}$$

Keterangan :

Q = banyaknya kalor yang diterima atau dilepas oleh suatu zat benda tertentu (J)

m = massa benda yang menerima atau melepas kalor (kg)

c = kalor jenis zat ($J/kg^{\circ}C$)

ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}C$)

2. Rumus Kalor Jenis

$$c = Q / m \cdot \Delta T \text{ (J.P. Holman, 1994)}$$

Keterangan:

c = kalor jenis zat ($J/kg^{\circ}C$)

Q = banyaknya kalor yang dilepas atau diterima oleh suatu benda (Joule)

M = massa benda yang menerima atau melepas kalor (kg)

ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}C$)

3. Rumus Kapasitas Kalor

$$C = Q / \Delta T \text{ (J.P. Holman, 1994)}$$

Keterangan:

C = kapasitas kalor (J/K)

Q = banyaknya kalor (J)

ΔT = perubahan suhu (K)

4. Rumus Kalor Lebur dan Uap

- Kalor lebur

$$Q = m \times L \quad (\text{J.P. Holman, 1994})$$

- Kalor uap

$$Q = m \times U$$

Ketentuan:

L = Kalor lebur zat (Joule/kilogram)

U = Kalor uap zat (Joule/kilogram)

1.15 Mesin-Mesin Yang Dipakai Dalam Pembuatan Cetakan

Mesin memiliki pengertian sebagai mekanik, elektrik, atau sebagainya yang membantu menyelesaikan tugas manusia. Biasanya, benda ini membutuhkan pemicu untuk bisa dipakai menyelesaikan pekerjaan yang sudah ditentukan. Benda ini akan mengirim energi yang sudah diubah menjadi energi keluaran dan bisa dipakai untuk berbagai kebutuhan. Adapun beberapa mesin yang penulis gunakan untuk membuat cetakan kepala palu adalah:

1.15.1 Mesin frais

Mesin *milling* adalah suatu mesin perkakas yang menghasilkan sebuah bidang datar dimana pisau berputar dan benda bergerak melakukan langkah pemakanan. Sedangkan proses *milling* adalah suatu proses permesinan yang pada umumnya menghasilkan bentuk bidang datar karena pergerakan dari meja mesin, dimana proses pengurangan material benda kerja terjadi karena adanya kontak antara alat potong (*cutter*) yang berputar pada poros dengan benda kerja yang tercekam pada meja mesin.



Gambar 2.6 Mesin frais (Siregar *et al.*, 2018)

Pada Tahun 1818 mesin *milling* atau biasa disebut mesin frais, pertama kali ditemukan di New Heaven Connecticut oleh Eli Whitney. Pada tahun 1952 John Parson mengembangkan *milling* dengan kontrol basis angka (*Milling Numeric Control*) dalam perkembangannya mesin frais mengalami berbagai perkembangan baik secara mekanis maupun secara teknologi pengoperasiannya.

Mesin *milling* jika dikolaborasikan dengan suatu alat bantu atau alat potong pembentuk khusus, akan dapat menghasilkan beberapa bentuk yang sesuai dengan tuntutan produksi, misal : Uliran, *Spiral*, Roda gigi, *Cam*, *Drum Scale*, Poros bintang, Poros cacing dan lain-lain.

Perhitungan mesin frais

- Putaran mesin (n):

$$n = \frac{vc.1000}{\pi d} \text{ (Siregar } et al., 2018)$$

- Kecepatan penatalam (S)

$$S = \frac{v.1000}{aXd} \text{ (mm/put) (Siregar } et al., 2018)$$

Dimana:

V = penatalan max mesin (m/min)

a = kedalaman penatalan (mm)

d = diameter Cutter (mm)

V = v X P

1.15.2 Mesin bor

Mesin bor adalah suatu jenis mesin gerakanya memutarakan alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut (pengerjaan pelubangan). Sedangkan Pengeboran adalah operasi menghasilkan lubang berbentuk bulat dalam lembaran kerja dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut BOR.



Gambar 2.7 mesin bor (Siregar *et al.*, 2018)

Perhitungan mesin bor

- Perhitungan putaran mesin bor

$$n = \frac{vc.1000}{\pi d} \text{ (Siregar } et al., 2018)$$

- Perhitungan waktu pengeboran

$$T_m = \frac{L}{S_r \times n} \text{ (menit) (Siregar } et al., 2018)$$

Dimana :

L = panjang pengeboran (mm/rev)

S_r = kecepatan pengeboran (mm/rev)

n = putaran mesin (rpm)

L = 1 + 0,3 d

1.15.3 Mesin Bubut

Mesin bubut adalah alat mesin yang mengeluarkan material yang tidak diinginkan dari benda kerja yang berputar berupa chips dengan bantuan alat yang menembus benda kerja dan dapat digerakkan jauh ke dalam benda kerja. Mesin

bubut adalah salah satu peralatan mesin yang paling serbaguna dan banyak digunakan di seluruh dunia.



Gambar 2.8 mesin bubut (Siregar *et al.*, 2018)

a. Fungsi mesin bubut

- Fungsi utama mesin bubut adalah untuk menghilangkan logam dari suatu pekerjaan untuk memberikan bentuk dan ukuran yang diinginkan.
- Mesin bubut memiliki banyak fungsi dalam berbagai bidang, diantaranya adalah pengerjaan logam, pemintalan logam, thermal spraying, dalam industri otomotif terutama di poros engkol, pembubutan kayu, operasi pembubutan kaca, untuk membentuk ulir sekrup, juga digunakan untuk pemulihan suku cadang, dan banyak lagi.
- Selain itu, mesin bubut banyak digunakan di berbagai bidang industri lainnya seperti industri Tekstil, Pembangkit energi, Pertahanan, Medis, Plastik, Aerospace, Otomotif, dan lain sebagainya.

b. Prinsip kerja mesin bubut

- Mesin bubut bekerja berdasarkan prinsip memutar benda kerja dan alat pemotong tetap. Benda kerja dipegang di antara dua penyangga yang kaku dan kuat yang disebut pusat atau di chuck atau di pelat muka yang berputar.
- Bubut menghilangkan bahan yang tidak diinginkan dari benda kerja yang berputar dalam bentuk serpihan dengan bantuan alat yang melintang di seluruh pekerjaan dan dapat diumpankan jauh ke dalam pekerjaan.

- Operasi pemotongan normal dilakukan dengan pahat potong diumpankan secara paralel atau pada sudut kanan ke sumbu pekerjaan.
- Pahat potong dapat diumpankan pada sudut yang relatif terhadap sumbu kerja untuk kemiringan dan sudut pemesinan.
- Sederhananya prinsip kerja mesin bubut membuang bagian benda kerja untuk mendapatkan bentuk tertentu dimana benda kerja tersebut berputar dengan kecepatan tertentu seiring dengan proses input yang dilakukan oleh suatu alat yang bergerak sejajar sumbu rotasi dari benda kerja.

Perhitungan mesin bubut

- Perhitungan putaran mesin bubut

$$n = \frac{vc.1000}{\pi d} \text{ (Siregar } et al., 2018)$$

- Perhitungan waktu pembubutan

Pembubutan memanjang

$$T_m = L/Sr \times n$$

Pembubutan muka

$$T_m = r/Sr \times n$$

Dimana:

L = panjang pembubutan (mm)

R = jari jari benda yang di bubut (mm)

Sr = kecepatan pemakanan (mm /putaran)

N = putaran mesin (rpm)

1.15.4 Mesin Las

Mesin las listrik adalah suatu alat industrial yang di gunakan oleh professional welder (tukang las) untuk melakukan pengelasan atau penyambungan material industrial yang berbahan besi, tembaga, dan lain sebagainya, di mana mesin las menghasilkan panas yang melelehkan material pengelasan agar dapat di sambungkan. Namun Bagai manapun tidak semua mesin las cocok untuk semua pengerjaan proyek las.

Sedangkan untuk mesin las listrik sendiri adalah penggabungan antara dua buah bahan material menggunakan tenaga listrik, yang mana di sebabkan oleh arus voltage yang tinggi yang menghasilkan sengatan listrik yang kecil (*mini lightning bolt*) antara elektorda pengelasan dan proyek pengelasan.



Gambar 2.9 mesin las (Siregar *et al.*, 2018)

Sengatan listrik tersebut meningkatkan temperature material sampai ke titik leleh dan di lelehkan sebagian pengerjaan material yang ingin disambungkan. Proses pengelasan dengan mesin las listrik dapat di lakukan dengan meggunakan beberapa metode pengelasan, seperti manual, semi-automatic, automatic dan penggabungan antara ke duanya, untuk menjaga konsistensi penyuplaian output listrik yang dikeluarkan mesin las.