

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pembuatan kemasan

Industri plastik membuat berbagai macam produk kemasan dengan cara proses cetak tiup (*Blow Molding*), mulai dari kemasan pelumas mesin, minuman dan sampai makanan yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, dalam perijinannya industri memproduksi dengan kualitas tinggi seperti *PET (Poly Ethylene Terephthalate)* yaitu sejenis polyster atau resin thermoplastic untuk material serat.

Material ini baik untuk proses injection dan blow molding dengan investasi yang rendah, produksi yang singkat serta biaya pemeliharaan yang rendah. berikut gambar produk dari bahan PET seperti pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Produk dari bahan PET

2.2 Material Kemasan

Material kemasan yang dikenal secara luas ada bermacam-macam, ada 3 (tiga) jenis material utama yang biasa digunakan dalam pembuatannya, diantaranya adalah :

a. Kemasan kaca/glass

Pada awalnya kemasan kaca/glass digunakan untuk hiasan dan untuk menyimpan parfum. Dalam perkembangannya jenis ini juga digunakan untuk kemasan obat, parfum, dan minuman. Kemasan ini memiliki

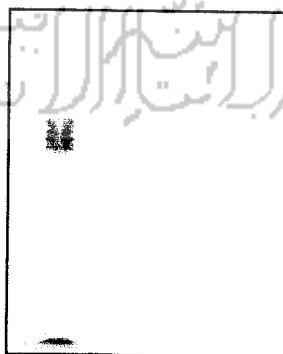
kelemahan mudah pecah jika terbentur benda keras. Kelebihan dari kemasan ini tahan terhadap perubahan temperatur yang tinggi. Seperti terlihat pada gambar 2.2 di bawah ini contoh bentuk produk kemasan kaca/glass.



Gambar 2.2 *Produk kemasan kaca*

b. Kemasan plastik

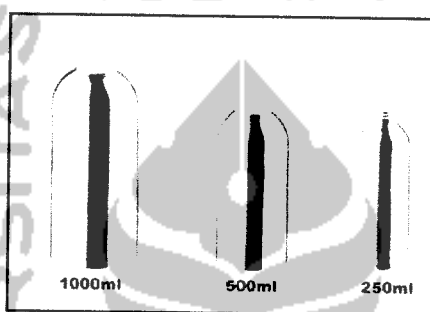
Jenis ini merupakan yang paling banyak ditemui sekarang ini. Karena sifatnya yang elastis, tahan terhadap benturan, tahan terhadap reaksi zat kimia tertentu. Kelemahan dari kemasan ini adalah tidak tahan terhadap panas. Kemasan plastik banyak digunakan sebagai tempat minuman, kemasan oli, obat, dan kemasan minyak goreng. Seperti terlihat pada gambar 2.3 di bawah ini beberapa contoh produk kemasan plastik.



Gambar 2.3 *Produk kemasan plastic*

c. Kemasan aluminium

Untuk jenis ini banyak digunakan untuk kemasan air minum isi ulang dan obat. Material aluminium dipilih karena sifatnya tahan terhadap korosi, awet, dan ulet. Kelebihan kemasan ini adalah tahan terhadap benturan, tahan terhadap perubahan temperatur, dapat menjaga temperatur didalamnya lebih lama. Ada pun kelemahannya adalah harganya yang relatif mahal. Seperti terlihat pada gambar 2.4 di bawah ini contoh produk dari kemasan aluminium.



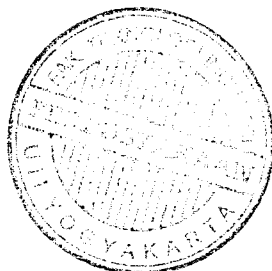
Gambar 2.4 Produk kemasan aluminium

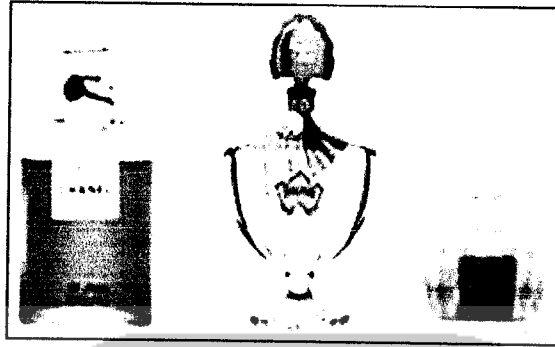
2.3 Bentuk Kemasan

Bentuk kemasan yang dikenal di masyarakat bermacam bentuknya. Kemasan juga harus dapat mempresentasikan isinya. Dari hal tadi membuat desain bentuk kemasan berbeda-beda, secara umum digambarkan sebagai berikut :

a. Desain Eksotis.

Kemasan ini sangat menarik dan memiliki desain yang rumit, juga memiliki relief sehingga kelihatan elegan. Biasanya kemasan jenis ini terbuat dari bahan kaca/glass. Contohnya adalah : kemasan parfum, botol wine dan lain sebagainya. Seperti terlihat pada gambar 2.5 dibawah ini beberapa contoh bentuk kemasan yang eksotis.





Gambar 2.5 *Contoh bentuk kemasan yang eksotis.*

b. Bentuk khas dan dan kuat tahan pecah.

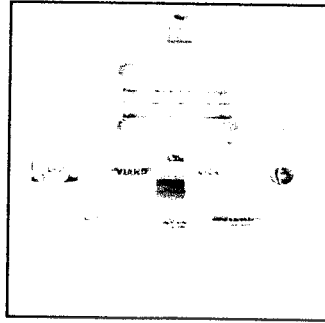
Desain kemasan yang menarik dan mudah dikenali merupakan ciri khas jenis ini. Selain itu juga kuat dan tahan pecah, oleh karena biasanya terbuat dari plastik. Kemasan jenis ini banyak digunakan untuk kemasan oli, minyak goreng dan lain-lain. Seperti terlihat pada gambar 2.6 di bawah ini contoh kemasan dengan bentuk khas dan kuat tahan pecah.



Gambar 2.6 *kemasan dengan bentuk khas, kuat dan tahan pecah.*

c. Desain transparan

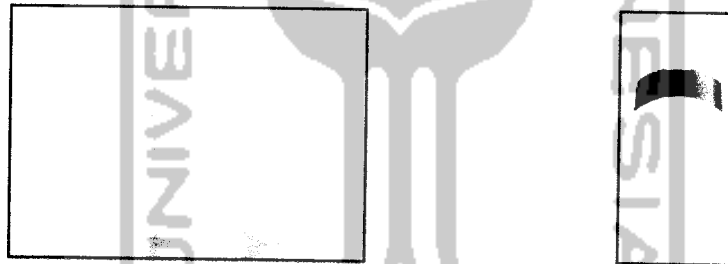
Jenis ini merupakan paling banyak ditemui. Warna kemasan ini umumnya transparan (bening), desain yang cukup baik, dan bentuk yang disesuaikan dengan isinya sehingga orang mudah mengenalinya. Contohnya adalah botol air mineral, kemasan minyak goreng, kemasan kecap dan lain-lain. Seperti terlihat pada gambar 2.7 di bawah ini contoh kemasan transparan.



Gambar 2.7 *Produk kemasan transparan*

d. **Desain khusus**

Didesain untuk memudahkan para tuna netra dalam membedakan isi kemasan tanpa bantuan dari orang lain merupakan ciri khas jenis ini. Sehingga bentuknya bagus, dan juga mudah dipakai. Misalnya bentuk kemasan sabun dan shampo. Seperti terlihat pada gambar 2.8 di bawah ini contoh kemasan dengan bentuk khusus. (<http://www.ebottles.com/>)



a. *Bentuk kemasan sabun*

b. *Bentuk kemasan shampo*

Gambar 2.8 *Perbedaan bentuk kemasan sabun dan shampo*

2.4 *Jig and Fixture*

Jig and Fixture merupakan alat bantu dalam proses manufacturing, untuk menghasilkan produk atau komponen yang seragam dan presisi. *Jig and Fixture* diperlukan untuk memegang dan menempatkan setiap komponen secara khusus.

Jig and Fixture mempunyai arti definisi yang sangat dekat dan kadang membingungkan. Perbedaan yang dapat disimpulkan, *Jig* merupakan alat untuk memegang, mendukung dan menempatkan benda kerja yang akan diproses, dan sekaligus mengarahkan *tools* dan operasinya. Sedangkan *Fixture* tidak mengarahkan *tools*. (Hoffman, 1996).

2.5 Lokator

Lokator berfungsi sebagai pengunci antara dua buah benda atau lebih. Ada 3 tipe bentuk dari lokator, yaitu :

1. *Plane locators*

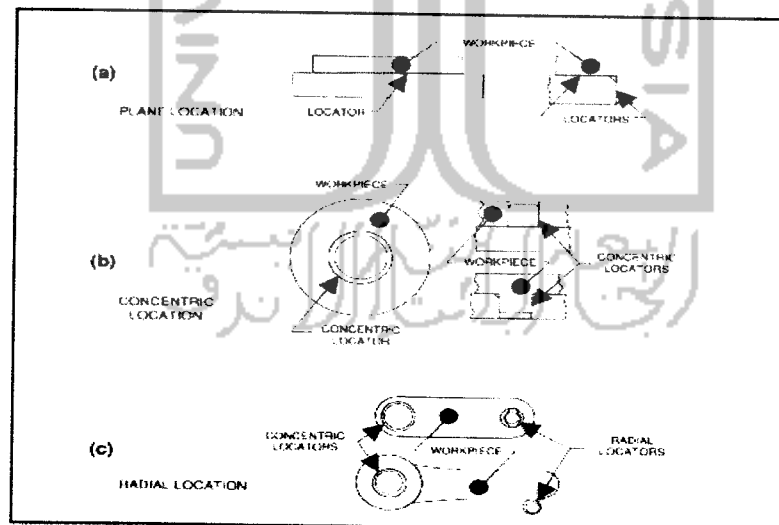
Plane lokator menempatkan benda kerja dari beberapa permukaan. Permukaan mungkin datar, berbentuk kurva atau mempunyai garis yang tidak rata seperti pada gambar 2.9a.

2. *Concentric locators*

Lokator jenis ini digunakan untuk menempatkan sebuah benda kerja dari sumbu tengah. Tipe yang paling umum dari lokator bentuk *cosentric* adalah lokator pin yang terletak pada sebuah lubang rata seperti pada gambar 2.9b.

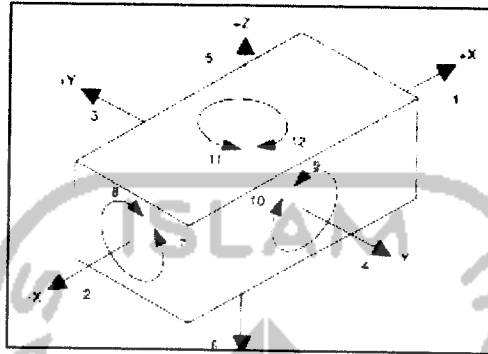
3. *V locators*

Lokator *radial* membatasi perpindahan benda kerja mengelilingi lokator *cosentric* (gambar 2.9c). Pada beberapa kasus, lokator ini dikombinasikan dengan lokator *plane* dan lokator *concentric*



Gambar 2.9 Bentuk dari lokator.(Hoffman. 1996).

Untuk penempatan lokator maka harus dibatasi pergerakannya terhadap 12 derajat kebebasan seperti pada gambar 2.10 , kecuali kebebasan untuk suatu operasi.

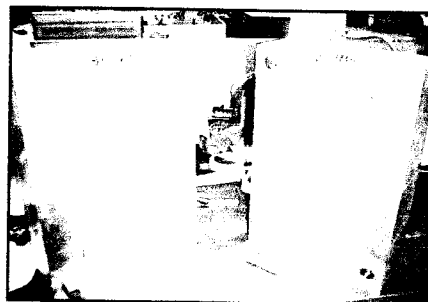


Gambar 2.10 12 derajat kebebasan

2.6 Cetakan

Cetakan ialah suatu benda yang bertujuan untuk membuat produk dengan cara dicetak, agar proses pembuatan produk bisa dipercepat sehingga waktu yang dibutuhkan untuk membuat banyak produk yang sama menjadi sebentar. Disamping itu pula dengan menggunakan cetakan, membuat produk yang sama dengan jumlah yang banyak bentuk dan dimensinya akan sama persis. (Amanto dan Daryanto, 1999).

Ada beberapa macam bentuk cetakan yang digunakan, yang umum dan banyak digunakan ialah cetakan injeksi (*injection mould*), cetakan tiup (*blow mould*) dan cetakan tuang (*casting mould*). Salah satu bentuk dari cetakan dapat dilihat pada gambar 2.11:

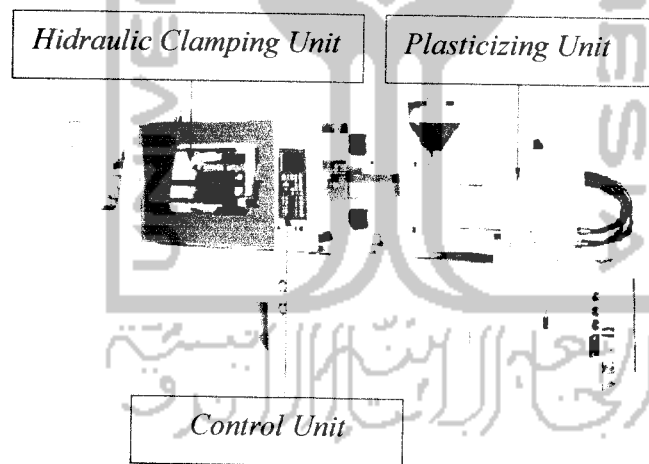


Gambar 2.11 Cetakan kemasan pelumas mesin bensin (www.injectionmolding.com)

2.6.1 Cetakan Injeksi (*Injection Molding*)

Bahan termoplastik yang tadinya berbentuk butiran dicairkan lalu diinjeksikan dalam rongga cetakan dimana bahan membeku. Bahan ini dapat diubah berulang kali dari bahan padat menjadi cairan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan susunan kimia, bahan ini sesuai untuk pemrosesan yang cepat. Kapasitas mesin cetak injeksi tergantung pada besar gaya tekan pada cetakan dan banyaknya bahan yang dapat diolah persiklus.

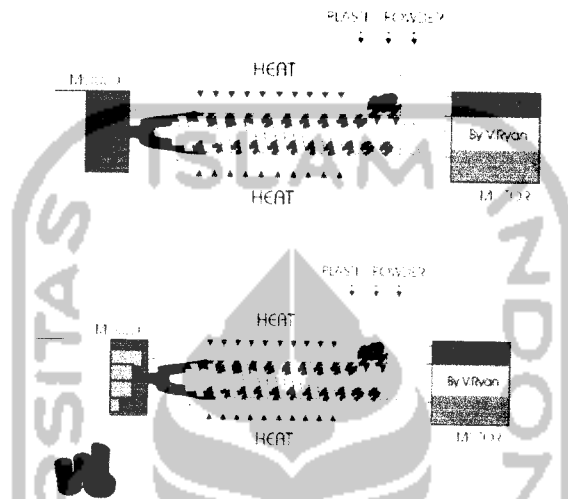
Umumnya mesin cetak injeksi mempunyai gaya tekan yang berkisar antara 0,4 hingga 22 MN, dan jumlah bahan yang dapat dicetak bervariasi antara satu gram sampai 9 kg. Pada gambar 2.12 tampak sebuah mesin tekan hidrolik berkapasitas 22 MN, yang mampu mencetak bahan sebanyak 9kg persiklus. Plastik mengalami praplastisasi dalam mesin hingga 180 kg perjam sebelum diinjeksikan dengan kecepatan $0,01\text{m}^3/\text{detik}$, tutup botol dan tempat sampah dicetak injeksi dalam mesin sejenis ini



Gambar 2.12 Mesin cetak injeksi untuk bahan plastik. (www.technologystudent.com)

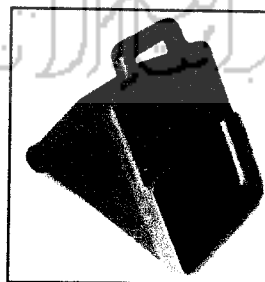
Pada Gambar 2.13. ada skema yang menggambarkan operasi mesin cetak injeksi. Bahan cetak diumpamakan di bawah pengaruh gaya gravitasi dan pengumpan (hopper) melalui alat pengukur, langsung masuk dalam ruang pemanas, dimana bahan mengalami plastisasi. Selanjutnya diinjeksikan ke dalam cetakan tertutup dibawah tekanan yang cukup besar.

Produk cetak akan mengeras dalam rongga cetakan dibawah pengaruh pendinginan air yang bersikulasi melalui saluran-saluran dalam cetakan. Setelah penekanan injeksi, penekan ditarik kembali, cetakan terbuka dan produk dikeluarkan dari cetakan. .(B.H AMSTEAD teknologi mekanik)



Gambar 2.13 Skema mesin cetak injeksi (www.technologystudent.com)

Suhu ruang pemanas diatur antara 120-260 derajat celcius, tergantung pada bahan yang digunakan dan besarnya cetakan. Panas berasal dari beberapa kumparan tegangan listrik. Ruang dan cetakan harus cukup kuat, karena tekanan injeksi cukup tinggi dan dapat mencapai 200 Mpa, contoh produk dari hasil proses ini dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 funnel(corong plastik)

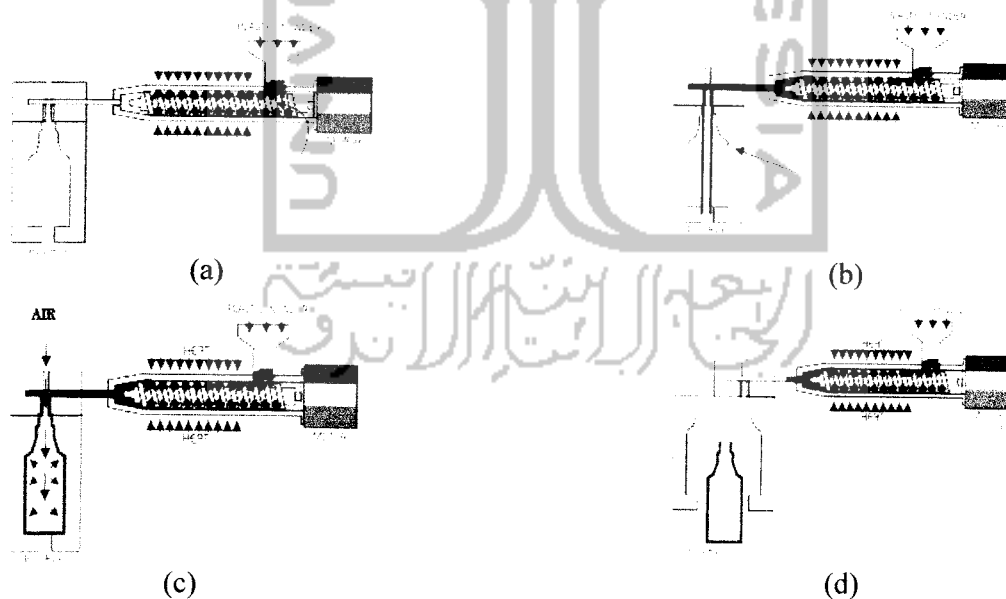
2.6.2 Cetakan Tiup (Blowing)

Cetakan tiup terbagi menjadi dua macam proses : Extrusion Blow Molding dan Stretch Blow Molding

2.6.2.1 Extrusion Blow Molding

Suatu silinder bahan plastik yang disebut *parison* diekstrusi secepat mungkin dan dijepit pada ujung cetakan-belah seperti tampak pada gambar 2.15. Pada waktu cetakan ditutup, parison dipotong dan akibat tekanan udara, bahan tertekan ke permukaan cetakan. Cetakan harus mempunyai saluran udara yang memadai agar permukaan produk mulus. Setelah produk cukup dingin, cetakan dibuka dan produk dikeluarkan.

Tampak sebuah mesin untuk membuat botol secara kontinyu. Suatu pipa yang terbuat dari bahan termoplastik diekstrusi dalam cetakan yang terbuka. Kedua ujung pipa plastik tersebut terjepit dan tertutup ketika cetakan ditutup dan udara tekan dialirkan ke dalam pipa kosong tersebut melalui pipa pusat dalam kepala cetakan.



Gambar 2.15 Skema mesin cetak tiup. (www.technologystudent.com)

Ket:

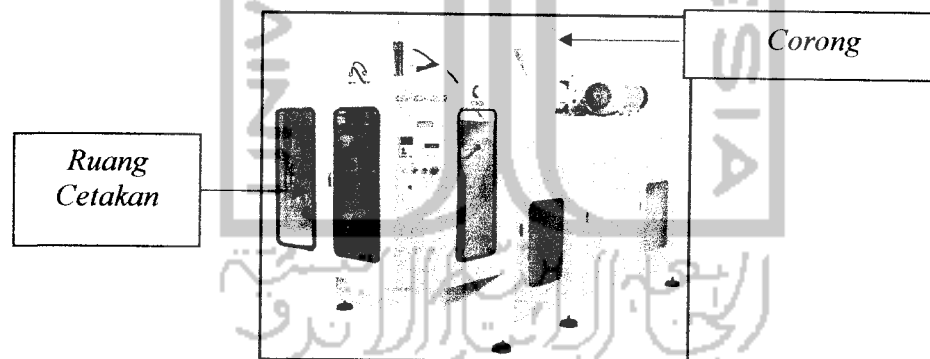
- a) : Biji Plastik dipanaskan untuk membuat parison.
- b) : Parison yang masih panas diekstrusi membentuk pipa.

- c) : Udara tekan dialirkan untuk meniup pipa kedinding cetakan membentuk botol.
- d) : Cetakan Botol di buka dikeluarkan.

Udara tekan mengembangkan plastik sehingga melekat pada dinding cetakan. Setelah didinginkan, plastik masih berada dibawah tekanan, tekanan udara diturunkan dan cetakan dibuka. Botol dikeluarkan dari cetakan dan mesin siap untuk siklus berikutnya, mesin cetak tiup dapat dilihat pada gambar 2.17 dan contoh produk dari proses ini dapat kita lihat pada gambar 2.16. (B.H AMSTEAD teknologi mekanik)



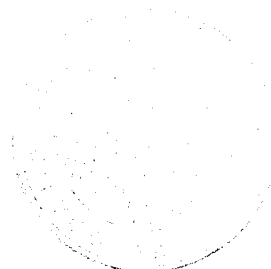
Gambar 2.16 Botol drigen



Gambar 2.17 Mesin cetak tiup (*Extrusion Blow*) (www.technologystudent.com)

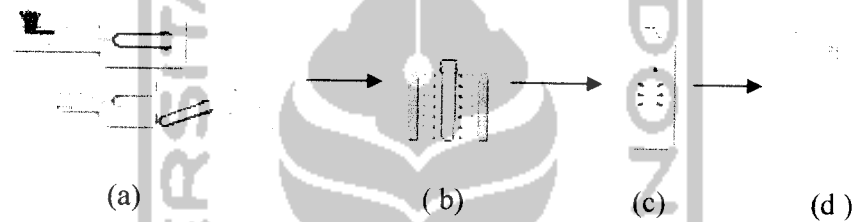
2.6.2.2 *Stretch Blow Molding*

Biji plastik atau pallet yang berasal dari bahan resin thermoplastik biasa juga disebut PET. Pada proses ini dipilih bahan PET karena mempunyai sifat mulur, ulet, disamping itu molekul bersifat mengikat sehingga botol menjadi ringan dan kuat tanpa mengubah penampilan.



Pallet dikeringkan bertujuan untuk menghilangkan kelembaban sebelum diproses, Pallet yang berbentuk bulat kecil dimasukkan ke dalam corong tuang. Ulir diputar lalu membuat bijih plastik bergerak melalui suatu bagian yang dipanaskan. Larutan pallet disuntikan ke rongga cetakan perform lalu didinginkan dengan cepat sehingga terbentuk perform.

Perform yang telah dipanaskan meregang akibat ditiup oleh udara bertekanan tinggi, untuk menguraikan perform ke seluruh dinding cetakan. Peregangan diterapkan dari dua arah pada sudut 90 derajat. isian produk dibuka dan dikeluarkan. Proses dapat dilihat pada gambar 2.18, dan Contoh produk dari proses ini dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.18 Skema Proses Stretch Blow

Ket :

- a) : Biji plastik di injeksi membentuk perform.
- b) : Preform dipanaskan bertujuan agar mudah mengurai saat ditiup.
- c) : Udara Tekan dialirkan untuk meniup perform kedinding cetakan dengan arah 90 derajat.
- d) : Tekanan udara dialirkan ke dalam cetakan, botol di buka dikeluarkan.

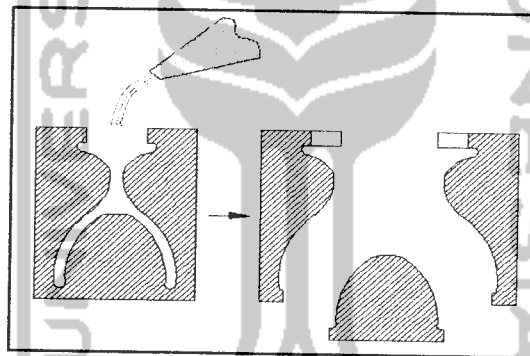


Gambar 2.19 Botol air mineral

2.6.3 Cetakan Tuang

Cetakan tuang banyak digunakan ketika mencetak logam tetapi tidak menutup kemungkinan untuk mencetak dengan bahan yang bukan logam. Jika dilihat dari segi biaya, cara tersebut akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan cara membuat produk satu persatu dengan pemesinan atau secara manual.

Sebelum proses penuangan dilakukan haruslah ada sebuah cetakan. Untuk membuat model sesuai dengan produk yang akan dicetak. Model dan desain dibuat dengan bantuan CAD, setelah gambar jadi maka cetakan diproses pemesinan dan nantinya akan dijadikan sebagai master untuk pencetakan produk. Pembuatan cetakan hanya diperlukan satu saja yang terdiri dari beberapa bagian untuk membuat banyak produk yang sama. (Groover, 1996). Proses cetak tuang dapat dilihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Proses cetakan tuang

2.6.4 Cetakan Kompresi

Proses ini diawali dengan pengukuran jumlah resin thermosetting plastik yang dibutuhkan untuk ditempatkan pada rongga cetakan. Kemudian mold dipanaskan dan dikompresi sehingga cairan resin akan mengisi rongga cetakan dan mengalami proses pengerasan secara kimiawi sehingga bentuknya sesuai dengan mold.

Umumnya proses ini digunakan untuk resin phenolic, resin aldehyde, dan urea. Resin yang digunakan bisa berbentuk powder, granular, serpih, rope, dan rod. Siklus kerja proses ini cukup panjang, sekitar 3-20 menit. Temperatur cetakan

harus dipertahankan sepanjang proses dan range temperatur 250-400 F bergantung jenis materialnya.

Umumnya cetakan terbuat dari baja perkakas dan dipolishing sehingga finishing permukaan sangat baik. Produk yang dihasilkan sistem elektrikalotomotif, gear plastik, panel plastik, dsb.

2.7 Material untuk cetakan

Material yang digunakan adalah aluminium. Selain baik untuk pemesinan aluminium juga baik sebagai cetakan. Aluminium pertama kali ditemukan tahun 1825, berat jenis rendah ($\rho = 2.7 \dots 2.85 \text{ kg/dm}^3$) dan kekuatan yang relatif tinggi dari paduan aluminium adalah faktor-faktor yang menyebabkan penggunaannya untuk motor yang bergerak (mobil) dan alat-alat rumah tangga.

Material cetakan standart biasa menggunakan 45% baja carbon untuk memudahkan saat permesinan, untuk pemenuhan kebutuhan produksi bisa juga menggunakan S 136 yaitu semacam baja tahan karat dengan kekerasan tinggi (HRC-30), dengan demikian cetakan akan lebih awet dalam pemakaian produksi yang lama.

Logam ini di alam terdapat dalam *bouxites* yang berupa oksida lumanium yang tidak murni, selain itu terdapat silika dan oksida besi. Untuk memisahkan Aluminium dari unsur-unsur tersebut, dikembangkan proses reduksi elektrolisa, sehingga dihasilkan Aluminium dengan kadar Al 90%- 98%. Berdasarkan atas jenis dan kegunaanya maka aluminium dapat dibedakan sebagai berikut:

2.7.1 Aluminium murni

Aluminium ini biasanya digiling, diekstruksi atau ditarik digunakan dalam bentuk batang masif, pipa, pelat, pita, kawat (kawat listrik) dan lembaran tipis (untuk pembungkus, kondensator dan isolasi panas). Bila dicor cetak digunakan biasanya untuk rotor sangkar bajing dari motor AC.

Karakteristik : Al dipijarkan sampai plastik lunak (tarik dalam), tetapi kekuatannya sangat bertambah bila dikerjakan dingin. Pada suhu 100°C kekuatan ini menurun drastis, tetapi pada suhu rendah akan naik lagi. Al bersifat non-magnetis, konduktor listrik yang baik (60 % Cu) dan juga konduktor panas (56 %

Cu). Al juga merefleksikan panas dan sinar (isolasi alfol), dapat dilas tetapi sukar disolder (adanya lapisan oksid).

Al tidak korosi seperti besi karena adanya lapisan pelindung dipermukaannya. Al tahan terhadap air murni, asam fosfat encer, asam nitrat konsentrat, dioksida belerang dan senyawa nitrogen lainnya, tetapi tidak tahan terhadap air laut, asam anorganik, soda, mortar dan beton. Pada titik temu dengan logam lain, Al perlu dicat atau diisolasi untuk mencegah terjadinya perusakan elektrolit. Al dapat dilas dengan las busur (oksidasi listrik).

Pengaruh elemen paduan yaitu besi membuat Al keras dan getas; timah hitam membuatnya bergelembung tetapi memudahkan dalam pengerjaan; tembaga meningkatkan kekerasan, magnesium memperbaiki kekuatan dan kemudahan pengerjaan, antimon dan titan ketahanan terhadap air laut dan mangan meningkatkan kekuatan dan anti karat.

Berat jenis Aluminium murni 2643 kg/m^3 sedangkan titik eutektik untuk Aluminium murni 660°C . Kekerasan permukaan Aluminium murni 17 BHN sedangkan kekuatan tarik maksimum adalah $4,9 \text{ kg/mm}$ (George Dietter, 1998).

2.7.2 Paduan Aluminium Tempa

Paduan ini dapat digiling, ditarik, diekstrusi, ditempa dan dilas. Yang terpenting diantaranya: paduan Al-Cu-Mg (Duralumin) yang berkekuatan tinggi, mudah dikerjakan tetapi kurang kuat menahan korosi; kemudian paduan Al-Mg-Si yang sangat tahan korosi dan pengantar listrik yang sangat baik.

Paduan Al-Mg dengan kekuatan tinggi dan tahan korosi terhadap air laut dan alkalis; paduan Al-Mg-Mn juga tahan terhadap air laut, tahan panas dan lebih mudah ditarik dalam (deep drawing), tetapi kekuatannya agak menurun; akhirnya paduan Al-Mn yang sangat tahan korosi dan biasa digunakan diindustri kimia dan industri bahan pangan.

2.7.3 Paduan Cor Aluminium

Paduan ini dipilih berdasarkan sifat penuangan (kemampuan mengisi cetakan dan besarnya penyusutan), terutama bila menyangkut cor cetak gravitasi. Untuk pembebanan mekanis yang sangat besar digunakan paduan yang

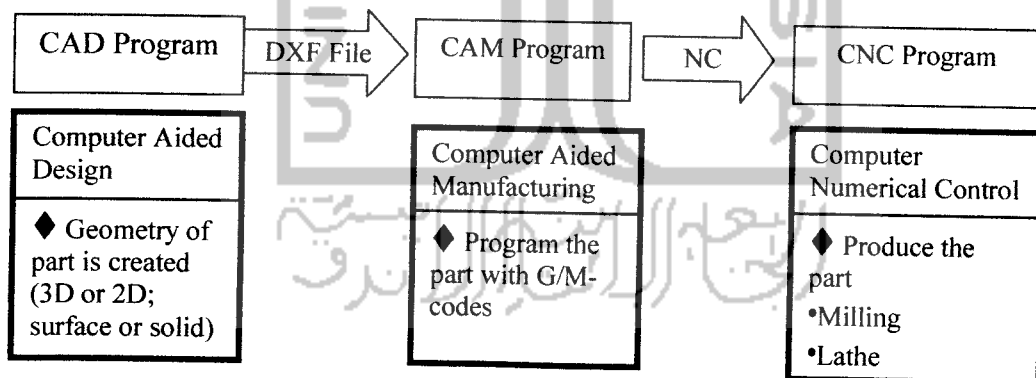
mengandung Si, misalnya silumin (keliatannya tinggi) atau paduan G-Al Si Mg silumin gamma dengan kecenderungan rendah untuk membentuk cekungan.

Paduan Al-Mg sulit dituang, tetapi tahan terhadap korosi (juga tahan terhadap air laut) dan dengan 5... 7% Mg mempunyai daya tahan panas yang baik (misalnya digunakan untuk kop silinder). Cor aluminium digunakan antara lain 30% sebagai cor pasir, 5% cor cetak gravitasi, 15% cor ekstrusi dan 5% cor sentrifugal.

Paduan khusus tanpa standart untuk torak dari motor bakar memiliki koefisien pemuaian yang rendah pada ketahanan panas yang tinggi dan sifat luncur yang baik (misalnya GK-Al Si 12 Cu Ni untuk motor 4 tak). Dengan metoda Al-Fin ada kemungkinan untuk menuang pita baja dan cincin bersama-sama cor aluminium (misalnya untuk tromel rem).

2.8 CAD/CAM

Didalam dunia industri saat ini penggunaan CAD/CAM penting untuk membuat berbagai macam bentuk dari cetakan, skema hubungan antara CAD/CAM dalam proses manufaktur dapat dilihat pada gambar 2.21.



Gambar 2.21 Skema hubungan Antara CAD/CAM.

Dalam pembuatan desain digunakan software *inventor 11*. CAD mempunyai peran penting pada proses pengembangan produk dengan menciptakan, menyajikan, dan memanipulasi model geometris dari suatu objek. Dibandingkan dengan teknik penggambaran tradisional dengan menggunakan pensil dan penggaris, fungsi dan keistimewaan CAD antara lain :

1. Dengan cepat membuat desain yang rumit dari sketsa yang ada.
2. Dapat dengan mudah membuat gambar suatu produk, baik dalam merubah dimensi dan gambar yang diinginkan karena dengan menggunakan CAD tidak perlu menggambar ulang jika terjadi kesalahan dimensi yang diberikan cukup mengedit pada dimensi yang kita inginkan.
3. Dapat mensimulasikan mekanisme produk yang dirancang, sehingga kita dapat mengetahui cara kerja dari produk yang dirancang dengan mudah.

CAM (Computer Aided Manufacturing) merupakan sebuah aktivitas yang menggunakan computer sebagai alat bantu dalam perancangan dan proses pengerjaan dari sebuah produk. CAM dalam aplikasinya digunakan untuk mengetahui proses-proses pengerjaan dari sebuah bahan menjadi benda produk dengan pengerjaan secara otomatis, dalam hal ini dengan menggunakan mesin CNC (Computer Numerical Control).

Dengan menggunakan software-software CAM kita dapat mensimulasikan proses pemakanan benda kerja pada mesin CNC termasuk melakukan pengestrakan kode mesin, dan yang terpenting dapat diketahui estimasi lama waktu pengerjaan benda.

CAD dan CAM mempunyai keterkaitan yang sangat erat. Keterkaitan ini dikarenakan antara software CAD (Software Inventor) dan CAM harus bekerja sama dalam melakukan proses perancangan. Jadi setelah dilakukan pemodelan dalam CAD kemudian dilanjutkan dengan pensimulasian dalam CAM kemudian di dapat data-data mengenai proses-proses pengerjaan benda mulai dari ukuran mata pahat yang digunakan, jenis bahan baku, hingga set kecepatan-kecepatan yang digunakan dalam mesin CNC nantinya.

Aktivitas dari CAD/CAM dapat dimungkinkan karena dalam proses desain menggunakan CAD gambar yang kita buat tersimpan dalam bentuk kumpulan data dengan format tertentu. Data inilah yang nantinya dibaca oleh masing-masing software dan diterjemahkan menjadi gambar sebuah objek.

Kemasan entitas antar software tidak semuanya sama, oleh karena itu dalam melakukan transfer dari satu software ke software lain kadang perlu dilakukan proses konversi untuk menterjemahkan entitas-entitas tersebut. Jadi

dalam proses perancangan antara CAD dan CAM tidak dapat berdiri sendiri dan semuanya harus saling bekerja sama karena masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangannya sendiri.

Dalam CAM biasanya yang dibuat adalah sebuah cetakan karena produk yang dibuat dalam jumlah besar sehingga untuk menekan biaya produksi pembuatan produk dalam part-part yang terpisah dan dengan pengerjaan yang terpisah pula.

Dalam pembuatan cetakan dibedakan dalam 2 bentuk :

1) Cetakan Injeksi

Yaitu tipe cetakan yang cekung kedalam sehingga dalam pembuatannya tinggal menginjeksikan bahan baku ke dalam cetakan tersebut.

2) Cetakan Press

Tipe cetakan yang bentuknya timbul. Dalam proses pembuatan produk cetakan ini digunakan sebagai alat pressing.

2.9 Proses Pemesinan

Untuk mendapatkan bentuk kemasan yang beragam, industri menggunakan mesin bubut, EDM, dan CNC yang merupakan rangkaian proses pengerjaan permesinan yang saling terkait satu sama lain untuk mendapatkan bentuk cetakan yang sempurna. Volume akhir yang pas, parting line yang tipis merupakan tolak ukur keberhasilan dari proses ini.





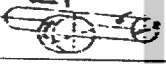


2.9.1 Klasifikasi Proses Pemesinan

Proses pemesinan merupakan pembentukan benda kerja (*work piece*) sesuai dengan bentuk atau ukuran yang diinginkan dengan memotong bagian-bagian tertentu dari benda kerja melalui proses pemesinan. Pemesinan biasanya dilakukan untuk menghasilkan bentuk dengan toleransi dimensi yang tinggi, permukaan yang halus dan geometri yang rumit.

Pada dasarnya pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja waktu pemesinan akan menghasilkan geram dan sementara itu permukaan benda kerja secara bertahap akan terbentuk menjadi komponen yang dikehendaki, menurut

jenis kombinasi dari gerak potong dan gerak makan maka proses pemesinan dikelompokkan menjadi tujuh macam proses yang berlainan, yaitu :

1. Proses Bubut (*turning*)
2. Proses Gurdi (*drilling*)
3. Proses Freis (*milling*)
4. Proses Gerinda rata (*surface grinding*)
5. Proses Gerinda Silindrik (*cylindrical grinding*)
6. Proses Skrap (*shaping*)
7. Proses Gergaji atau Parut (*sawing*)

Jenis proses		Gerak potong	Gerak makan
Bubut		Benda Kerja m/min	Pahat mm/min
Gurdi		Pahat m/min	Pahat mm/min
Freis		Pahat m/min	Benda kerja mm/min
Gerinda rata		Pahat m/s	Benda kerja
Gerinda silindrik		Pahat m/s	Benda kerja 1 & 2
Sekrap meja (a) Sekrap (b)		a benda kerja b pahat m/min	a benda kerja b pahat m/min
Parut dan Gergaji		Pahat m/min	

Gambar 2.22 Proses pemesinan (Sumber : Rochim, 1993)

2.9.2 Parameter Pemesinan


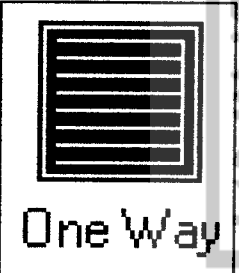

Proses pemesinan merupakan langkah lanjut setelah membuat atau merancang desain. Ada beberapa macam strategi pemesinan dan parameter-parameter pemesinan yang ditentukan, yaitu :

1. Pemilihan jenis pahat disesuaikan dengan benda kerja dan desain yang akan dibuat.
2. Parameter-parameter yang ditentukan :
 - *Step over* : Langkah pemakanan arah sumbu X dan Y dalam mm

- *Step down* : Langkah pemakanan arah sumbu Z dalam mm.
- *Feed rate* : Kecepatan pemakanan arah sumbu X dan Y (mm/s).
- *Plunge rate* : Kecepatan pemakanan arah sumbu Z dalam mm/s.
- *Spindle speed* : Kecepatan putar *spindle* dalam rpm.

3. Beberapa contoh dari strategi pemesinan dapat dilihat pada tabel 2.1 :

Tabel 2.1. Beberapa jenis dari strategi pemesinan :

Jenis strategi pemesinan	Keterangan
 <p data-bbox="411 958 587 1010">Zigzag</p>	<p data-bbox="671 712 1335 842">Strategi ini mendefinisikan arah pemesinan dalam dua arah dengan sudut tertentu. Strategi ini meningkatkan kehalusan tetapi bisa memakan waktu yang lama.</p>
 <p data-bbox="400 1312 598 1364">One Way</p>	<p data-bbox="671 1081 1335 1245">Strategi ini mendefinisikan jalannya pahat bolak balik sepanjang sumbu X dengan sudut tertentu, pada strategi ini waktu yang digunakan cukup lama karena pahat sering terangkat, dan kembali pada arah X dengan sudut tertentu.</p>
 <p data-bbox="389 1641 609 1693">True Spiral</p>	<p data-bbox="671 1417 1335 1559">Strategi ini mendefinisikan dalam arah <i>spiral</i>. Pada saat pahat mencapai sisi pertama <i>relief</i>, pahat akan diangkat dan meneruskan disisi lain <i>relief</i>. Strategi ini memungkinkan pemesinan keseluruhan <i>relief</i>.</p>

Ada tiga langkah pengerjaan yang akan dilakukan pada saat strategi pemesinan yaitu :

1. *3D Area Clearance(roughing)*

3D Area Clearance merupakan proses pemesinan dimana hasil dari proses ini masih kasar atau tidak halus seperti motif yang telah dibuat. Dalam pengerjaan kasar, pahat harus memakan material dalam waktu singkat.

2. *Semi Finishing*

Proses *semi Finishing* ini merupakan proses pemakanan sisa *3D Area Clearance*, proses ini bertujuan untuk menghasilkan bentuk relief tetapi belum sempurna. Dengan menggunakan pahat yang lebih kecil dari pada proses roughing.

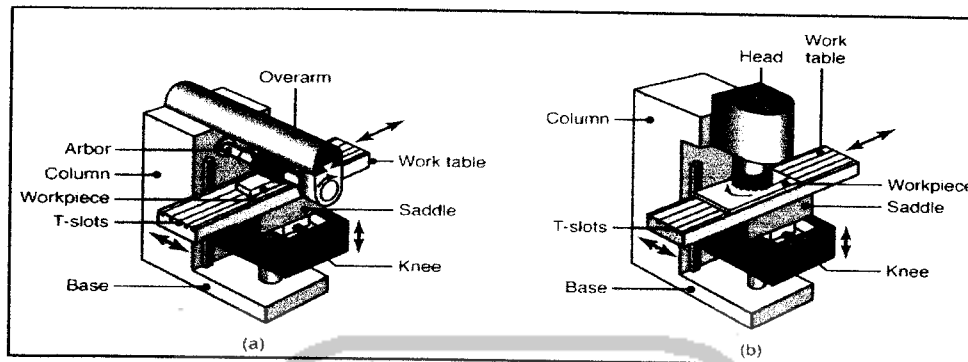
3. *Finishing*

Proses *Finishing* ini merupakan proses pemakanan sisa *semi finishing*, bertujuan untuk menghasilkan bentuk relief yang halus dan sempurna sesuai keinginan. Pada proses ini digunakan pahat yang lebih kecil disesuaikan dengan ukuran relief yang terkecil.

2.9.3 *CNC Milling*

Ada berbagai jenis mesin *CNC*, salah satunya adalah jenis *CNC milling*. *Milling* merupakan sebuah proses pemesinan yang mampu memproduksi berbagai macam konfigurasi yang menggunakan pahat *multitooth*. Mesin *CNC milling* mempunyai dua tipe yaitu mesin *milling* horizontal dan mesin *milling* vertikal. Yang membedakan keduanya adalah letak dari spindelnya.

Skema mesin *milling* horizontal dan vertikal dapat dilihat pada gambar 2.23 di bawah ini.



Gambar 2.23 Skema mesin milling horizontal dan mesin milling vertikal.

(Kalpakjian 2006)

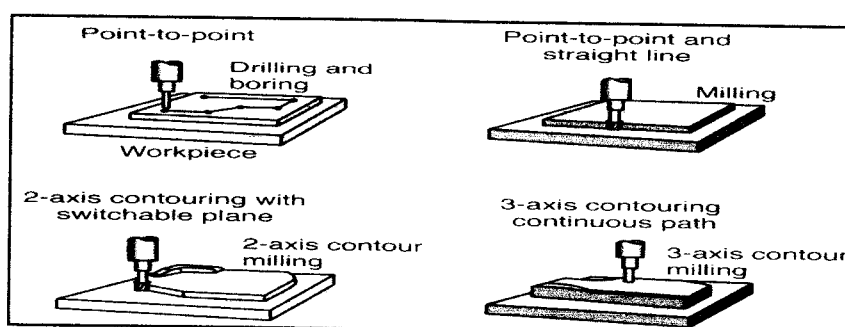
Proses *milling* dipengaruhi oleh beberapa parameter, yaitu :

- Kecepatan potong (*cutting speed*) : v (m/min)
- Kecepatan makan (*Feeding speed*) : V_f (mm/min)
- Kedalaman pemotongan (*depth of cut*) : a (mm)
- Waktu pemotongan (*Cutting time*) : t_c (min)

2.9.4 Kontrol Gerakan Pahat

Pada mesin *CNC Milling* ada beberapa tipe gerakan pahat pada saat melakukan pemakanan pada benda kerja, diantaranya adalah :

- *Point to point*, yaitu pergerakan pahat melakukan proses pemakanan dari satu titik ke titik yang lain.
- *Contouring* atau *Continuous Path*, yaitu pergerakan pahat dalam proses pemakanan dengan alur yang kompleks, seperti kurva, lingkaran, dan lain-lain. (Kalpakjian, 2006)



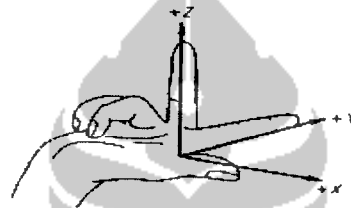
Gambar 2.24 Pergerakan pahat pada mesin CNC Milling. (Kalpakjian, 2006)

2.9.5 Sumbu Mesin

Sumbu adalah garis maya atau gerakan relatif komponen. Ada dua jenis sumbu, yaitu :

- Sumbu Linear : X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R,
- Sumbu Rotasi : A, B, C, D, E, F,

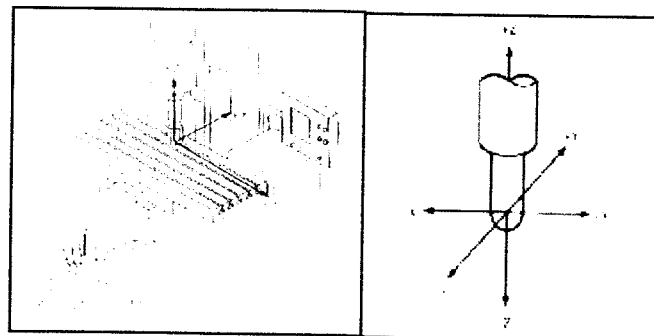
Pada mesin perkakas, gerakan poros-porosnya ortogonal, artinya sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z saling tegak lurus sesuai dengan *right-hand standard cartesian coordinate system*. Seperti pada gambar 2.25 di bawah ini merupakan gambar skema *right-hand standard cartesian coordinate system*. (Krar dan Gill, 1990)



Gambar 2.25 *Right-Hand Standard Cartesian Coordinate System*

Tata nama sumbu mesin milling vertikal :

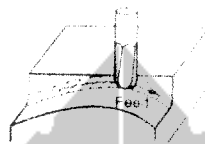
- Sumbu Z : Sejajar sumbu putar spindel
(Z+) : Memperbesar benda kerja.
- Sumbu X : Sejajar arah slot meja.
(X+) : Kearah kanan bila kita menghadap ke mesin.
- Sumbu Y : Tegak lurus arah slot meja.
(Y+) : Kearah depan bila kita menghadap mesin.



Gambar 2.26 *Sumbu koordinat mesin milling vertikal*

2.9.6 Proses Pemesinan *Surface Contouring (Roughing)*

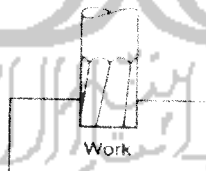
Pada proses ini hasil yang didapat masih kasar, sehingga bentuk relief pada benda kerja akan tampak namun bentuknya belum sempurna. Pemakanan pada proses ini dilakukan secara bertahap sesuai dengan kedalaman dari *stepdown*. Jenis pahat yang dipakai adalah *ball nose* dengan diameter besar. Pahat jenis ini ujungnya berbentuk bulat (*ball nose*). pahat ini dapat dipakai pada saat proses *semi finishing* dengan diameter pahat yang lebih kecil dari pada proses *roughing*.



Gambar 2.27 Proses *Surface Contouring*

2.9.7 Proses Pemesinan *End Milling (Finishing)*

Proses pemesinan pada bagian permukaan benda kerja sesuai bentuk (kontur) atau dimensi dari relief yang diinginkan.. Jenis pahat yang dipakai adalah *end mill* dengan diameter kecil tergantung dari reliefnya. Pahat jenis ini ujungnya berbentuk persegi. Pada proses ini diameter pahat yang digunakan kecil dengan tujuan agar dapat menjangkau semua relief yang telah dibuat.



Gambar 2.28 Proses *End Milling*

2.9.8 Cairan Pendingin (*Coolant*)

Proses pendinginan merupakan salah satu elemen penting dalam proses pemesinan. Penggunaan cairan pendingin mempunyai manfaat antara lain :

- a. Mengurangi friksi/gesekan yang terjadi antara pahat, geram/*chip*, dan benda kerja.
- b. Mengurangi temperatur panas yang terjadi pada pahat dan benda kerja.

- c. Memperpanjang umur pahat.
- d. Membersihkan sisa proses pemesinan (geram).
- e. Melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. (Oswald dan Muñoz, 1997)

2.9.8.1 Jenis Jenis Cairan Pendingin

Beberapa jenis cairan pendingin yang biasa dipakai dalam proses pemesinan, antara lain:

- a. Cairan sintetik
Cairan ini merupakan larutan murni atau larutan permukaan aktif. Larutan murni ini tidak bersifat melumasi, biasanya dipakai untuk menyerap panas yang terjadi pada proses pemesinan.
- b. Cairan emulsi
Cairan ini terbentuk dari air yang mengandung unsur minyak. Cairan digunakan untuk melumasi pahat dan benda kerja juga digunakan untuk mengurangi panas yang terjadi pada proses pemesinan
- c. Cairan semi sintetik
Cairan ini merupakan gabungan dari cairan sintetik dan cairan emulsi.
- d. Minyak (*cutting oils*)
Cairan ini terbuat dari kombinasi mineral minyak bumi dan minyak nabati. (Meyers dan Slattery, 2001)

2.9.8.2 Pemakaian Cairan Pendingin

Cairan pendingin harus dialirkan ke daerah pemakanan dan dijaga alirannya pada proses pemakanan material. Aliran cairan pendingin yang tidak berkesinambungan akan mengakibatkan bidang aktif pahat mengalami beban *thermal* yang berfluktuasi. Contohnya pada material pahat karbida dan keramik, pemuaihan dan pengerutan akibat *thermal* yang terjadi pada mata pahat akan mengakibatkan retak mikro yang dapat mengakibatkan kerusakan fatal pada mata pahat. (Rochim, 1993)

2.10 Proses Pemolesan

Korosi dapat didefinisikan sebagai proses kerusakan logam atau konstruksi karena pengaruh lingkungan. Lingkungan yang dimaksud dapat berupa udara terbuka atau tertutup, air laut, air tawar, tanah ataupun zat-zat kimia seperti banyak ditemui pada pabrik-pabrik petrokimia.

Secara siklik proses korosi dapat dipandang sebagai kembalinya logam ke bentuk semula yang disertai hilangnya sifat-sifat tertentu yang menjadi dasar penggunaannya. Dalam pengolahan logam mulai dari bentuk bijih oksida besi hingga produk jadi, logam mengalami perubahan sifat yang diikuti dengan bertambahnya energi Gibbs.

Proses korosi adalah sesuatu yang alamiah, karenanya tidak mungkin untuk menghentikannya sama sekali, yang dapat dilakukan adalah mengendalikan atau mengurangi laju penjalaran korosinya. (*Jurnal POROS Volume 9 Nomor 2, April 2006*).

Dalam proses poles ini disamping untuk menghindari karat juga menghilangkan sisa geram dari hasil proses permesinan dan menghaluskan permukaan cetakan semaksimal mungkin agar menghasilkan produk yang baik saat dicetak.

2.11 Pengendalian mutu dan Pemeriksaan

Yang dimaksud dengan kualitas atau mutu dapat dilihat dari 2 sisi, yakni sisi sebagai konsumen dan sebagai produsen. Dari sisi seorang konsumen, produk dikatakan bermutu baik adalah produk yang layak dan baik digunakan konsumen, atau dapat dikatakan mutu suatu produk berkaitan dengan enak atau tidak enakya produk itu digunakan, ("*quality of fitness for use*") (Ariani & Dorothe Wahyu, 1999).

Dari sisi produsen, mutu suatu produk adalah keadaan fisik, fungsi, dan sifat suatu produk yang dapat memenuhi selera dan kebutuhan konsumen sesuai dengan nilai uang yang telah dikeluarkan. Dari sisi pandangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa mutu adalah standar untuk menentukan bagus atau tidaknya suatu produk, yang diinginkan berdasarkan keinginan konsumen.

Kualitas dikatakan baik, jika produk tersebut sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Standar tersebut berasal dari permintaan konsumen dan telah disepakati bersama, karena kebutuhan konsumen yang paling diutamakan dan memanfaatkan serta menggunakan produk-produk yang dihasilkan sehingga konsumen merasa puas. Keberhasilan dan kegagalan suatu produk dipasaran ditentukan dari kualitas dari produk tersebut.

Jadi pengertian pengendalian kualitas itu sendiri adalah kegiatan menyeluruh mulai dari pengendalian standar mutu bahan , standar proses produksi, barang setengah jadi , barang jadi, sampai standar pengiriman produk akhir ke konsumen, agar barang yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi mutu yang direncanakan produk. (*Jurnal POROS Volume 9 Nomor 2, April 2006.*)

