
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian proses

II.1.1 Proses Pembuatan Kaca

Dalam pembuatan kaca ada dua macam proses yaitu :

1. Proses *Fourcault*

Dalam proses *fourcault*, kaca dari tangki pelelehan (*melting*) dialirkan ke tempat pembentukan kaca (*drawing*). Kaca dibentuk secara vertikal dari kiln melalui alat yang disebut “*debiteuse*” yang berarti mesin pembentukan kaca atau *drawing*. Di dalam *debiteuse* ada suatu ruang refraktori dengan papan yang berada di tengah yang mana kaca mengalir secara kontinyu.

Kaca secara kontinyu dibentuk ke atas dalam bentuk lelehan yang dengan cepat mengalir ke atas melalui suatu papan dan permukaannya didinginkan oleh air pendingin. Lelehan masih bergerak secara vertikal dan didukung oleh roller sepanjang 7,5 m dalam ruang *annealing* (pendinginan) atau *lehr*. Pada saat naik dari *lehr*, kaca dipotong menjadi lembaran dengan ukuran yang diinginkan dan dikirimkan untuk dipilih dan dipotong kembali.

2. Proses *Float*

Proses ini dikembangkan oleh Pilkington bersaudara di Inggris. Proses ini merupakan dasar dari kemajuan dalam industri kaca *float* kualitas tinggi. Pada kenyataannya api pembentuk kaca memiliki peranan yang besar dalam menentukan kualitas kaca. Proses *float* menggunakan sistem tangki *furnace* pelelehan dimana semua bahan baku dijadikan satu pada *furnace*. Lelehan kaca (*molten glass*) kemudian dialirkan melalui daerah refining ke suatu celah *canal* yang menghubungkan *furnace* dengan *bath*, Kecepatan aliran rata-rata dikontrol secara otomatis atau dengan menurunkan pintu masuk pada *canal*. Lelehan kaca dialirkan pada permukaan leburan timah yang bebas dari proses oksidasi dengan mengatur kondisi temperaturnya. Sehingga akan dihasilkan kaca dengan kedua sisi *flat* dan paralel.

Kaca didinginkan secara perlahan-lahan mulai masih dalam bentuk lelehan sampai menjadi bentuk yang cukup keras. Pendinginan dilakukan dengan memperhatikan temperatur di setiap bagian kaca. Pendinginan kaca secara perlahan-lahan ini dilakukan di suatu ruangan yang disebut *lehr*.

II.1.2 Deskripsi Proses

Proses yang digunakan di PT Asahimas Flat Glass Tbk untuk pertama kalinya adalah proses *fourcault*. Pada proses ini *molten glass* ditarik secara kontinyu ke arah vertikal untuk menghasilkan lembaran kaca. Kelemahan proses ini adalah kaca yang dihasilkan memiliki distorsi yang besar karena dilakukan penarikan paksa ke arah vertikal. Sekarang ini proses *fourcault* telah ditinggalkan dan diganti dengan proses *float*. Proses ini dapat menghasilkan kaca yang lebih rata dan bebas distorsi. Kaca secara kontinyu dibawa keluar *furnace* dan mengambang sepanjang permukaan bak tertutup yang berisi cairan timah lebur yang datar. Setelah agak mengeras, lembaran kaca mulai ditarik dengan *roll* tanpa merusak permukaannya, kemudian didinginkan secara perlahan-lahan sehingga dapat dihasilkan lembaran kaca yang datar. Ketebalannya dapat seragam dan permukaannya halus mengkilap.

Dalam proses ini, cairan kaca (*molten glass*) dialirkan ke permukaan cairan timah, *molten glass* akan mengambang dan menutupi permukaan cairan timah. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan densitas dari kedua cairan tersebut. Pertimbangan penggunaan cairan timah yaitu :

1. Densitas cairan timah lebih besar daripada densitas cairan kaca.
2. Tidak bereaksi dengan cairan kaca.
3. Leburan timah bersifat kohesif sehingga tidak menempel pada kaca.
4. Titik didih timah lebih rendah daripada titik didih cairan kaca.

Keuntungan menggunakan proses *float* adalah :

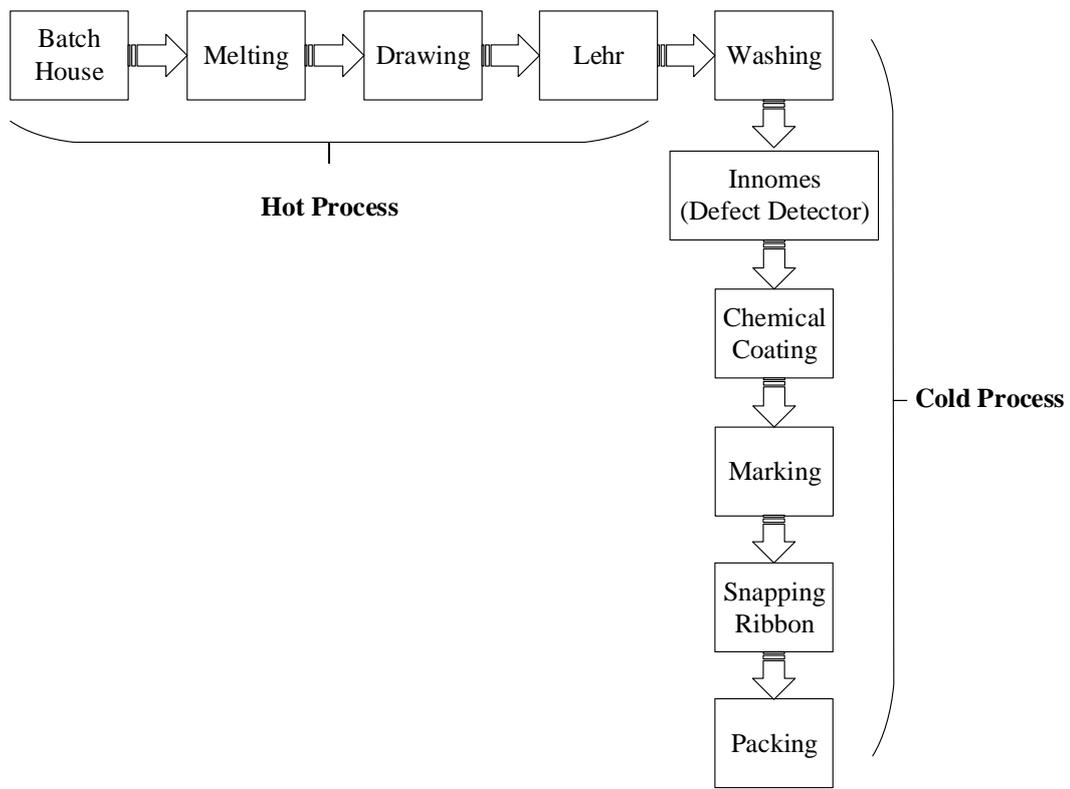
1. Cairan kaca bebas melakukan penyebaran atau spread sesuai dengan beratnya sendiri.
2. Cairan kaca mengambang di atas permukaan yang datar, sehingga akan didapat permukaan kaca yang lebih halus dan datar di kedua permukaan.

3. Dengan adanya *tweel* (pengontrol laju *molten glass*), ketebalan kaca dapat diatur.

Tahap-tahap proses produksi kaca pada PT Asahimas Flat Glass Tbk adalah sebagai berikut :

1. Pengadaan bahan baku (*raw material section*)
2. Pencampuran bahan baku (*batch house*)
3. Peleburan (*melting process*)
4. Pembentukan (*drawing process*)
5. Pendinginan lambat di dalam *lehr* (*annealing process*)
6. Pemotongan (*cutting process*)
7. Pengepakan (*packing process*)

Proses produksi kaca di PT Asahimas Flat Glass Tbk dapat dibagi ke dalam dua jenis proses yaitu *hot process* dan *cold process*. *Hot process* meliputi *Batch house* unit, *melting*, *forming* atau *drawing*, dan proses pendinginan yang dilakukan di dalam *lehr*. Tahap produksi yang dilakukan setelah *hot process* adalah *cold process*. Proses ini terdiri dari pencucian (*washing*), pemotongan (*cutting*), dan pengemasan (*packing*). Berikut adalah alur proses produksi kaca di PT Asahimas Flat Glass Tbk.



Gambar II.1 Alur Proses Produksi Kaca PT Asahimas Flat Glass Tbk

Tabel II.1. Properti dari Kaca Bangunan

Properties Kaca Bangunan		Unit	Keterangan
Density	2500	kg/m ³	
Hardness	470	HK	
Compression of Resistance	800-1000	MPa	
Bending Strenght	100-120	MN/m ²	*setelah ditempering
Thermal Conductivity	0,8	J/g/k	
Spesific Heat	0,8	W/mK	
Modulus Elastis	70000	MPa	

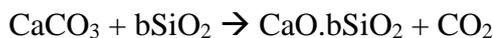
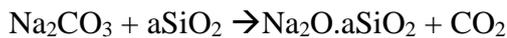
(Sumber : Divisi Produksi PT Asahimas Flat Glass Tbk Sidoarjo Factory)

Berdasarkan bahan bakunya, kaca dikelompokkan menjadi :

- *Soda lime silica glass*, yakni kaca yang mengandung soda (Na₂O), *lime* (CaO dan MgO), dan silika (SiO₂).

- *Silicate glass*, yakni kaca yang mengandung soda (Na_2O), *lime* (CaO dan MgO), dan boron (B_2O_3).
- *Flint glass*, yakni kaca yang mengandung soda (Na_2O), *lime* (CaO dan MgO), silika (SiO_2), dan timbal (Pb).

Reaksi kimia yang terjadi dalam pembuatan kaca adalah:



II.2 Uraian Tugas Khusus Perhitungan Hasil Produksi Kaca dalam Satu Hari

II.2.1 Latar Belakang

Proses pemotongan kaca dilakukan berdasarkan permintaan pelanggan. Pada proses secara *online* kaca akan melewati mesin pemotong yang bernama *guillotine* yang selalu dipantau oleh departemen QC. *Guillotine* akan bekerja ketika terjadi cacat parah atau pergantian hasil produksi. Setelah dinyatakan ok oleh departemen QC maka barang akan di packing dan *finishing* sesuai pesanan, kemudian dikirim ke *warehouse*, tetapi ketika dinyatakan *Not Good* (NG) maka produk tidak boleh dikirim atau di seleksi ulang. Sedangkan cutting *off-line* umumnya digunakan saat gagal pemotongan dari cutting *on-line* atau meneliti *defect* menyamakan pemesanan dari pelanggan. Proses pengepakan bertujuan untuk mengemas produk kaca di dalam *box* atau *pallet* dan menjaga kualitas produk sampai ke tujuan pengiriman. Kaca-kaca yang telah dipotong sesuai dengan ukuran yang dikehendaki langsung dikemas.

Dalam melaksanakan Praktek Kerja Lapangan di PT Asahimas Flat Glass Tbk Sidoarjo *Factory* Departemen *Cold*, kami mendapatkan tugas khusus untuk menghitung pemotongan kaca yang dihasilkan setiap shift. Perhitungan ini sangat dibutuhkan dalam proses di industri karena erat kaitannya dengan kaca yang dihasilkan oleh perusahaan tiap hari.

II.2.2 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas khusus ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil produksi kaca masing-masing *shift*.

2. Mengetahui *overall yield* pada kaca dalam masing-masing *shift*.

II.2.3 Manfaat

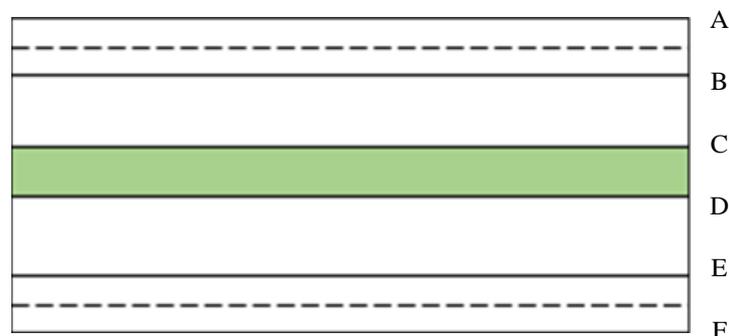
Manfaat dilakukannya tugas khusus ini adalah dapat menghitung hasil produksi kaca dalam satu hari.

II.2.4 Perumusan Masalah

Proses produksi setiap kaca warna di PT Asahimas Flat Glass Tbk dilakukan secara bergantian dalam satuan periode sesuai dengan *order* yang diterima, sehingga dalam periode tertentu PT Asahimas Flat Glass Tbk akan merubah produksi kaca dari ukuran satu ke ukuran yang lain sesuai dengan *order* yang didapatkan. Untuk mengetahui jumlah *pack* yang dihasilkan dalam satu hari maka perlu dilakukan simulasi perhitungan jumlah kaca pada masing-masing *shift* dalam satu hari.

II.2.5 Tinjauan Pustaka

Pada proses pemotongan kaca memiliki tiga *shift* yaitu *shift* pagi, *shift* sore, dan *shift* malam. Masing-masing *shift* memiliki ukuran pemotongan kaca yang berbeda-beda. Masing-masing *shift* memiliki jam kerja sebesar 480 menit. Untuk mengetahui hasil produksi kaca per *shift* (*result shift*) terdapat beberapa langkah yaitu dengan menghitung *time yield*, *drawing plan*, *drawing actual*, *drawing yield*, *cutting calculation*, *edge loss*, *sample loss*, *defect loss*, *cutting actual*, *cutting yield*, *result shift* dan *overall yield*. Satuan *glass unit* yaitu *case* (cs) dan *conversion case* (ccs). Pada *yield glass* terdapat beberapa bagian, yaitu:



Gambar II.2 *Yield Glass*

Keterangan :

AB, EF = *Edge loss*

- BC, DE = *Cutting calculation netto*
 CD = *Pattern loss*
 BE = *Cutting ideal netto*
 AF = *Gross*

Time yield merupakan presentase waktu yang efektif dalam produksi pada masing-masing *shift*. *Drawing plan* merupakan rancangan untuk memproduksi kaca yang dapat dibentuk pada setiap *shift*. *Drawing actual* yaitu hasil produksi kaca berdasarkan waktu efektif dalam pembuatan kaca. *Drawing yield* merupakan presentase dalam produksi kaca. *Cutting calculation* merupakan perhitungan pemotongan kaca pada waktu efektif, *cutting actual* yaitu perhitungan hasil pemotongan kaca pada masing-masing *shift*, serta *cutting yield* yaitu presentase pemotongan kaca. Pada pemotongan kaca terdapat beberapa kaca yang tidak masuk dalam *quality control* seperti bagian pinggir kaca yang terdapat bekas jepitan *A-roll*, cacat pada kaca, kaca yang digunakan sebagai sampel.

$$\text{Time yield} = \frac{(\text{total production time} - \text{loss time})}{1 \text{ shift production time}} \times 100\%$$

$$\text{Drawing plan} = \frac{\text{gross} \times \text{lehr speed} \times \text{netto period time}}{21945,6}$$

$$\text{Drawing actual} = \frac{\text{gross} \times \text{lehr speed} \times (\text{netto period time} - \text{breakage time})}{21945,6}$$

$$\text{Drawing yield} = \frac{\text{drawing actual}}{\text{drawing plan}} \times 100\%$$

$$\text{Cutting calculation} = \frac{\text{calculation netto} \times \text{lehr speed} \times (\text{netto period time} - \text{breakage time})}{21945,6}$$

$$\text{Edge loss} = \frac{(\text{gross} - \text{netto}) \times \text{lehr speed} \times \text{netto period time}}{21945,6}$$

$$\text{Sample loss} = \frac{\text{width size} \times \text{length size} \times n \text{ sample}}{14400}$$

$$\text{Defect loss} = \frac{\text{panjang kaca} \times \text{lebar kaca} \times \text{defect loss}}{\text{drawing actual}} \times 100\%$$

$$\text{Cutting actual} = \text{cutting calculation} - \text{sample loss} - \text{defect loss}$$

$$\text{Cutting yield} = \frac{\text{cutting actual}}{\text{drawing actual}} \times 100\%$$

$$\text{Result shift} = \frac{\text{cutting actual}}{\text{ccs per 1 lembar}}$$

$$\text{Overall yield} = \text{time yield} \times \text{drawing yield} \times \text{cutting yield} \times 100\%$$

II.2.6 Hasil Perhitungan

Data yang diberikan :

Tabel II.2.1 Data pada *Shift* Pagi

Shift pagi		
Lehr speed	700	m/hr
Gross length	156	inch
Netto length	120	inch
Tebal kaca	3	mm
Bj glass	2,49	ton/m ³
Time / shift	480	menit
Breakage	12	menit
Defect loss	48	pcs
Sample loss	60 inch x 60 inch	10 pcs
Ukuran potong	40x80	inch
Isi kemasan	100	pcs/pack
Job change	10	menit

Tabel II.2.2 Data pada *Shift* Sore

Shift sore		
Lehr speed	522	m/hr
Gross length	140	inch
Netto length	126	inch
Tebal kaca	5	mm
Bj glass	2,49	ton/m ³
Time / shift	480	menit
Breakage	10	menit
Defect loss	32	pcs
Sample loss	60 inch x 60 inch	10 pcs
Ukuran potong	126x80	inch

Isi kemasan	50	pcs/pack
Job change	11	menit

Tabel II.2.3 Data pada *Shift* Malam

Shift malam		
Lehr speed	200	m/hr
Gross length	136	inch
Netto length	126	inch
Tebal kaca	8	mm
BJ glass	2,49	ton/m ³
Time / shift	480	menit
Breakage	5	menit
Defect loss	22	pcs
Sample loss	60 inch x 60 inch	10 pcs
Ukuran potong	156x126	inch
Isi kemasan	8	pcs/pack
Job change	16	menit

Hasil perhitungan untuk *shift* pagi :

$$\begin{aligned}
 \text{Time yield} &= \frac{(\text{total production time} - \text{loss time})}{1 \text{ shift production time}} \times 100\% \\
 &= \frac{(480 \text{ menit} - 10 \text{ menit})}{480 \text{ menit}} \times 100\% \\
 &= 97,9167 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Drawing plan} &= \frac{\text{gross} \times \text{lehr speed} \times \text{netto period time}}{21945,6} \\
 &= \frac{156 \text{ inch} \times 700 \frac{\text{m}}{\text{hr}} \times (480 \text{ menit} - 10 \text{ menit}) \times 3 \text{ mm}}{21945,6 \times 2 \text{ mm}} \\
 &= 3508,0381 \text{ ccs}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Drawing actual} &= \frac{\text{gross} \times \text{lehr speed} \times (\text{netto period time} - \text{breakage time})}{21945,6} \\
 &= \frac{156 \text{ inch} \times 700 \frac{\text{m}}{\text{hr}} \times (480 \text{ menit} - 10 \text{ menit} - 12 \text{ menit}) \times 3 \text{ mm}}{21945,6 \times 2 \text{ mm}}
 \end{aligned}$$

$$= 3418,4711 \text{ ccs}$$

$$\text{Drawing yield} = \frac{\text{drawing actual}}{\text{drawing plan}} \times 100\%$$

$$= \frac{3418,4711 \text{ ccs}}{3508,0381 \text{ ccs}} \times 100\%$$

$$= 97,4468 \%$$

$$\text{Cutting calculation} = \frac{\text{calculation netto} \times \text{lehr speed} \times (\text{netto period time} - \text{breakage time})}{21945,6}$$

$$= \frac{120 \text{ inch} \times 700 \frac{\text{m}}{\text{hr}} \times (480 \text{ menit} - 10 \text{ menit} - 12 \text{ menit}) \times 3 \text{ mm}}{21945,6 \times 2 \text{ mm}}$$

$$= 2629,5932 \text{ ccs}$$

$$\text{Edge loss} = \frac{(\text{gross-netto}) \times \text{lehr speed} \times \text{netto period time}}{21945,6}$$

$$= \frac{(156 \text{ inch} - 120 \text{ inch}) \times 700 \frac{\text{m}}{\text{hr}} \times (480 \text{ menit} - 10 \text{ menit}) \times 3 \text{ mm}}{21945,6 \times 2 \text{ mm}}$$

$$= 809,5472 \text{ ccs}$$

$$\text{Sample loss} = \frac{\text{width size} \times \text{length size} \times n \text{ sample}}{14400}$$

$$= \frac{60 \text{ inch} \times 60 \text{ inch} \times 10 \text{ pcs} \times 3 \text{ mm}}{14400 \text{ inch}^2 \times 2 \text{ mm}}$$

$$= 3,7500 \text{ ccs}$$

$$\text{Defect loss} = \frac{\text{panjang kaca} \times \text{lebar kaca} \times \text{defect loss}}{\text{drawing actual}} \times 100\%$$

$$= \frac{40 \text{ inch} \times 80 \text{ inch} \times 48 \text{ pcs} \times 3 \text{ mm}}{\frac{14400 \text{ inch}^2 \times 2}{3418,4711 \text{ ccs}}} \times 100\%$$

$$= 0,4680 \%$$

$$\text{Cutting actual} = \text{cutting calculation} - \text{sample loss} - \text{defect loss}$$

$$= 2629,5932 \text{ ccs} - 3,7500 \text{ ccs} - 0,00468 \text{ ccs}$$

$$= 2625,8385 \text{ ccs}$$

$$\text{Cutting yield} = \frac{\text{cutting actual}}{\text{drawing actual}} \times 100\%$$

$$= \frac{2625,8385 \text{ ccs}}{3418,4711 \text{ ccs}} \times 100\%$$

$$= 76,8132 \%$$

$$\text{Result shift} = \frac{\text{cutting actual}}{\text{ccs per 1 lembar}}$$

$$= \frac{2625,8385 \text{ ccs}}{(40 \text{ inch} \times 80 \text{ inch} \times 3 \text{ mm}) / (120 \text{ inch} \times 120 \text{ inch} \times 2 \text{ mm})}$$

$$= 7877,5155 \text{ pcs}$$

$$\text{Result shift} = \frac{7877,5155 \text{ pcs}}{100 \frac{\text{pcs}}{\text{pack}}}$$

$$= 78,7752 \text{ pack}$$

$$\text{Overall yield} = \text{time yield} \times \text{drawing yield} \times \text{cutting yield} \times 100\%$$

$$= 97,9167 \% \times 97,4468 \% \times 76,8132 \% \times 100\%$$

$$= 0,979167 \times 0,974468 \times 0,768132 \times 100\%$$

$$= 73,2926\%$$

Tabel II.2.4 Hasil Perhitungan

	Shift Pagi	Shift Sore	Shift Malam
Time Yield	97,9167 %	97,7083 %	96,6667 %
Drawing Plan	3508,0381 ccs	3904,4865 ccs	2300,3791 ccs
Drawing Actual	3418,4711 ccs	3821,2352 ccs	2275,5906 ccs
Drawing Yield	97,4468 %	97,8678 %	98,9224 %
Cutting Calculation	2629,5932 ccs	3439,1117 ccs	2108,2677 ccs
Edge Loss	809,5472 ccs	390,4487 ccs	169,1455 ccs
Sample Loss	3,7500 ccs	6,2500 ccs	10,0000 ccs
Defect Loss	0,4680 %	1,4655 %	5,2786 %
Cutting Actual	2625,8385 ccs	3432,8471 ccs	2098,2149 ccs
Cutting Yield	76,8132 %	89,8361 %	92,2053 %
Ccs/Lembar	0,3333 ccs	1,75 ccs	5,46 ccs
Result Shift	7877,5155 pcs	1961,6269 pcs	384,2884 pcs
Result Shift	78,7752 pack	39,2325 pack	48,0361 pack
Overall Yield	73,2926 %	85,9057 %	88,1713 %

$$\text{Jumlah kaca/hari} = 78,7752 \text{ pack} + 39,2325 \text{ pack} + 48,0361 \text{ pack}$$

$$= 166,0437 \text{ pack}$$

II.2.7 Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan *result shift* dari masing-masing *shift* yaitu pada *shift* pagi sebesar 78,7752 *pack*, *shift* sore sebesar 39,2325 *pack*, dan *shift* malam sebesar 48,0361 *pack*. Sehingga didapatkan jumlah kaca yang diproduksi dalam 1 hari yaitu sebesar 166,0437 *pack*. Pada saat pemotongan kaca terdapat beberapa kaca yang mengalami kerusakan / *defect* sehingga kaca dibuang dan tidak masuk dalam proses *packing*. Dalam satu hari terdapat *defect loss* sebesar 7,2121%, sedangkan *cutting yield* yang didapatkan sebesar 86,2848%.

Perhitungan *result shift* digunakan untuk mengetahui jumlah kaca yang diproduksi dalam satu hari, sehingga dapat diperkirakan waktu dan jumlah kaca yang sudah siap dikirim ke konsumen. Dari tabel hasil perhitungan dapat diketahui bahwa waktu produksi kaca yang digunakan sudah maksimal dikarenakan hasil perhitungan *time yield* mendekati 100%. *Time yield* dipengaruhi oleh waktu pergantian *shift*/kerja. Jumlah kaca yang diproduksi dalam satu hari dapat berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh ukuran kaca, kecepatan alir kaca (*lehr speed*), waktu produksi, dan jumlah kerusakan yang terdapat dalam produksi kaca. Berdasarkan hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa *shift* pagi memproduksi kaca dengan maksimal karena memiliki *result shift* yang paling besar yaitu sebesar 7877,5155 pcs kaca. Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil maksimal produksi kaca pada *shift* pagi yaitu pada pagi hari energi dari pekerja masih penuh dan segar sehingga pekerja dapat bekerja memproduksi kaca dengan maksimal. Selain itu waktu pergantian kerja (*job change*) pada *shift* pagi lebih sedikit sehingga pekerja dapat lebih memaksimalkan waktu kerja. Kemudian tebal kaca yang diproduksi pada *shift* pagi juga lebih kecil dibandingkan *shift* lainnya sehingga *lehr speed*/kecepatan aliran akan semakin cepat dan proses produksi kaca lebih cepat selesai. Produksi kaca pada PT. Asahimas Flat Glass, Tbk dalam satu hari sudah maksimal karena *drawing yield* yang diperoleh mendekati 100% dan tidak kurang dari standarnya yaitu 10% dari *drawing actual*.