

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada proses perancangan sistem kontruksi cetakan pada *stretch blow molding* ini yang akan dibentuk sudah memiliki leher dan ulir. Kontruksi instalasi *stretch blow molding* yang diinginkan adalah cetakan ditempatkan di meja kerja *horizontal* dan *system* kerjanya dapat digerakkan secara *horizontal* menggunakan *system slider* dan setelah menutup rapat akan di kunci menggunakan *clamping system* agar udara dari kompresor yang dialirkan kedalam *bottle preform* tidak keluar dari cetakan tersebut, perancangan ini harus membutuhkan pertimbangan dan perhitungan yang tepat agar hasil produk saat di produksi tidak mengalami kecacatan atau kegagalan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh S.L Belcher (2007) cetakan harus dirancang secara tepat agar produk yang dihasilkan baik, cacat produk biasanya terjadi pada penipisan botol produk setelah ditiup karena perbandingan cetakan dan *bottle preform* tidak sesuai. Cara untuk meminimalkan area peregangan ekstrim penipisan botol produk setelah ditiup yaitu dengan melakukan perhitungan dan pertimbangan yang matang tentang bahan yang digunakan dan dimensi cetakan yang akan digunakan agar produk yang dihasilkan tidak mengalami cacat produk.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Scott Macdonald (2005), Proses manufaktur plastik modern saat ini adalah meniru proses maufaktur yang dilakukan oleh bangsa mesir dahulu. Bangsa Mesir dianggap menggunakan cangkang kura-kura sebagai bahan termoplastik yang sekarang digantikan oleh plastik untuk memproduksi wadah makanan dan minuman, yang memanfaatkan panas konveksi yang dihasilkan oleh air panas yang selanjutnya akan melunak dan dapat dibentuk.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kazmer (1992), proses *stretch blow molding* merupakan suatu metode untuk mencetak produk berongga dari bahan plastik yang sudah di panaskan kemudian diberi tekanan udara dengan cara meniupkan atau menghembuskan udara kedalam bahan (*bottle preform*), yang selanjutnya *bottle preform* akan mengikuti alur cetakan tersebut yang terdiri dari dua belahan cetakan . Bentuk cetakan sangat menentukan hasil dari produk tersebut apakah baik atau tidak.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Herbert Rees (1994). *Blow molding* merupakan proses pembentukan material *thermoplastic* berongga dengan cara injeksi panas yang selanjutnya disalurkan secara otomatis ke dalam cetakan. Setelah itu mesin akan meniupkan udara bertekanan untuk membentuk bahan plastik sesuai profil cetakan.

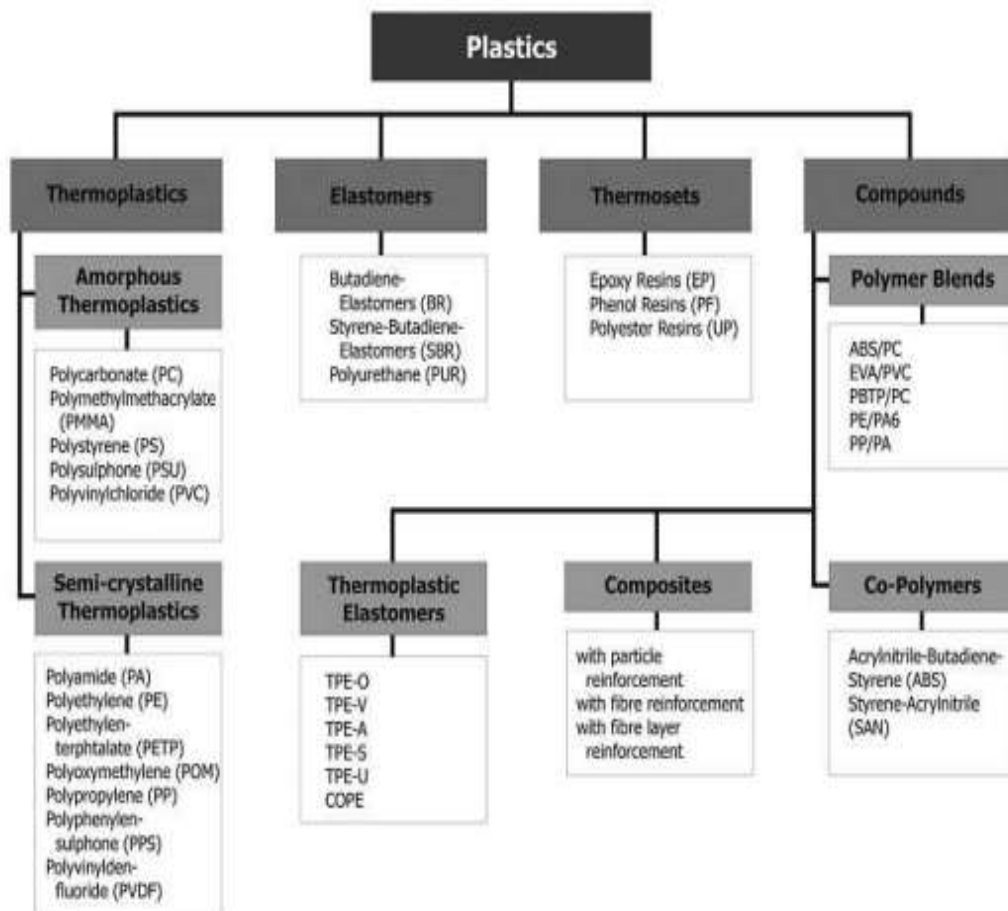
Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ottmar Brandau (2012), Proses *blow molding* saat ini menggunakan bahan (*botol preform*) yang sudah memiliki leher dan ulir. Cetakan yang akan dibuat hanya akan memiliki bentuk tubuh botol dan dasar botol, dalam proses *Reheat stretch blow molding* (RSBM) terdapat dari 3 bagian penting yaitu : *two mold halves* dan *one base insert*.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Norman C. Lee (2000) *Temperature control (conditioning)* adalah bagian penting dari pendesainan cetakan *Temperature control* dibuat oleh saluran yang dibor ke dalam tubuh cetakan untuk sirkulasi dari media pendingin cair. Setiap saluran *Temperature control* diposisikan sepanjang profil *cavity* dengan cara yang memungkinkan suhu divariasikan sepanjang profil pembandingan, sehingga memastikan hembusan seragam dari dinding pembatas.

2.2. Dasar Teori

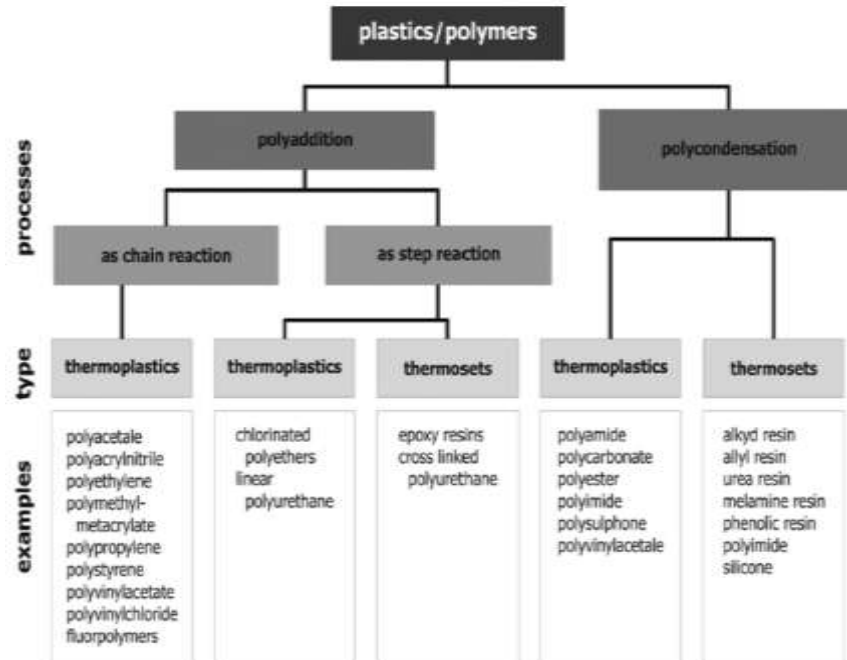
2.2.1 Definisi Plastik

Plastik merupakan jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerasi, proses polimerasi adalah proses penggabungan sejumlah unit – unit molekul berulang yang kecil dan sederhana, ini artinya senyawa polimer terbentuk dari ribuan atau jutaan monomer (*makromolekul*). Dalam pembuatan plastik bahan yang sering digunakan adalah *naphtha*, yaitu sejenis bahan yang dihasilkan dari residu penyulingan minyak bumi dan gas (Kumar, 2011).



Gambar 2.1. Klasifikasi Plastik (Klein, 2011)

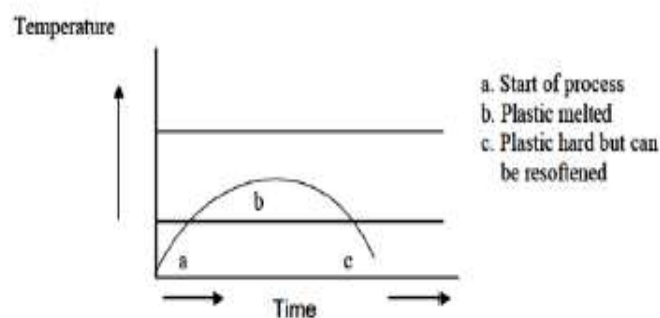
Klasifikasi polimer secara umum digolongkan menjadi 3 macam berdasarkan ketahanan panas (*thermal*), yakni :



Gambar 2.2. Klasifikasi Plastik Berdasarkan Fungsi Pokok (Klein, 2011)

A. Bahan Thermoplastik (*Thermoplastic*),

Yaitu akan melunak bila dipanaskan karena mempunyai sifat yang tidak tahan terhadap panas (*thermal*) dan setelah didinginkan akan dapat mengeras. *Thermoplastic* disebut juga plastik komoditidan yang sering dipakai dalam bentuk barang yang bersifat daur ulang (*disposable*) (Mujiarto ,2005).



Gambar 2.3. Kurva Plastik *thermorplastic* (Domininghaus, 1993)

Thermoplastic memiliki sifat-sifat khusus sebagai berikut :

1. Berat molekul kecil.
2. Tidak tahan terhadap panas.
3. Jika dipanaskan akan melunak.
4. Jika didinginkan akan mengeras.
5. Mudah untuk diregangkan.
6. Fleksibel.
7. Titik leleh rendah.
8. Dapat dibentuk ulang (daur ulang).
9. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.
10. Memiliki struktur molekul linear/bercabang

Contoh produk plastik *thermoplastic* sebagai berikut :

1. Polietilena (PE) memiliki beragam bentuk. HDPE (*high-density polyethylene*) adalah polietilena dengan sifat lebih kuat dan kaku yang banyak digunakan untuk botol plastik dan mainan. LDPE (*low-density polyethylene*) adalah polietilena dengan sifat lebih plastis dan titik leleh lebih rendah dibanding HDPE. LDPE banyak digunakan untuk plastik lembaran, kantong plastik, dan pembungkus kabel.
2. Polivinilklorida (PVC) yang bersifat lunak digunakan untuk selang air, jas hujan, dan insulasi listrik. Sedangkan, PVC yang bersifat kaku digunakan untuk pipa dan pelapis lantai.
3. Polipropena (PP) = karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil, dan permadani.
4. Polistirena = Insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju.

Table 2.1. *Specific gravity material thermoplastic* (Mujiarto, 2005)

<i>Resin</i>	<i>Specific Gravity</i>
PP	0,85 – 0,90
LDPE	0,91 – 0,93
HDPE	0,93 – 0,96
ABS	0,99 – 1,10
Ploistirena	1,05 – 1,08
PVC	1,15 – 1,65
Asetil Selulosa	1,23 – 1,34
Nylon	1,09 – 1,14
Poli Karbonat	1,20
Poli asetat	1,38

Tabel 2.2 *Temperatur leleh material thermoplastic* (Mujiarto, 2005)

<i>Processing Temperature Rate</i>		
Material	°C	°F
ABS	180 – 240	358 – 464
Acetal	185 – 225	365 – 437
Acrylic	180 – 250	356 – 482
Nylon	260 – 290	500 – 554
PC	280 – 310	536 – 590
LDPE	160 – 240	320 – 464
HDPE	200 – 280	392 – 536
PP	200 – 300	392 – 572
PS	180 – 260	356 – 500
PVC	160 – 180	320 – 365

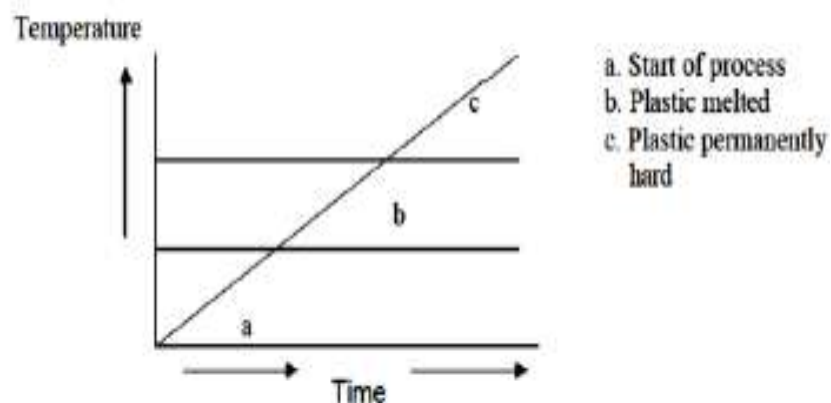
B. Bahan Thermosetting (*Thermosetting*)

Yaitu plastik dalam bentuk cair dan dapat dibentuk sesuai yang diinginkan dan dapat dibentuk ulang dengan cara dipanaskan kembali melalui melalui cetakan yang berbeda-beda serta akan mengeras jika dipanaskan dan tetap tidak dapat dibuat menjadi plastik lagi.

Thermosetting disebut juga plastik teknik, memiliki sifat mekanik yang unggul, dan daya tahan yang lebih baik.

Sifat- sifat polimer *thermosetting* sebagai berikut :

1. Keras dan kaku (tidak fleksibel).
2. Jika dipanaskan akan mengeras.
3. Tidak dapat dibentuk ulang (suka didaur ulang).
4. Tidak dapat larut dalam pelarut apapun.
5. Jika dipanaskan akan meleleh.
6. Tahan terhadap asam basa.
7. Mempunyai ikatan silang antar rantai molekul



Gambar 2.4. Kurva Plastik *thermoset* (Domininghaus, 1993)

C. Bahan *Thermoplastic* elastomer (TPE)

Merupakan campuran beberapa senyawa polimer yang merupakan gabungan dari sifat-sifat termoplastik dengan fungsi elastomer

konvensional. Pada suhu leleh menunjukkan karakter thermoplastic yang memungkinkan untuk didaur ulang menjadi barang jadi, dalam skala suhu selama proses pembuatan memiliki perilaku elastomer tanpa ikat silang. Perkembangan TPE telah mendapat banyak perhatian di bidang pengetahuan maupun teknologi polimer dan telah menjadi salah satu barang penting dan termasuk polimer kelas tinggi dalam perdagangan. Faktor utama penyebab perkembangan pertumbuhan TPE adalah persenyawaannya yang sederhana, pembuatannya cepat, hasil sampingnya mudah disunatkan lagi dan mudah didaur ulang.

Contoh Produk *Thermoplastic* Elastomer yaitu :

Karet tahan panas tinggi seperti EPDM (etylena – propylene – diena – monomer) dan EPM (etylena – propylene – monomer)

2.2.2 Aluminium dan Paduannya (Al- Alloy)

Aluminium adalah logam unsur kimia berlimpah yang secara luas digunakan di seluruh dunia untuk berbagai macam produk. Aluminium merupakan logam yang ringan dengan berat jenis 2.7 gram/cm^3 . Konduktifitas listriknya 60 % lebih dari tembaga dan sangat baik jika dipergunakan untuk peralatan-peralatan penghantar listrik. Selain itu juga Aluminium memiliki sifat penghantar panas yang sangat baik, memiliki sifat pantul sinar yang baik sehingga dapat digunakan juga pada komponen mesin, alat penukar kalor, komponen industri kimia dll.

Ciri – ciri Aluminium :

1. Aluminium merupakan logam yang berwarna perak- putih
2. Aluminium dapat dibentuk sesuai keinginan karena memiliki sifat plastisitas yang cukup tinggi
3. Merupakan unsur metalik yang paling berlimpah dalam kerak bumi setelah silium dan oksigen

Aluminium juga merupakan logam yang reaktif sehingga mudah teroksidasi dengan oksigen dan akan membentuk lapisan aluminium oksida, alumina (Al_2O_3) dan akan membuatnya menjadi tahan korosi yang baik. Namun bila kadar Fe, Cu dan Ni ditambahkan ke Aluminium maka akan menurunkan sifat tahan korosi hal itu dikarenakan kadar aluminanya menurun. Pada penambahan Mg, Mn tidak akan mempengaruhi sifat tahan korosinya.

Aluminium bersifat ulet, mudah di *machining* dan mudah dibentuk menjadi berbagai macam produk dengan kekuatan tarik untuk aluminium murni sekitar $4\sim 5 \text{ kgf/mm}^2$. Bila diproses penguatan regangan seperti dirol dingin kekuatan bisa mencapai $\pm 15 \text{ kgf/mm}^2$.

Tabel 2.3. Sifat fisik aluminium (Majansastra, 2016)

Sifat Fisik Aluminium	
Nama – Nomor Unsur	Aluminium (<i>Al - 13</i>)
Masa Jenis (cair)	2,375 gram / cm^3
Massa Jenis (padat)	2,70 gram / cm^3
Titik Didih	2792 K. 2519°C. 4566°F
Titik Lebur	933,47 K. 660,32°C. 1220,58°F
Kalor Jenis (25°C)	24,2 J/mol K
Konduktivitas Thermal (300K)	237 W/m K
Pemuaian Thermal (25°C)	23,1 $\mu\text{m/m K}$
Resistansi Listrik (20°C)	28,2 n Ω m
Modulus Geser	26 GPa
Yield strength	70 GPa
Poisson Ratio	0,35
Kekerasan Skala Mohs	2,75
Kekerasan Skala Vickers	167 MPa = $1.7034 \times 10^{-8} \text{ kgf/mm}^2$
Kekerasan Skala Brinell	245 MPa = $2.499 \times 10^{-8} \text{ kgf/mm}^2$
1 mPa = $1.02 \times 10^{-10} \text{ kgf/mm}^2$	

Aluminium dapat dipadukan dengan bahan lain, menurut *Standart Aluminium Association* (AA) jenis paduan aluminium dapat dibagi menjadi tujuh jenis, yaitu sebagai berikut (Davis, 1994) :

1. Aluminium murni

Jenis aluminium dengan kadar kemurnian antara 99,0% - 99,9%. Memiliki sifat tahan karat, konduksi thermal dan listrik yang baik. Namun kekuatannya rendah.

2. Aluminium paduan Tembaga (Al – Cu)

Jenis aluminium yang dipadukan dengan tembaga sebesar 4,5%. Bersifat seperti baja lunak dengan kekuatan yang cukup baik, mudah dikerjakan dengan mesin. Namun daya tahan terhadap korosinya rendah. Contoh *duralumin* (2017) dan super *duralumin* (2024).

3. Aluminium paduan Mangan (Al – Mn)

Jenis aluminium paduan yang dalam proses pembuatannya tanpa (tidak dapat) melalui perlakuan panas. Bersifat tahan terhadap korosi dan kekuatan yang baik. Biasa digunakan pada industri bahan kimia dan pangan.

4. Aluminium paduan Silicon (Al – Si)

Jenis aluminium paduan yang dapat diproses dengan perlakuan panas. Paduan yang terkandung adalah 8% - 12% Si. Sehingga memiliki sifat yang baik dalam proses pengecoran dikarenakan pada keadaan cair memiliki sifat mampu alir yang baik sehingga kecil kemungkinan terjadi retakan dan mudah untuk dicetak serta mampu dalam menghadapi korosi. Aluminium paduan silicon sering digunakan sebagai bahan logam las maupun cor tempa.

5. Aluminium paduan Magnesium (AL – Mg)

Jenis aluminium dengan kadar paduan sekitar 4% - 10% magnesium yang mengakibatkan paduan ini memiliki sifat yang sulit untuk diproses dengan perlakuan panas dan lebih sulit untuk dituang tetapi memiliki daya tahan terhadap korosi yang sangat baik. Jenis paduan ini banyak digunakan untuk konstruksi umum, tabung penyimpan gas serta oksigen.

6. Aluminium paduan Magnesium dan Silicon (Al – Mg – Si)

Jenis paduan dengan kadar 7-9% Si dan 0,3-1,7% Mg yang mengakibatkan aluminium memiliki sifat kuat terhadap korosi dan juga sebagai penghantar listrik yang baik. Namun sifat yang kurang baik adalah mudah terjadinya pelunakan di daerah las dikarenakan panas dari proses pengelasan.

7. Aluminium paduan Seng (Al – Zn)

Jenis paduan aluminium yang dapat diproses dengan perlakuan panas. Biasanya paduan ini ditambahkan juga dengan unsur Mg, Cu, dan Cr. Sehingga mengakibatkan kekuatannya bisa lebih dari 50 kg/mm² dan sering dinamakan dengan ultra duralumin. Jenis paduan ini sering digunakan dalam konstruksi las, karena memiliki sifat mampu las dan daya tahan terhadap korosi yang baik.

Tabel 2.4. Klasifikasi Aluminium (Davis, 1994)

Aluminium paduan untuk dimensi	Paduan jenis tidak dapat diproses dengan perlakuan panas (non – heat treatable)	Al murni	Seri 1000
		Al – Mn	Seri 3000
		Al – Si	Seri 4000
		Al – Mg	Seri 5000
	Paduan jenis dapat diproses dengan perlakuan panas (heat treatable)	Al – Cu	Seri 2000
		Al – Mg – Si	Seri 6000
Aluminium paduan untuk coran	Non – heat treatable Alloy	Al – Si	Silumin
		Al – Mg	Hydronarium
	Heat treatable Alloy	Al – Cu	Lautal
		Al – Si – Mg	Silumin, Lo-ex

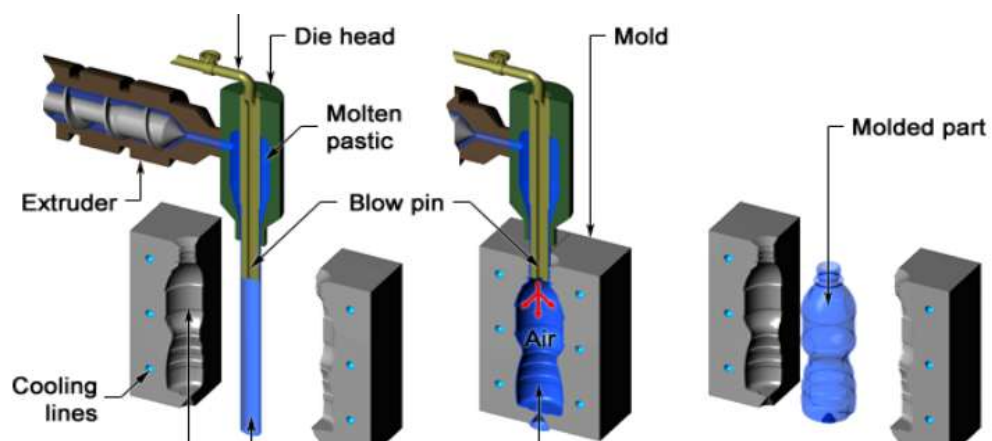
2.2.3 Blow Molding

Blow molding adalah metode pembentukkan benda berongga dari material termoplastik dengan cara meniup *bottle preform* atau parison yang sudah dipanaskan lalu di letakkan didalam cetakan (*mold*) yang tertutup dan bentuk hasil dari produk akan menyesuaikan alur cetakan tersebut, contoh produk yang dihasilkan dari proses blow molding adalah botol yang merupakan aplikasi utamanya.

Ada banyak cara untuk membuat komponen plastik *blow-molded*, berikut tahapan proses *blow molding* :

1. Plasticizing (*melting*) resin
2. Produksi parison (ekstrusi) atau preform (injeksi)
3. Inflasi parison atau preform diikuti oleh pendinginan dalam cetakan
4. Ejeksi bagian dari cetakan
5. Memotong atau menyelesaikan bagian

Tahapan proses *blow molding* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



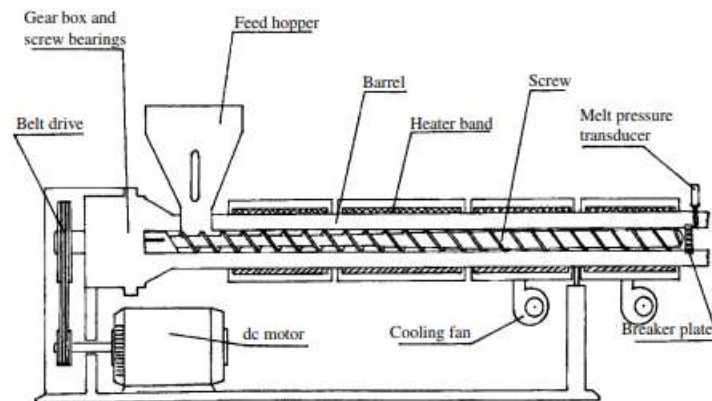
Gambar 2.5. Basic blow molding proses (Norman, 2000)

Sebagai segmen industri, sekitar 80% polyethylene (PE) dan sebagian besar bahan polyethylene terephthalate (PET) yang digunakan untuk botol dan kemasan oleh industri *blow molding*.

Ada beberapa bagian utama yang penting dalam *system blow molding machine* yaitu :

1. The Extruder

Extruder merupakan bagian penting pada *blow molding* yang fungsinya untuk memanaskan atau melelehkan resin yang berasal dari *hopper* yang selanjutnya setelah meleleh di ekstrusikan oleh *extruder* ke *Head* dan *die* unit untuk selanjutnya diproses menjadi parison.



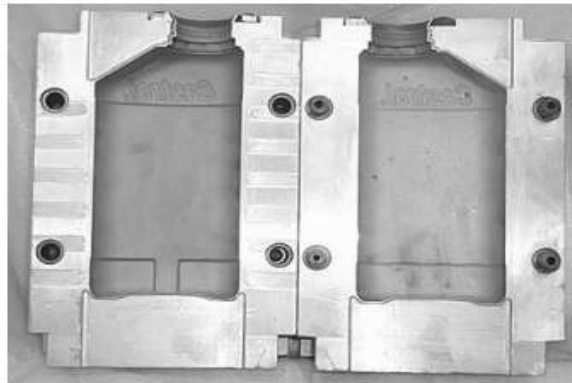
Gambar 2.6. *Extruder* (Norman, 2000)

2. Head dan die unit

Fungsi *Head* dan *die* unit pada *blow molding* adalah untuk mempertahankan lelehan resin pada suhu konstan dan membentuk parison secara konsisten pada tingkat dan ketebalan dinding yang diinginkan. (Catatan: Tingkat dan ketebalan dinding dapat bervariasi karena parison sedang dibentuk.) Dalam kebanyakan *blow molding*, Ada dua jenis parison dies : *center-feed* dan *side-feed*

3. Mold Unit

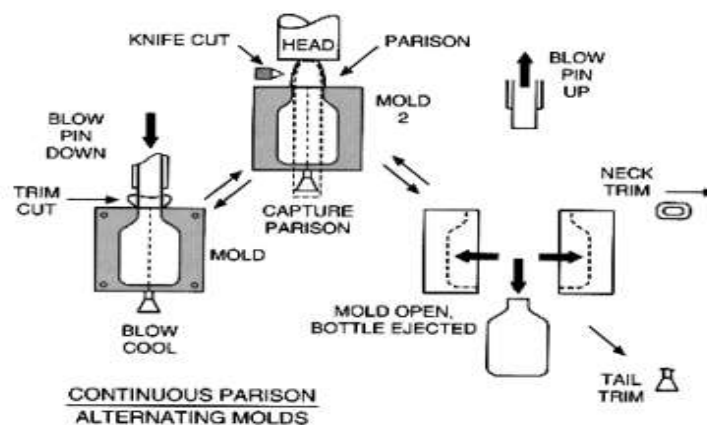
Mold unit merupakan bagian terpenting dalam mesin *injection blow molding* yang fungsinya untuk membentuk material plastik yang sudah dipanaskan untuk selanjutnya dialirkan udara dari kompresor oleh *injection tools* dan kemudian plastik panas tersebut akan mengikuti alur *mold* tersebut .



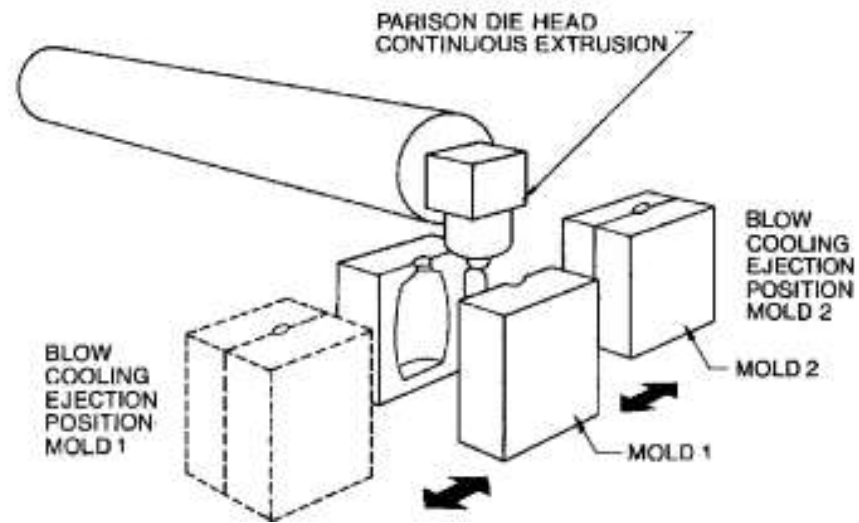
Gambar 2.7 *Mold cavities* Castrol oil (Norman, 2000)

4. *Clamping System*

Clamping system merupakan bagian yang penting dalam *blow molding* yang fungsinya untuk menutup menjepit cetakan dan mengatur pergerakan *mold*. Bahkan pada cetakan besar, kekuatan penjepit yang dibutuhkan untuk memegang cetakan yang ditutup selama proses peniupan akan bergantung pada proyeksi luas permukaan bagian dan tekanan hembusan yang diperlukan. (Menurut Norman C. Lee : 2000) Tipe dari pergerakan *clamping system* pada saat menutup dan menjepit *mold* di bagi menjadi beberapa tipe yaitu diantaranya : *Rising vertical press* Gambar 2.8. dan *sliding horizontal moving press* Gambar 2.9.

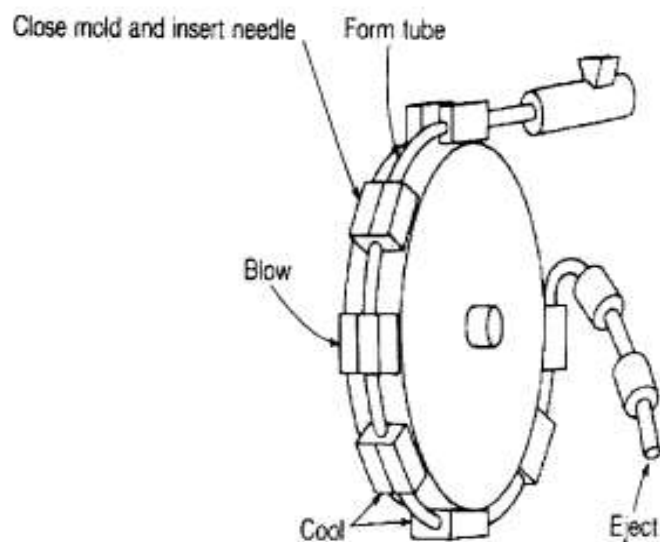


Gambar 2.8. *Rising vertical press* (Norman, 2000)

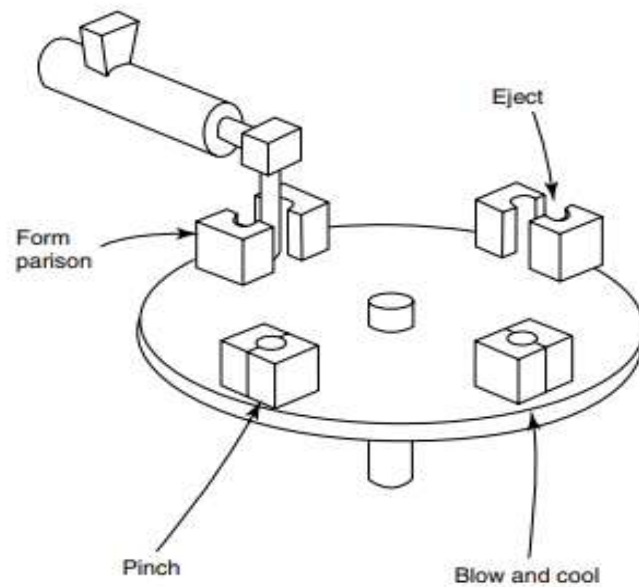


Gambar 2.9. *Sliding horizontal moving press* (Norman, 2000)

Untuk Pergerakan mold saat produksi masal yang sangat tinggi dan komponen jangka panjang disarankan menggunakan tipe pergerakan seperti : *Continous rotary whell* Gambar 2.10. dan *Shuttle rotary whell* Gambar 2.11.

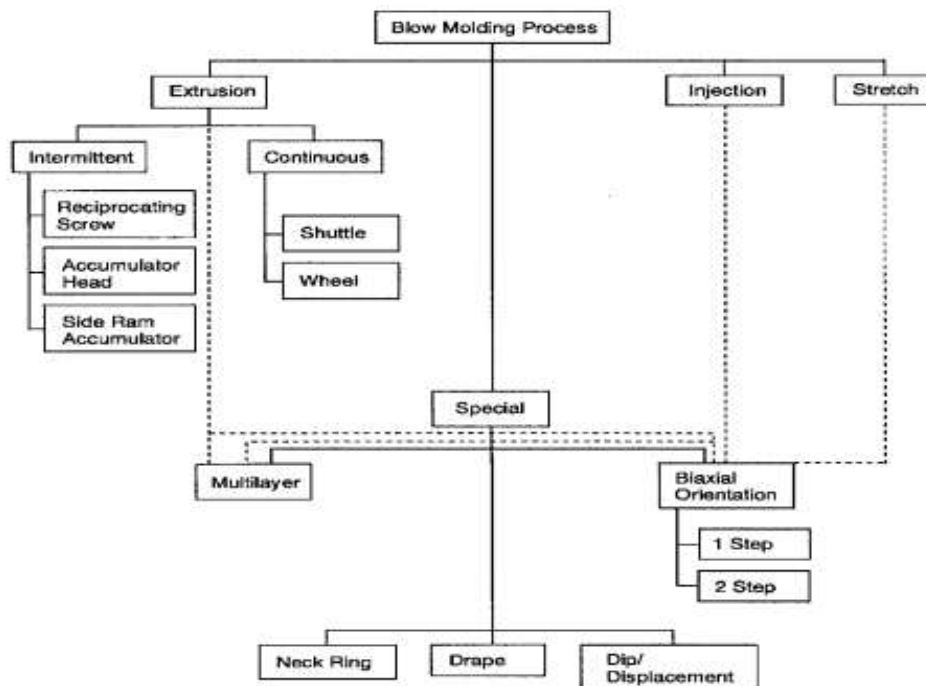


Gambar 2.10. *Continous Rotary whell* (Norman, 2000)



Gambar 2.11. *Shuttle rotary wheel* (Norman, 2000)

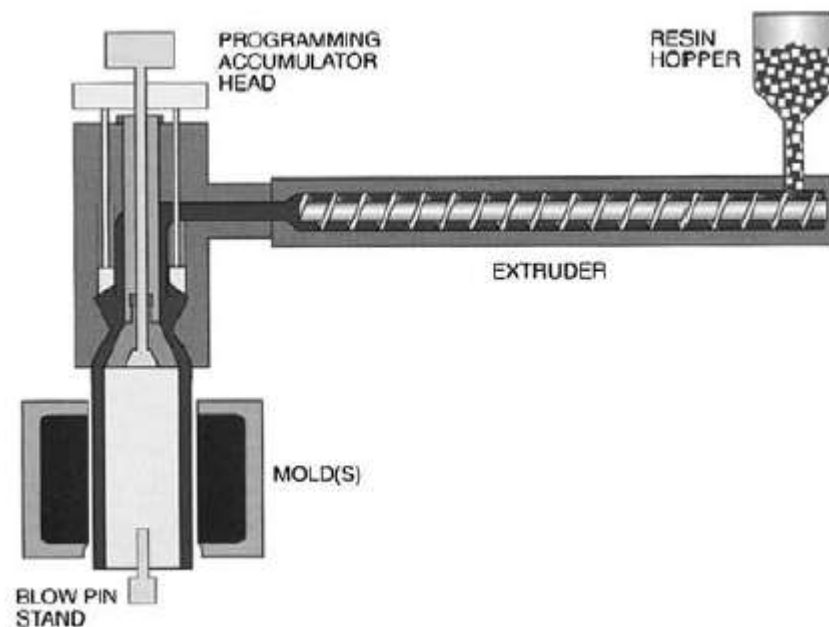
Berdasarkan aplikasinya tipe proses *blow molding* terdiri dari beberapa macam proses diantaranya sebagai berikut :



Gambar 2.12. Tipe proses *blow molding* (Norman, 2000)

2.2.3.1 *Extrusion Blow molding*

Proses *ekstrusion blow molding* adalah proses dimana material thermoplastic yang sudah dilelehkan didalam pemanas (*heater*) akan dikeluarkan ke dalam bentuk seperti pipa berongga yang disebut parison. Proses selanjutnya parison akan dimasukkan kedalam cetakan (*mold*), kemudian setelah parison dimasukkan kedalam cetakan lalu didorong oleh *screw* menuju *die head* untuk menghasilkan bentuk seperti pipa, yang kemudian ditangkap oleh cetakan dan dilakukan proses peniupan udara bertekan dari aliran kompresor sehingga parison membentuk sesuai cetakan.



Gambar 2.13. Proses *Extrusion Blow Molding* (Belcher ,2007)

Kelebihan dari proses *extrusion blow molding* ini adalah pembentukan roga yang natural, sesuai untuk kemasan dengan volume yang besar. Namun proses ini memiliki kekurangan diantaranya sulit mengatur ketebalan dinding produk, dan sulit mengontrol permukaan serta memiliki toleransi dimensi yang lebih besar (Norman, 2000).

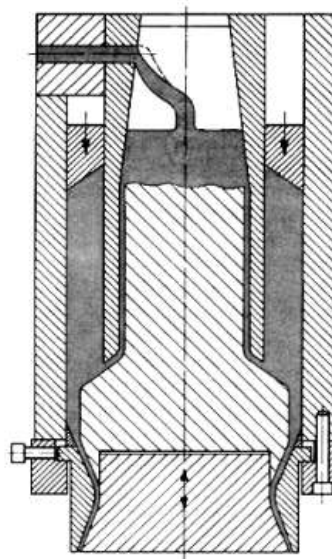
Seiring perkembangan zaman dan kemajuan teknologi metode proses *extrusion blow molding* dibagi menjadi 2 tipe yaitu : *Continuous Blow Molding* dan *Intermittent (Accumulator) method*.

a. *Continuous Blow Molding method*

Dalam metode *Continuous blow molding*, parison diekstrusi terus menerus dari *head or die* unit. Kemudian parison hasil dari ekstrusi dicekam oleh cetakan lalu dicubit oleh penjepit dan dipotong dibagian atas cetakan. Setelah dicubit selanjutnya parison tersebut akan ditiup melalui lubang dari sisi atas cetakan lalu parison akan mengikuti alur dari cetakan.

b. *Intermittent (Accumulator) method*

Dalam metode *Intermittent (Accumulator)* ini *extruder* akan berjalan terus menerus di dalam sebuah ruangan yang disebut akumulator, Selanjutnya Akumulator akan mengumpulkan dan menyimpan (mengakumulasi) volume besar dari lelehan plastik tersebut. Setelah lelehan plastik terakumulasi selanjutnya akan di keluarkan dari akumulator dan terbentuk kedalam bentuk *parison tube*, kemudian *parison tube* akan dimasukkan kedalam cetakan dan akan ditiup.

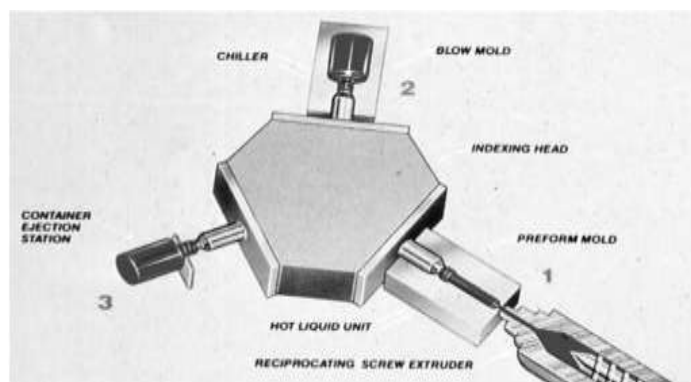


Gambar 2.14. Tipe akumulator (Norman, 2000)

Metode intermiten atau akumulator banyak digunakan untuk membuat industri besar bagian, mulai dari wadah sampah kota hingga rumah *blower* daun. Manfaat dari metode intermiten atau akumulator ini adalah memungkinkan tingkat pengiriman plastik panas dari kepala mati untuk menjadi independen dari tingkat pengiriman *extruder*. Ekstrusi resin ke ruang akumulator relatif lambat dibandingkan dengan tingkat ekstrusi parison oleh ram. Kapasitas akumulator menentukan ukuran maksimal bagian besar yang ditiupkan. Akumulator besar bisa menampung cukup plastik cair sekitar 150-lb (68-kg).

2.2.3.2. Injection blow molding

Pada proses *injection blow molding* ini biasanya diaplikasikan kedalam bentuk botol-botol yang ukurannya relatif kecil yang memiliki toleransi botol dan ulir yang sangat tinggi. Proses pertama *injection blow molding* diawali dengan proses penginjekan material *thermoplastic* yang sudah dilelehkan didalam pemanas lalu dimasukkan kedalam *cavity* yang mengelilingi batang *core* untuk membentuk parison setengah jadi. Proses selanjutnya cetakan lain menutup parison tersebut lalu akan di injeksikan udara dari kompresor sehingga *preform* tersebut akan mengikuti alur dari cetakan yang sudah kita tentukan, tahap selanjutnya adalah *ejection* yaitu setelah parison terbentuk mengikuti alur di dalam cetakan kemudian dapat dikeluarkan dari cetakan tersebut (Krismasurya, 2015). proses *injection blow molding* dapat dilihat pada Gambar 2.16.

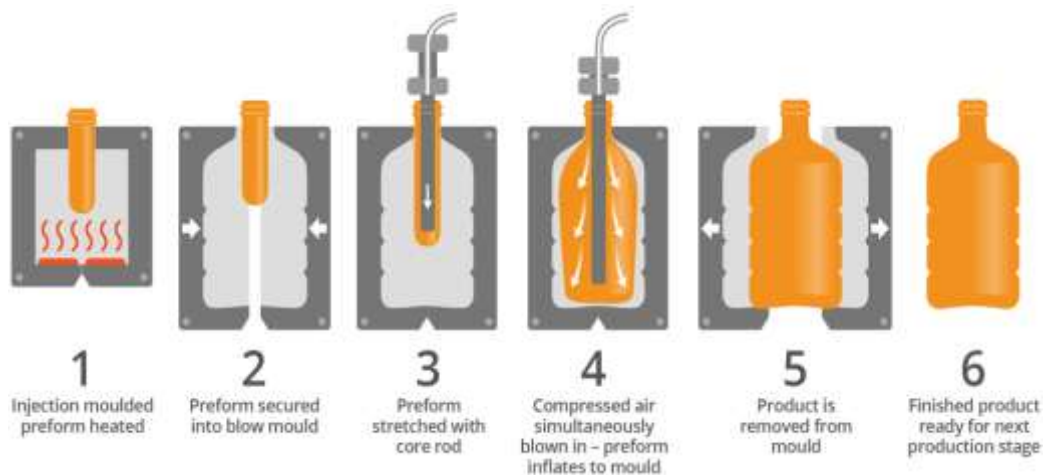


Gambar 2.15. Proses *injection blow molding* (Belcher ,2007)

Menurut (Norman C.Lee, 2000) proses *injection blow molding* memiliki kekurangan yaitu tidak bisa mengendalikan kerugian pada bagian leher dan ulir serta membutuhkan biaya yang lebih mahal jika dibandingkan dengan metode *blow molding* lainnya.,

2.2.3.3. *Stretch Blow molding*

Stretch blow molding adalah proses *industri blow molding* metode pembuatan kemasan plastik dengan cara di rentangkan (*stretch*) sampai tercapai ukuran yang diinginkan lalu ditiup dengan mempertimbangkan ketebalan plastik Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Proses *stretch blow molding*

produk utamanya di terapkan pada botol softdrink. Bahan plastik yang sering digunakan dalam proses *Stretch blow molding* antara lain polypropylene (PP), polyvinyl chloride (PVC), polyethylene terephthalate (PET), dan polyacryonitrile (PAN), dengan aplikasi paling umum untuk peregangan *blow molding* yaitu menjadi botol soda yang terbuat dari PET bening atau berwarna Gambar 2.17.



Gambar 2.17. PET carbonated *beverage bottles*

(Sumber : *Packaging Technologies and Inspection*, Tuckahoe, NY)

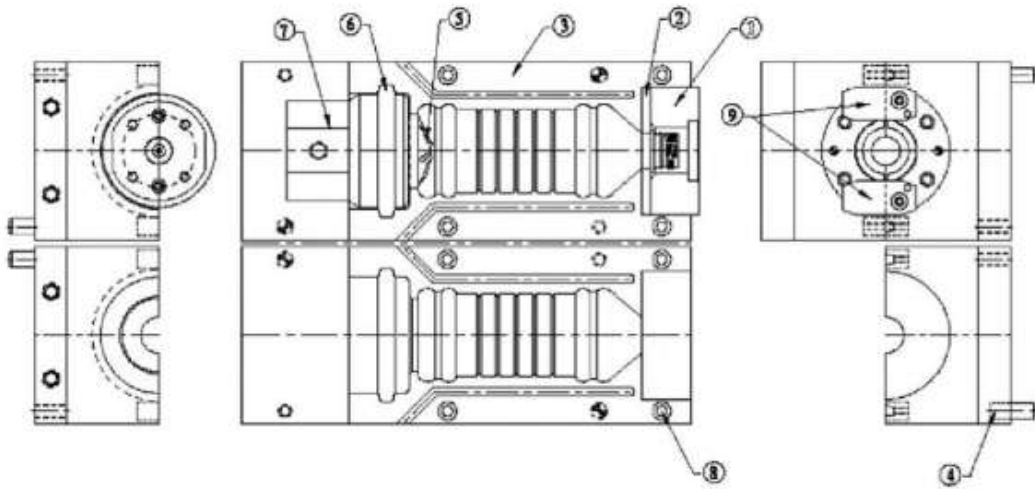
Stretch blow molding mengaplikasikan metode pembuatan kemasan plastik dari sebuah preform yang direntangkan dan ditiup sehingga membentuk sesuai bentuk terakhir yang diinginkan (Norman, 2000).

2.2.4 Perancangan Mold

Setelah konsep dan geometri botol sudah ditentukan selanjutnya fokus bergeser ke perancangan cetakan. Cetakan merupakan suatu alat yang digunakan untuk membuat komponen-komponen dari material plastik dengan mesin *blow molding*. Tahap ini sangat penting karena akan menentukan hasil akhir produk tersebut. Contoh hasil mold gambar 2.18. dan bagian-bagian cetakan gambar 2.19.



Gambar 2.18. *Mold cavity* dari *blow molding* (Brandau ,2012)



Gambar 2.19. Bagian-bagian cetakan dari *blow molding* (Brandau ,2012)

- Keterangan :
1. *Preform retainer insert*
 2. *S.S Insert*
 3. *Mold Body*
 4. *Back Plate*
 5. *Base Insert / push up*
 6. *Location ring*
 7. *Push up Holder*
 8. *Taper lock pins and bushing*
 9. *Guide finger*

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam hal ini antara lain yaitu luas penampang, ketebalan produk, dimensi *mold*, serta tuntutan ukuran (toleransi) yang sesuai dan pemilihan material. Ada beberapa penentuan perancangan cetakan *blow molding* sebelum dilakukan, yaitu:

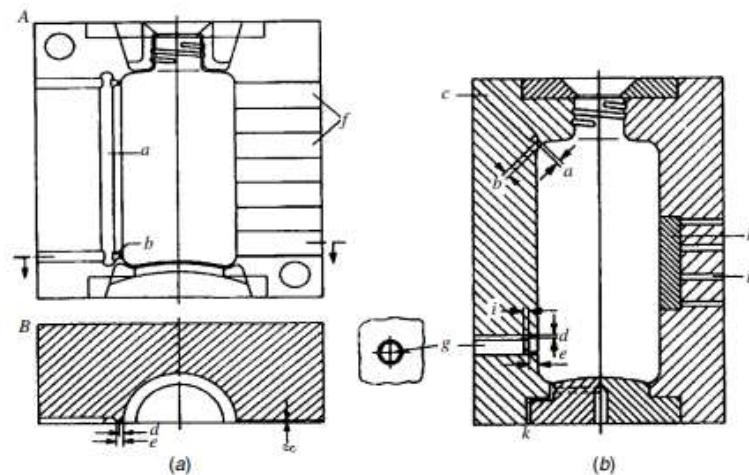
1. Desain produk Dalam desain cetakan, ada beberapa aturan yang harus diperhatikan. Aturan tersebut antara lain:
 - a. Material cetakan yang akan dirancang harus padat dan tidak mengalami cacat pada permukaan dalamnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.20. karena jika mengalami cacat dikhawatirkan pada saat

proses pembuatan *mold* bagian dalam hasil produk yang dihasilkan mempunyai kualitas yang kurang baik.



Gambar 2.20. Contoh *mold* yang tidak mengalami cacat di bagian dalam
(Sumber : Ryka Blow Molds Ltd., Mississauga, Ontario, Canada.)

- b. *Mold* harus menggunakan ketebalan dinding yang sama/ simetris di seluruh bagian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.21. Tebal dinding yang simetris akan meminimalisir penyusutan, bengkok, dan meningkatkan efisiensi proses saat pendinginan agar produk yang dihasilkan tidak mengalami cacat .

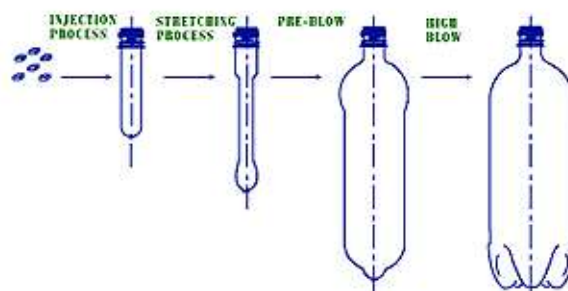


Gambar 2.21. *Design Mold* yang mempunyai ketebalan dinding yang sama (Norman, 2000)

- c. Bagian dalam *mold* harus mempunyai permukaan yang halus agar hasil produk dari cetakan yang di hasilkan mempunyai kualitas yang tinggi dan bermutu.

2.2.4.1 Part Thickness

Produk *blow-molded* harus dirancang sedemikian rupa agar produk yang dihasilkan baik, cara untuk meminimalkan area peregangan ekstrim agar produk tidak terlalu tipis yaitu dengan melakukan pertimbangan dan perhitungan yang tepat . Secara umum, rumus untuk ketebalan bagian rata-rata bisa diekspresikan sebagai berikut:

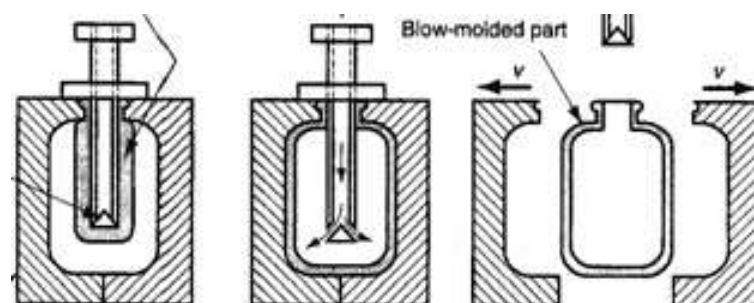


Gambar 2.22. Proses meniup preform

$$\text{rata2 bagian ketebalan} = \frac{\text{luas area permukaan preform}}{\text{luas area permukaan produk}} \times \text{ketebalan preform}$$

2.2.4.2 Tekanan minimum injeksi yang diperlukan

Perhitungan ini ditujukan untuk mengetahui tekanan minimum yang diperlukan untuk meniup *bottle preform*



Gambar 2.23. Proses injeksi udara ke *bottle preform*

Asumsi Pendekatan

$$P \times V = C$$

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$P_2 = \frac{V_1 \times P_1}{V_2}$$

Dimana : V_1 = Volume *bottle preform*

V_2 = Volume botol produk

P_1 = Tekanan awal

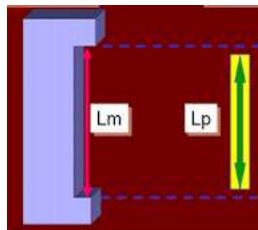
P_2 = tekanan minimum

2.2.4.3 Shrinkage

Plastik merupakan bahan yang tergantung pada perubahan suhu. Penyusutan terjadi akibat perubahan densitas dari temperatur proses ke temperatur ruang. Selain itu nilai penyusutan atau *shrinkage* dapat dikurangi dengan menambahkan penguat pada plastik. Sehingga bahan amorphus pun bisa lebih kecil nilai *shrinkagenya*.

Penyusutan Bahan (*Shrinkage*)

Perhitungan Nilai *shrinkage* bertujuan untuk menentukan ukuran cetakan yang cocok untuk mengetahui material bottle apa yang akan digunakan pada mold tersebut. Berikut persamaan yang digunakan untuk *shrinkage* :



Gambar 2.24. Keterangan panjang mold dan panjang botol produk

$$S = \frac{L_m - L_p}{L_m} \times 100 \% \rightarrow \%$$

Dimana :

L_p = Panjang botol produk

L_m = Panjang *mold* (cetakan)

Tabel 2.5. Nilai *Shrinkage* pada polimer

Polimer	Penyusunan rerata linear (%)	Serapan air (%)	Serapan air ijin (%)
PS	0,5	0,1	0,05
ABS	0,5	0,25	0,2
Nylon 66	1,5	1,5	0,15
PP	1,8	0,5	< 0,01
PVC	2,5	0,1	0,07
PC	0,6	0,2	0,02
PET	2	0,1	0,005

2.2.4.4 Pembuangan kalor pada cetakan

Pembuangan kalor secara konveksi didasarkan pada hanyutan kalor oleh udara yang mengelilingi permukaan cetakan, karena pembuangan kalor disini terjadi dengan sendirinya tidak menggunakan media seperti fluida cair, maka disebut pembuangan kalor secara alami, perhitungannya sebagai berikut :

$$Q_1 = a_1 + F (t_{4m} t_u) \dots \dots \dots \text{kcal / jam}$$

Dimana :

F = Luas permukaan cetakan yang berhubungan dengan udara

t_{4m} = Suhu rata – rata permukaan mold (°C)

t_u = Suhu udara (°C)

a_1 = Faktor pemindah panas secara konveksi antara udara dengan cetakan (kcal/m².jam°C)

Dengan a_1 yang dihitung berdasarkan persamaan Mihajev dimana A ditentukan secara eksperimental pada batas suhu $0 < t_{4m} < 300$ °C, maka

$$Q_1 = \left(0,25 + \frac{360}{t_{4m} + 300} \right) F (t_{4m} t_u)^{4/3} \text{ kcal / jam}$$

2.2.4.5 Clamping force

Clamping force merupakan suatu mekanisme yang digunakan untuk menahan kedua bagian cetakan untuk menjaga agar *mold* tidak membuka pada saat proses *blow molding* berlangsung. Rumus mencari *clamping force* yang dibutuhkan untuk menahan cetakan, dapat dilihat pada persamaan dibawah ini.

Perhitungan luas proyeksi:

$$\begin{aligned} \text{Apl} &= \pi \times r^2 \\ \text{dimana, Apl} &= \text{Luas proyeksi (cm}^2\text{)} \\ \pi &= \text{phi (22/7 atau 3,14)} \\ r^2 &= \text{Jari-jari alas} \end{aligned}$$

Perhitungan *clamping force*

$$\begin{aligned} \text{Fc} &= \text{Pspec} \times \text{Ap tot (2.8)} \\ \text{dimana, Pspec} &= \text{specific internal pressure (kg/cm}^2\text{)} \\ \text{Ap tot} &= \text{Total luas proyeksi (cm}^2\text{)} \\ \text{Fc} &= \text{Clamping force (kg)} \end{aligned}$$

2.2.4.6 Penentuan Material Mold

Menentukan suatu material untuk pembuatan konstruksi *mold* itu sangat penting, sehingga adapun standar penentuan material yang akan digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Sifat tahan aus, Pertimbangannya adalah sejauh mana mampu mempertahankan usia penggunaan *mold* (lifetime) dan ukuran produk berdasarkan jumlah maupun kepresisian produk dsb.
2. Sifat *polishing* , Sejauh mana *polishing mold* yang perlu dilakukan untuk *finishing* bagian luar produk.
3. Sifat *cutting* proses, Menggunakan material keras untuk mempermudah proses *machining mold* maupun *mold part* .
4. Sifat *heat treatment* , Material yang digunakan harus memiliki sifat keseragaman kontur, waktu dilakukannya *heat treatment* .
5. Kekuatan, Waktu dilakukan produksi material *mold* memiliki ketahanan terhadap *tensile stress* , *compression stress* dan *bend stress* .
6. *Thermal conductivity* , Waktu pendinginan menggunakan material *mold* yang mudah dalam pengontrolan temperatur.