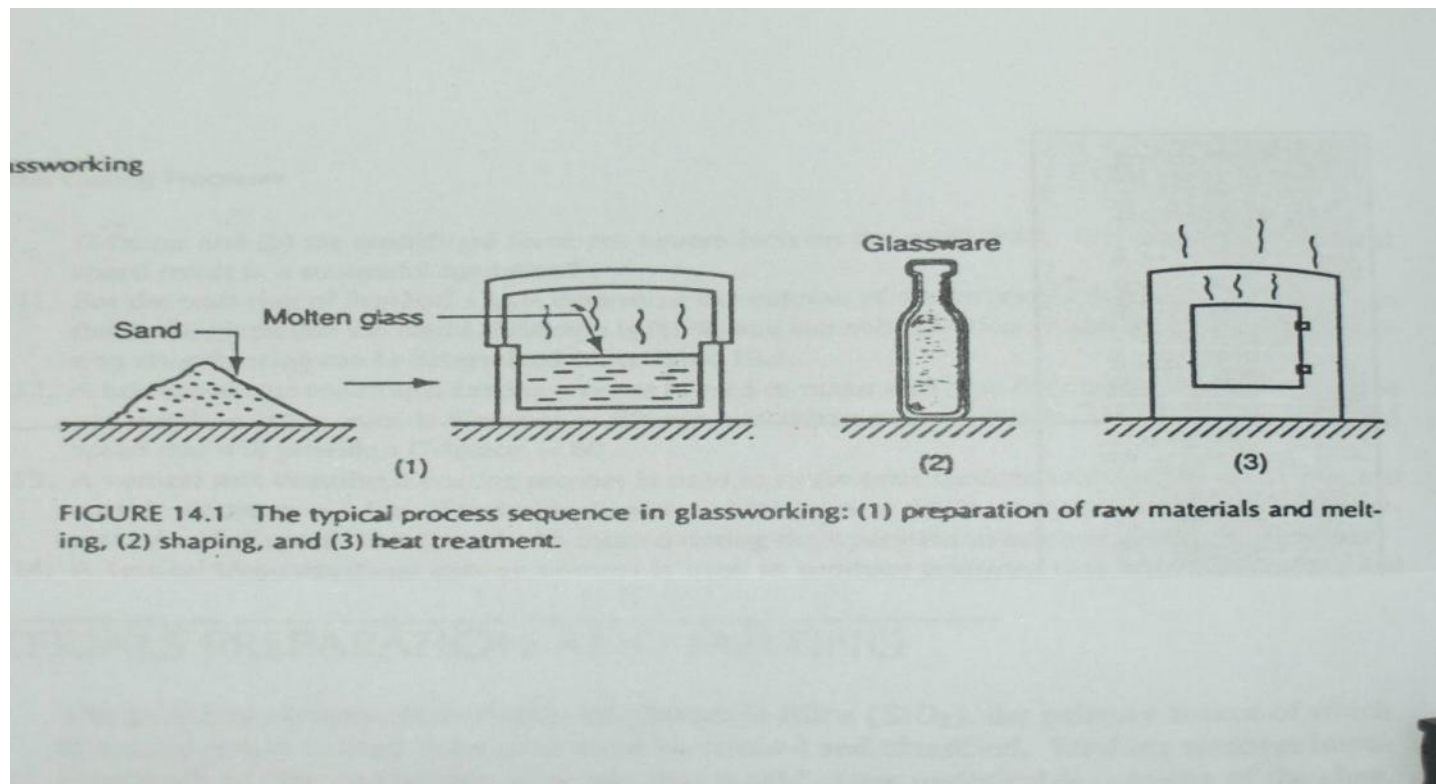


# PEMBUATAN/ Pengerjaan Kaca (*GLASS WORKING*)

- Tipe dasar keramik : Keramik tradisional, modern, & glass
- Struktur material glass : noncrystalline (vitreous)
- Tahapan proses glassworking :



# Sejarah glass

- Produk glass tertua dibuat thn 2500 SM ditemukan di Mesopotamia & Mesir berbentuk ukiran dari glass padat.
- Cangkir dengan teknik penuangan glass cair panas digunakan hingga thn 200 SM. Kemudian berkembang dengan penggunaan pipa tiup (*blow pipe*).
- Glass blowing pertama digunakan di Babylon kemudian Romawi. Menggunakan pipa besi panjang dng satu sisi utk mulut meniup & sisi lainnya utk pemegang glass cair.
- Masyarakat Romawi sangat ahli dlm menggunakan campuran oksida metal shg menghasilkan glass berwarna yg indah (contoh jendela katedral/ gereja abad pertengahan di Italy & Eropa).
- Sistem otomasi glass blowing sekarang digunakan utk produk massal spt botol & bola lampu.

# Material glass

- Kandungan utama : silica ( $\text{SiO}_2$ ), di dpt dari butiran mineral pada batuan pasir & pasir silika. Secara alami butiran bermuatan kristal, tetapi ketika melebur dan dingin berbentuk silika vitreous.
- Silika glass memiliki koefisien muai panas sangat rendah shg sangat tahan thd thermal shock (digunakan sbg tabung glass lab).
- Fungsi material tambahan :
  - Sebagai fluks selama pemanasan
  - Menambah cair molten glass selama proses
  - Mencegah kristalisasi dari bentuk dasar gelas
  - Mengurangi muai panas pada produk jadi
  - Meningkatkan daya tahan kimia thd keasaman atau air
  - Menambah warna pada glass
  - Mengubah tingkat pemantulan utk aplikasi optik (misal lensa)

## **Produk glass :**

- *Window glass* (misal : kaca jendela)
- *Containers* (misal : botol)
- *Light Bulb Glass* (misal : bola lampu, gelas minum)
- *Laboratory Glassware* (misal : tabung glass, pipet, preparat)
- *Glass Fibers* (misal : plastik fiber gelas, *insulation wool*, fiber optik)
- *Optical Glasses* (misal : lensa kaca mata, kamera, mikroskop)

## Rata-rata Komposisi Kimia (%) Beberapa Produk Glass:

Product	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	PbO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	lain
Soda lime glass	71	14	13	2					
Window glass	72	15	8	1	4				
Container glass	72	13	10	2	2	1			
Light bulb glass	73	17	5	1	4				
Laboratory glass									
- Vycor	96			1				3	
- Pyrex	81	4		2				13	
E-glass (fibers)	54	1	17	15	4			9	
S-glass (fibers)	64			26	10				
Optical glasses									
- Crown glass	67	8				12		12	ZnO
- Flint glass	46	3				6	45		

# Glass Ceramics

- Material keramik yg diproduksi dng mengkonversi *glass* ke struktur *polycrystalline* melalui *heat treatment*.
- Ukuran butiran 0,1 – 1,0  $\mu\text{m}$  (jauh lebih kecil dari keramik konvensional) membuat campuran ini lebih kuat dari *glass* lainnya.
- Karena struktur kristalnya, umumnya bewarna abu-abu/ putih
- Keunggulan :
  - Efisiensi proses saat kondisi *glassy*
  - Ukuran yg akurat & presisi
  - Sifat fisik & mekanis yg baik (lebih kuat dari glass, tdk ada porosity, koef. muai panas rendah, tahan terhadap termal shock) utk peralatan masak, *heat exchangers*, computer memory disk (CD)

# I. Persiapan & peleburan bahan baku (*Raw Materials Preparation and Melting*) :

- Material (utama) glass : *silica* ( $\text{SiO}_2$ ) di dpt dari batuan alami di pasir.
- Dibersihkan dari material ikutan spt : tanah liat & mineral (penyebab timbulnya warna yg tdk diinginkan)
- Material pasir diklasifikasikan berdasarkan ukuran butir 0,1 – 0,6 mm
- Material (tambahan) glass : *soda ash* ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), *limestone* ( $\text{CaO}$ ), *aluminium oksida*, *potasium* ( $\text{K}_2\text{O}$ ). Kadang di tambahkan glass daur ulang (utk aplikasi modern proporsi s/d 100%).

## Tipe *Glass Melting Furnaces* :

a. *Pot furnaces* :

Pot keramik kapasitas terbatas, peleburan terjadi akibat pemanasan pada dinding pot.

b. *Day tanks* :

Tangki dng kapasitas lebih besar utk produksi batch, peleburan terjadi akibat pembakaran bahan bakar pada *charge* (*batch material* awal yg akan dilebur).

c. *Continuous tank furnaces* :

Tangki peleburan panjang dimana bahan baku diumpankan di satu sisi tangki & melebur saat bergerak ke sisi lainnya. *Glass* cair dialirkan utk produksi yg tinggi.

d. *Electric furnaces* :

Variasi desain dapur utk rata2 jml produksi dng rentang yg luas



## Peleburan glass :

- Temperatur peleburan :  $1500^{\circ}$  -  $1600^{\circ}$  C ( $2700^{\circ}$  -  $2900^{\circ}$  F)
- Siklus peleburan memerlukan 24 – 48 jam utk :
  - Semua butiran pasir menjadi cair
  - Cairan glass tersaring
  - Pendinginan hingga pada temperatur kerja  
(tergantung kekentalan yang di perlukan utk pembentukannya)

## II. Proses Pembentukan *Glass*

Berdasarkan jenis produk terbagi menjadi :

- Proses diskrit utk produk per-unit, spt : botol, bola lampu, dll
- Proses kontinu utk glass datar/ rata, spt : lembaran/ pelat glass (jendela), tabung (lab. dan lampu TL)
- Proses pembuatan fiber, spt : utk insulasi, komposit fiberglass, fiber optik

# 1. Proses Produk Per-unit (*Shaping of Piece Ware*)

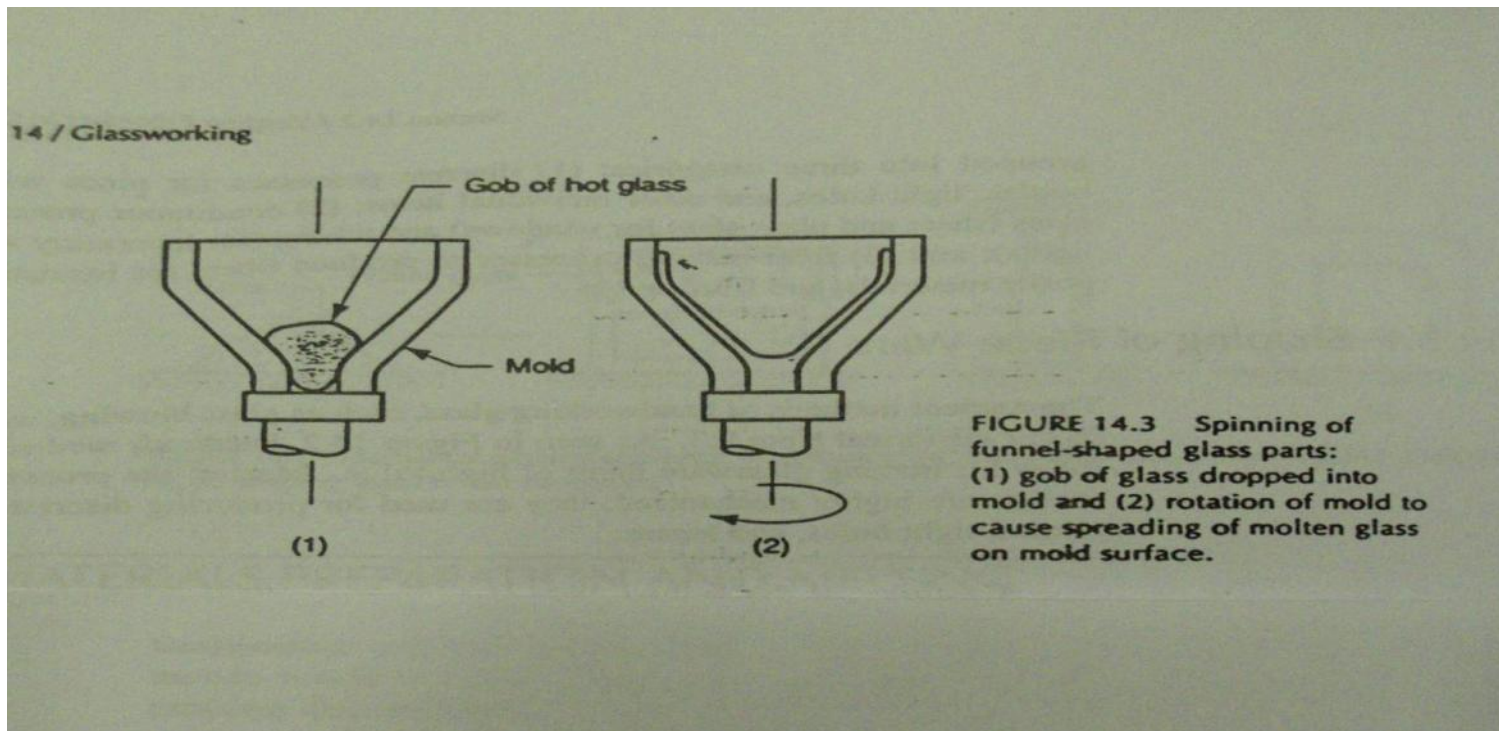
- *Casting* :

Penuangan cairan glass ke dlm mold dan didinginkan sangat perlahan (spt lensa astronomi, kaca cermin), utk finishing produk di *lapping* dan *polishing*.

Jarang digunakan krn beresiko *internal stresses*, retak, kental (tdk mudah mengalir pada celah mold yang sempit). Utk lensa kecil umumnya digunakan proses *pressing*.

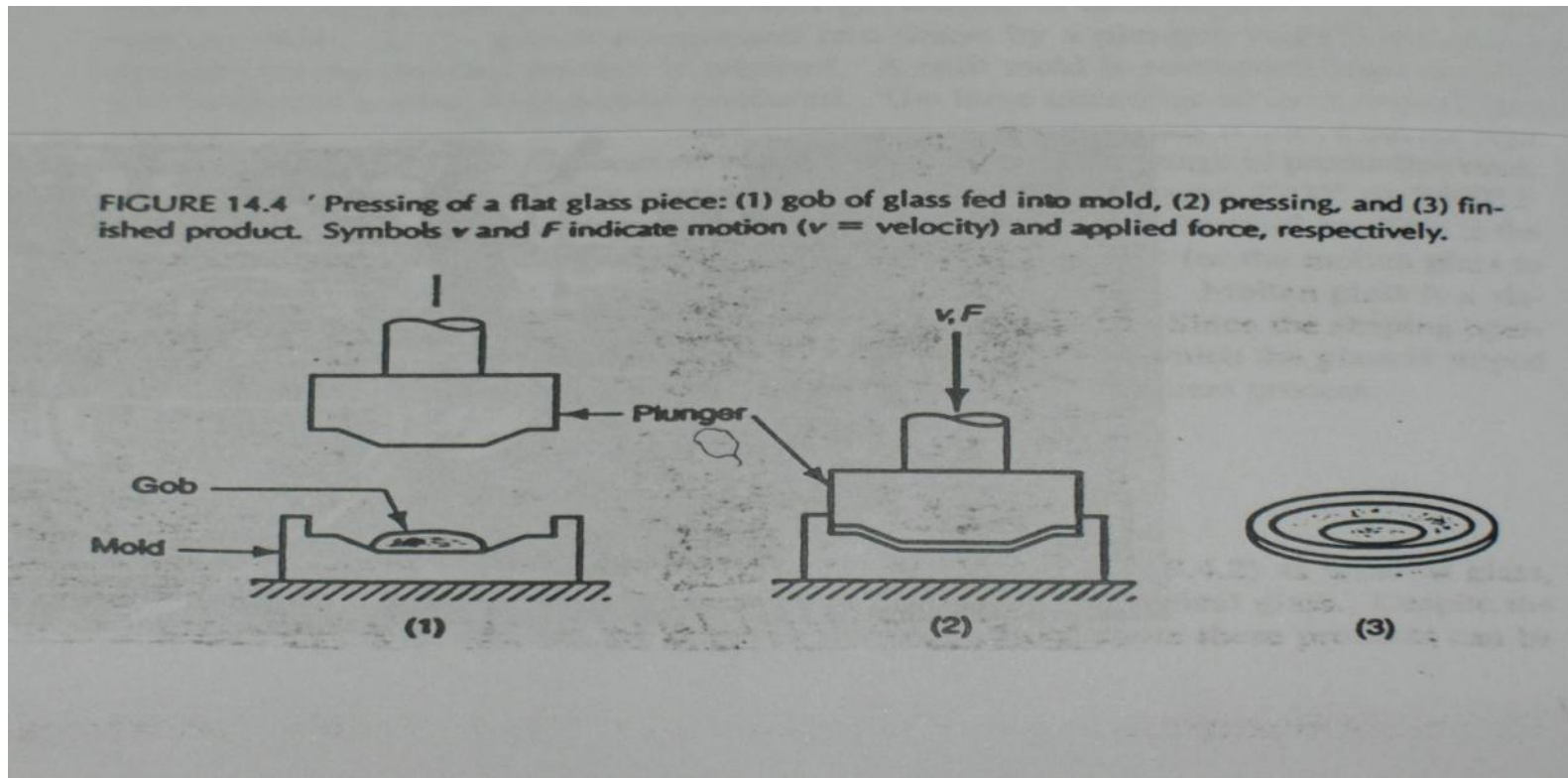
- Spinning :

Spt centrifugal casting pada metal, utk produk berbentuk kerucut (mis : bagian belakang tabung sinar katode TV/ PC, bagian depan monitor dirakit kemudian).



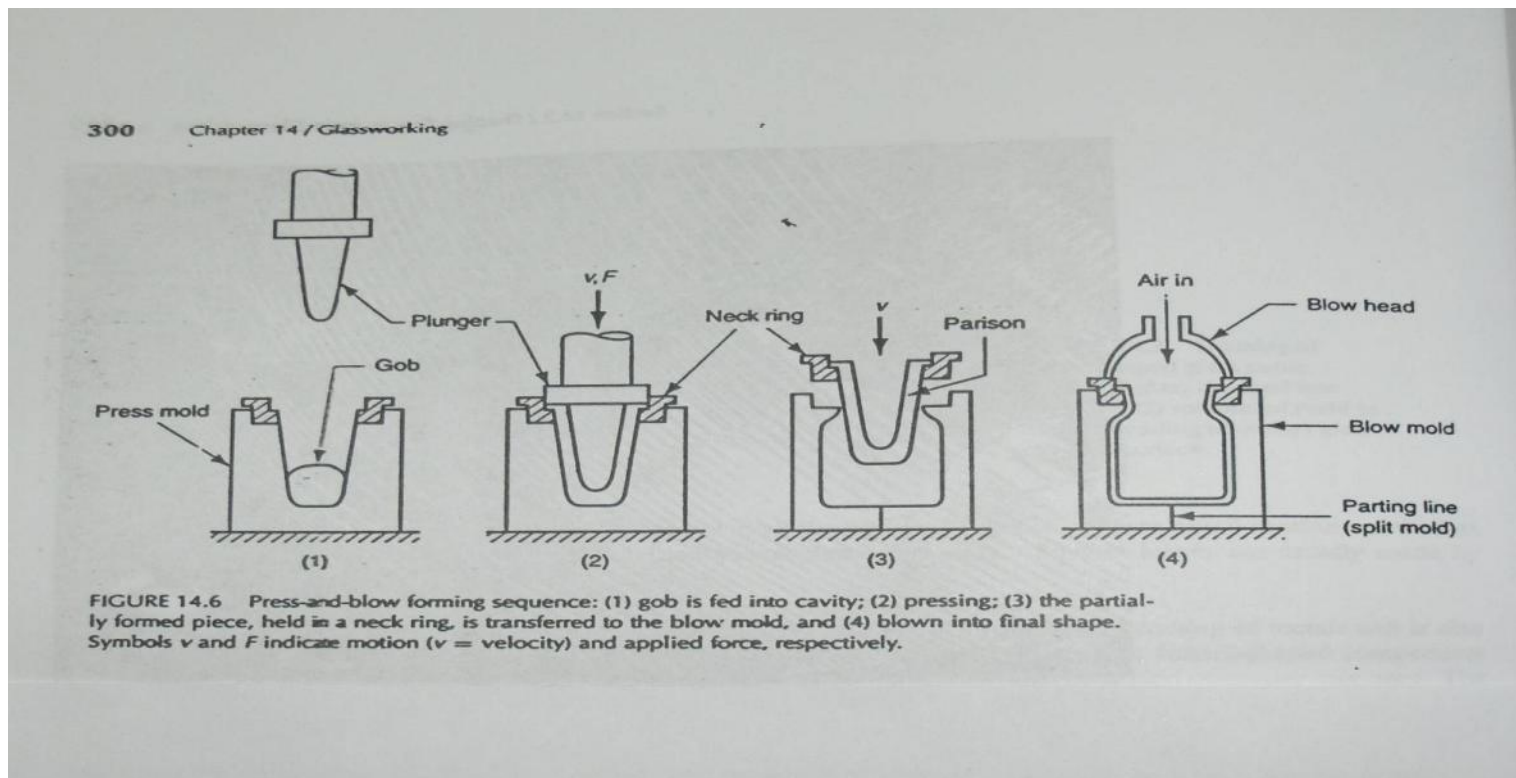
- Pressing :

Proses yang digunakan secara luas utk produk massal, spt : piring, lensa headlight, kaca muka tabung TV/ monitor, dll yg relatif berbentuk datar/ rata (flat)

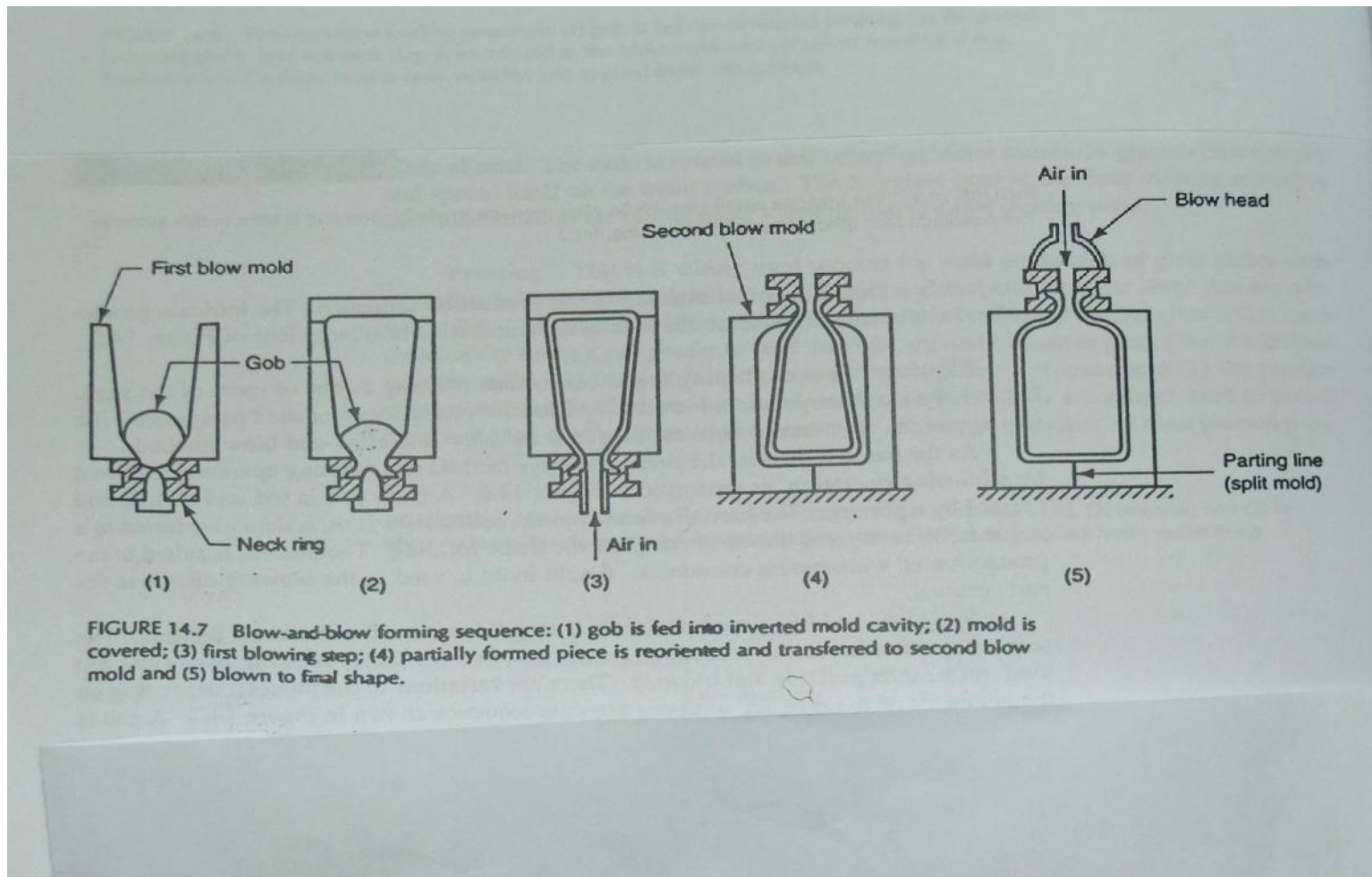


- Blowing (mis : botol minuman, toples, gelas minum, bola lampu)

1. Metode *Press and Blow* (utk produk dengan mulut kontainer besar)



## 2. Metode *Blow and Blow* (utk produk dengan mulut kontainer lebih kecil)



## 2. Proses Kontinu (*Shaping of Flat and Tubular Glass*)

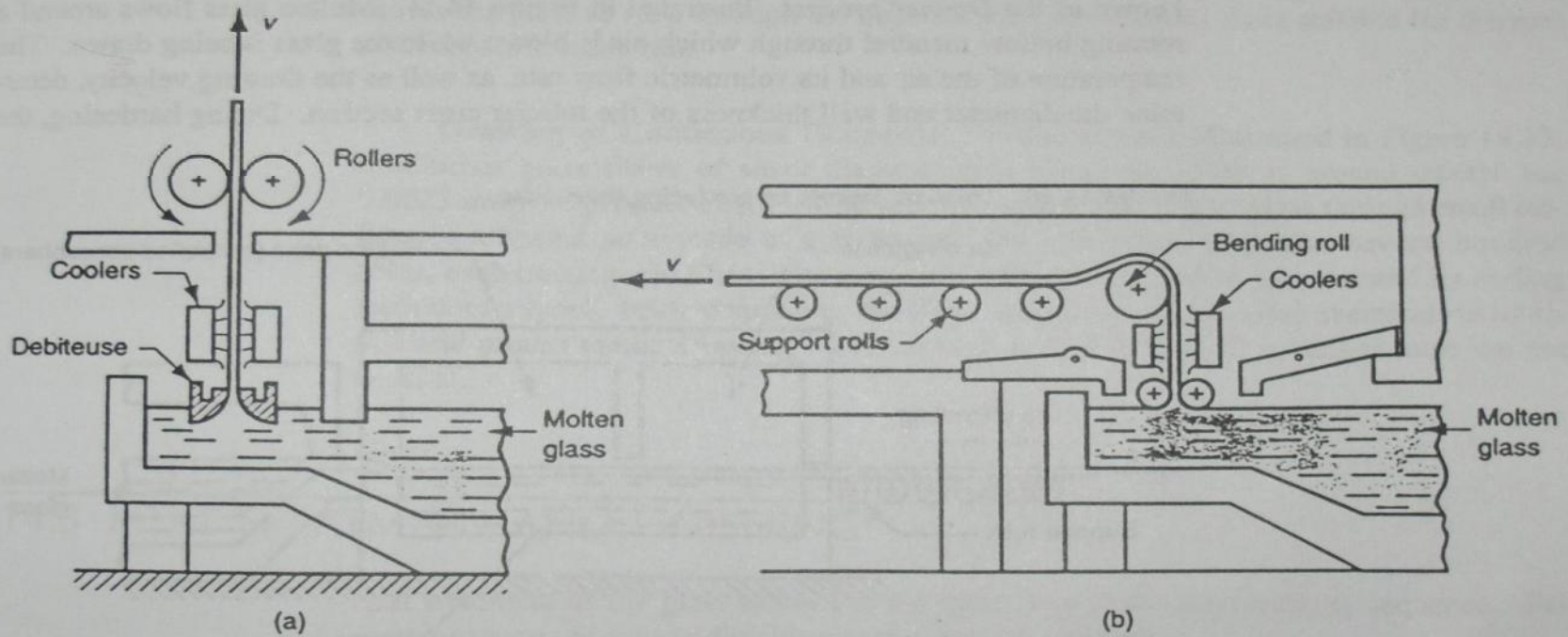
- *Drawing of Flat Glass* :
  - Proses *Fourcault*, menggunakan dies dari *fireclay* (disebut *debiteuse* yg berfungsi sbg pembentuk & pemadat glass). Cooler terletak sedikit di atas debiteus & Glass datar didorong ke atas oleh roller.
  - Proses *Colburn*, menggunakan beberapa roller sbg pembentuk & pengarah ketika glass masih plastis shg dpt didinginkan dng posisi horisontal.

Kedua proses di finishing dng *grinding* & *polishing* utk menghilangkan bekas potongan, & memastikan permukaan rata & halus.



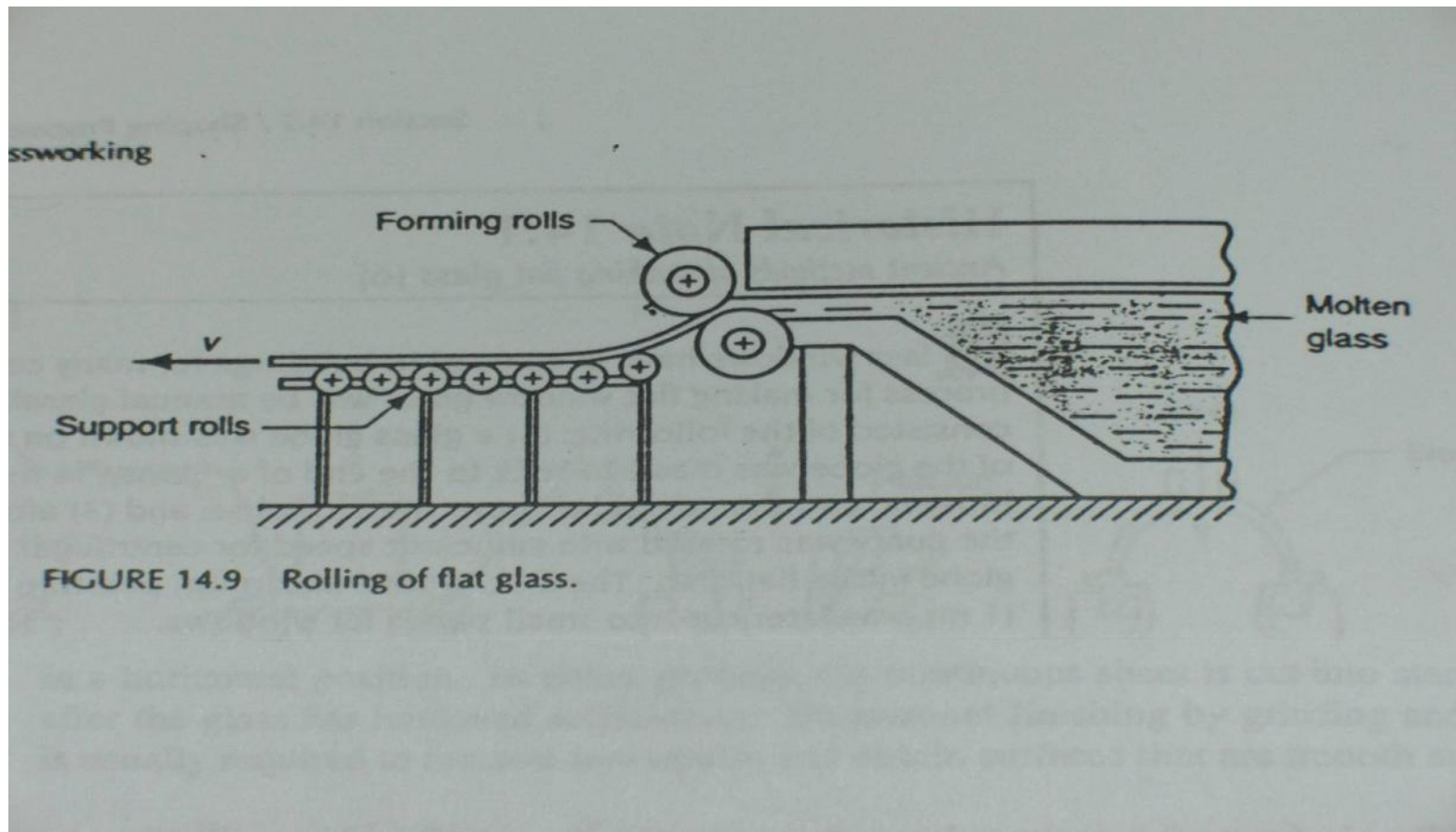
# Gbr. *Drawing of Glass Sheet*

FIGURE 14.8 Drawing of glass sheet: (a) the Fourcault process and (b) the Colburn process. Symbol  $v$  indicates motion ( $v = \text{velocity}$ ).



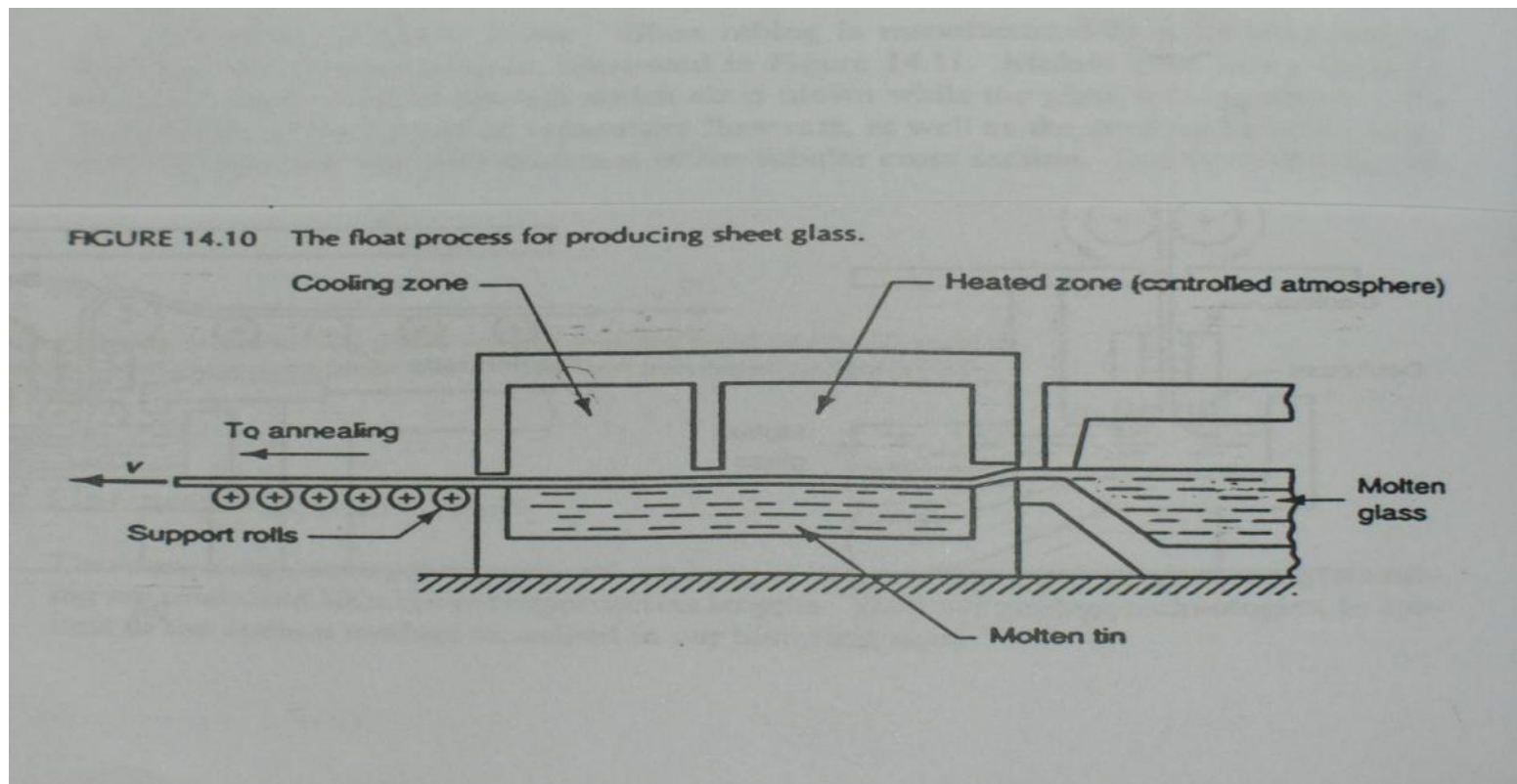
- *Rolling of Flat Plate :*

Glass yg masih plastis dari furnace dialirkan melalui pasangan roller yg berfungsi mengatur ketebalan lembaran glass.



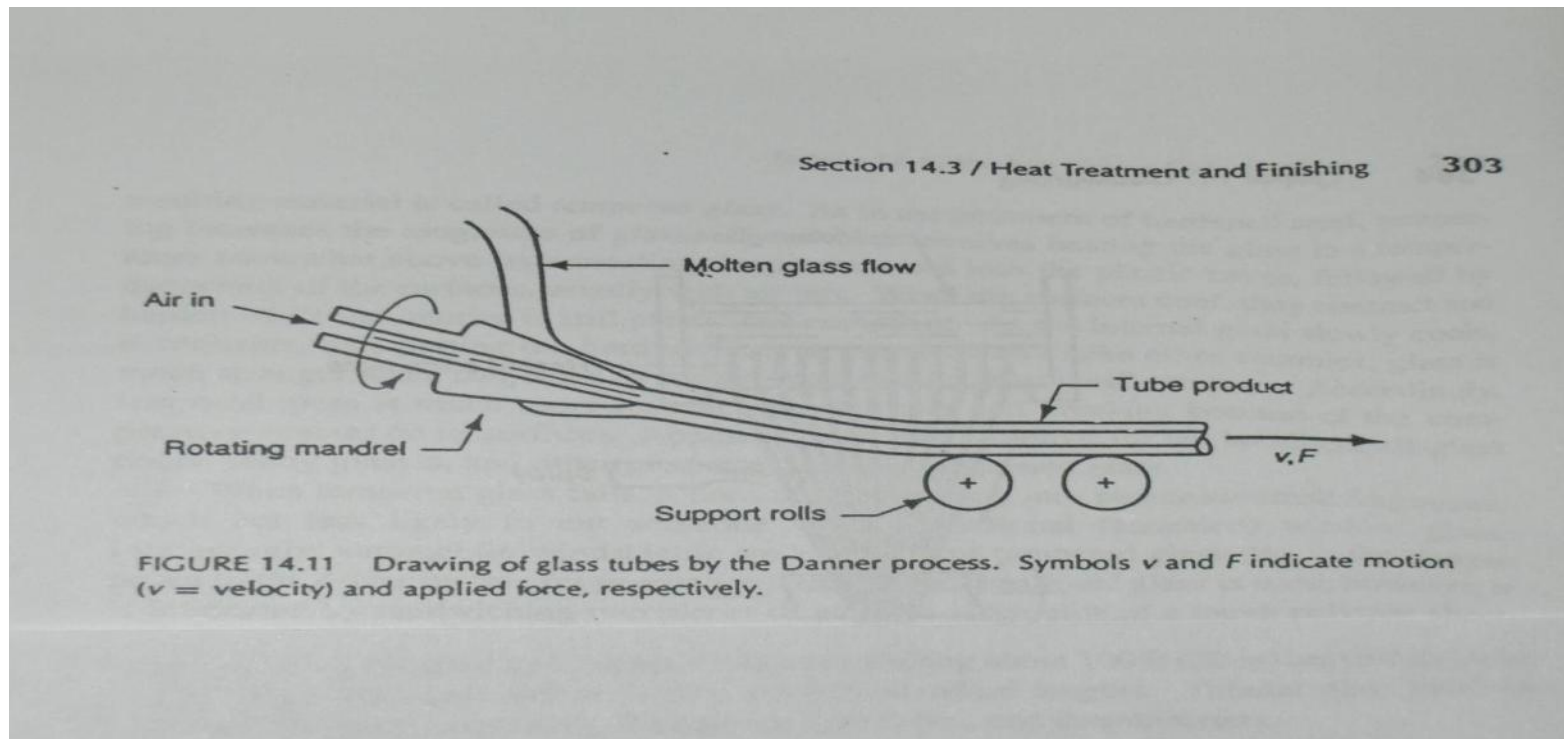
- *Float Process* :

Glass mengalir langsung dari melting furnace melalui bak cairan timah (*molten tin*). Cairan glass menyebar mengikuti permukaan cairan timah shg menghasilkan ketebalan & kehalusan yg seragam.



- *Drawing of Glass Tubes* : (proses *Danner*)

Cairan glass mengalir mengelilingi saluran hollow putar *mandrel*, saat yg sama udara dihembuskan. Selama proses pengerasan, glass tube ditunjang oleh banyak roller hingga glass bisa mencapai panjang 30 m. Contoh produk : glass lab, lampu TL, thermometer.



### 3. Pembentukan Fiber Glass (*Forming of Glass Fibers*)

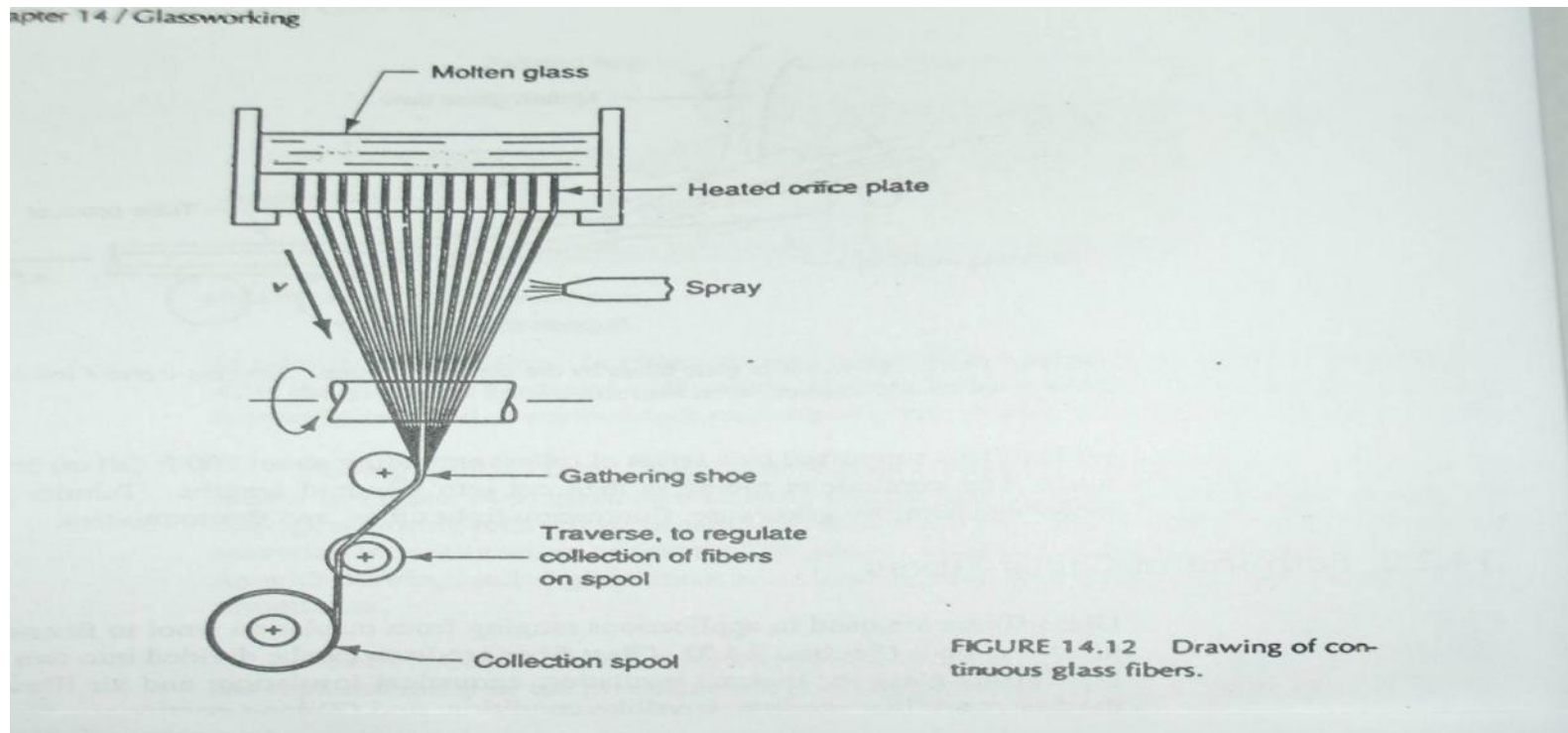
Produk fiber glass terbagi menjadi :

- Serat glass utk *thermal insulation, acoustical insulation,* & saringan udara, bentuk spt wool yg berserat.
- Filamen kontinu (panjang) utk *fiber reinforced plastics,* benang tekstil, & fiber optik.

Metode produksi :

- *Centrifugal Spraying* (utk pembuatan glass wool) : Cairan glass mengalir ke penampang putar dng banyak celah di sekelilingnya. Gaya sentrifugal menyebabkan glass mengalir melalui lubang utk menjadi serat massal sbg material isolasi termal & akustik.

- *Drawing Filament* kontinu : Utk fiber glass kontinu berdiameter kecil (batas uk. terkecil sekitar 0,0025 mm) diproduksi dng drawing (menarik) bentangan cairan glass melalui celah/ lubang kecil pada pelat panas yg terbuat dari paduan platinum. Setiap fiber dari celah digabungkan ke spool utk di lapiasi pelumas atau bahan kimia pelindung.





### ***III. Heat Treatment and Finishing:***

- *Annealing* :

Berfungsi utk mengurangi & menghilangkan tegangan dalam yg umumnya terjadi pada glass setelah forming.

Annealing berupa pemanasan glass ke temperatur yg diinginkan (sekitar 500 C), didiamkan beberapa saat utk menghilangkan tegangan dan gradien temperatur, serta secara perlahan didinginkan hingga temperatur ruangan.

Lama proses Annealing tergantung ketebalan glass.

Annealing pada pabrik glass modern menggunakan tungku seperti lorong (disebut *Lehrs*), dimana produk mengalir perlahan melalui *hot chamber* di atas konveyor.

- *Tempering* (produknya disebut *tempered glass*) :  
Juga berfungsi utk menghilangkan internal stress.  
Prosesnya dengan memanaskan glass pada temperatur di atas annealing hingga kondisi plastis, kemudian diikuti quenching permukaan (menggunakan udara bertekanan). Ketika permukaan dingin, mereka akan mengeras pada saat sisi dalam masih plastis. Ketika sisi dalam berangsur dingin maka permukaan luar yg keras tertekan. Shg glass lebih tahan terhadap tegangan tekan (*compressive stresses*) dari pada tegangan tarik (*tensile stresses* ).  
Contoh aplikasi utk jendela gedung tinggi, pintu kaca.  
Kaca depan mobil menggunakan *annealing glass* 2 (dua) lembar berpenyekat polimer transparan.
- *Finishing* menggunakan *grinding, polishing* (utk hasil proses *drawing, rolling, pressing & rolling*), *cutting* (utk hasil proses kontinu)



## Pertimbangan Desain Produk :

- Glass transparan cocok utk alat transfer penerangan, kaca pembesar, & alat optik.
- Glass lebih tahan terhadap tekanan dari pada tarikan.
- Glass getas/ rapuh tdk tahan beban kejut.
- Glass memiliki koef. muai panas yg rendah shg relatif tahan terhadap *thermal shock*.
- Sisi luar dan dlm sudut pada glass, adalah titik potensial konsentrasi tegangan
- Bentuk ulir dpt dibuat dng *press and blow*, tetapi bentuk ulir terlihat kasar.