

KARYA TULIS

**PENGARUH BEBERAPA JENIS KACA DENGAN KETEBALAN
TERTENTU TERHADAP RAMBATAN PANAS DARI SINAR
MATAHARI KE DALAM RUANGAN**



Fermanto Lianto

Jakarta, Maret 2018

KATA PENGANTAR

Puji syukur dan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta kepada semua pihak yang telah membantu baik secara materi maupun non materi, sehingga karya tulis berjudul: **PENGARUH BEBERAPA JENIS KACA DENGAN KETEBALAN TERTENTU TERHADAP RAMBATAN PANAS DARI SINAR MATAHARI KE DALAM RUANGAN** ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari masih ada kekurangan dalam penulisan ini, sehingga membutuhkan masukan, kritik dan saran untuk menyempurnakannya.

Akhir kata semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Terima Kasih. Berkah Dalem.

Jakarta, 8 Maret 2018

Penulis,

Fermanto Lianto.

DAFTAR ISI

<i>Abstract</i>	21
Abstrak	21
PENDAHULUAN	22
PERMASALAHAN	23
METODOLOGI	24
LANDASAN TEORI	25
1. KACA	25
2. AIR	26
3. KACA+AIR+KACA	27
HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN	27
KESIMPULAN	37
DAFTAR PUSTAKA	38

PENGARUH BEBERAPA JENIS KACA DENGAN KETEBALAN TERTENTU TERHADAP RAMBATAN PANAS DARI SINAR MATAHARI KE DALAM RUANGAN.

Fermanto Lianto
Dosen Tetap Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara.
Email: fermantolianto@yahoo.com

Abstract

The Earth's surface Temperatures is increasing from year to year. Many things can cause a temperature rise in the earth, like the sun rising temperatures, global warming process, and the destruction of the ozone layer. There are several things that can cause damage to the ozone layer, one of which is gas CFC (Chlorofluorocarbons) resulting from the use of Air Conditioner (AC) to lower the temperature in the room.

As we know the use of glass windows in the room, besides entering sunlight, is also one of the causes influx of heat from the sun, so the type, thickness and construction of a glass window that is used will greatly affect the temperature in the room that lead to efficiency in the use of air conditioning.

There are several types of glass with different thickness can be used for the window are: clear glass, rayben glass, synergy glass, and others. There is also some material that can reduce the propagation of heat combined with glass as: a plastic film and glass will become a Laminated Glass Film, a glass and water will become a Glass-Water-Glass, etc.

This observation and research will compare several types of glass, and see the effect on propagation of heat from the sun into the room.

Keywords: *Clear Glass, Synergy Glass, Laminated Glass Film, Chlorofluorocarbons*

Abstrak

Suhu di permukaan bumi semakin bertambah panas dari tahun ke tahun. Banyak hal yang dapat menyebabkan suhu di bumi meningkat, seperti meningkatnya suhu sinar matahari, proses pemanasan global, dan rusaknya lapisan ozone. Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan rusaknya lapisan ozone ini, salah satunya adalah gas CFC (Chlorofluorocarbon) yang dihasilkan akibat penggunaan Air Conditioner (AC) untuk menurunkan suhu di dalam ruangan.

Seperti kita ketahui pemakaian jendela kaca pada ruangan, selain memasukan sinar matahari, juga merupakan salah satu penyebab masuknya panas dari sinar matahari, sehingga jenis, ketebalan dan konstruksi jendela kaca yang dipergunakan akan sangat berpengaruh terhadap suhu di dalam ruangan yang mengakibatkan efisiensi dalam penggunaan AC.

Ada beberapa jenis kaca dengan berbagai ketebalan dapat dipergunakan untuk jendela diantaranya: kaca polos/clear, kaca rayben, kaca synergy, dan lain-lain. Ada juga beberapa material yang dapat mengurangi rambatan panas digabungkan dengan kaca seperti: plastik film dan kaca menjadi Kaca Laminated Film, air dan kaca menjadi Kaca-Air-Kaca, dan sebagainya.

Pada pengamatan dan penelitian ini akan membandingkan beberapa jenis kaca diatas, dan melihat pengaruhnya terhadap rambatan panas dari sinar matahari ke dalam ruangan.

Kata Kunci: *Kaca Clear, Kaca Synergy, Kaca Laminated Film, Chlorofluorocarbon*

PENDAHULUAN

Suhu di permukaan bumi semakin bertambah dari tahun ke tahun. Banyak hal yang dapat menyebabkan suhu di bumi meningkat, seperti meningkatnya suhu sinar matahari, proses pemanasan global, dan rusaknya lapisan *ozone*, sehingga meningkatkan jumlah sinar matahari yang masuk ke permukaan bumi. Lapisan *ozone* adalah salah satu lapisan yang ada di atmosfer bumi. Lapisan ini berguna untuk melindungi bumi dari radiasi sinar matahari secara langsung. Bila lapisan *ozone* rusak, jumlah sinar matahari yang masuk ke dalam bumi akan meningkat dan akhirnya menaikkan suhu di bumi. (<http://en.wikipedia.org>, 23 Mei 2010)

Ada beberapa hal yang dapat menyebabkan rusaknya lapisan *ozone* ini, salah satunya adalah gas CFC (*Chlorofluorocarbon*) yang dihasilkan akibat penggunaan *Air Conditioner* (AC) untuk menurunkan suhu di dalam ruangan sehingga suhu udara menjadi lebih sejuk. Namun pemakaian AC menghasilkan gas CFC (*Chlorofluorocarbon*) sebagai hasil pembuangannya. Gas yang berasal dari *freon* ini akan terbang menuju *ionosfer*, tempat lapisan *ozone* berada. Dengan adanya sinar matahari, CFC akan bereaksi dengan *ozone* (O_3). CFC tersebut akan mengurai O_3 menjadi molekul O_2 (*Oxygen molecule*) dan atom O (*Oxygen atom*). Kedua produk dari reaksi kimia ini tidak memiliki sifat dari *ozone*, yaitu mengurangi sinar matahari yang masuk ke dalam bumi. Karena jumlah O_3 yang banyak berkurang, maka sinar matahari yang masuk ke dalam bumi akan semakin banyak pula. Akhirnya, suhu di bumi pun akan semakin tinggi seiring dengan semakin banyaknya *ozone* yang rusak. Dengan semakin tingginya suhu di permukaan bumi, maka secara tidak langsung penggunaan AC di bumi juga akan semakin banyak, seperti lingkaran proses sebab akibat yang saling mempengaruhi

terus menerus. Hal ini tentu saja akan menambah emisi gas CFC ke udara. Disamping itu, semakin panasnya suhu di permukaan bumi juga akan menyebabkan es di kutub utara dan kutub selatan bumi yang akan mencair, yang akan berakibat menaikkan tinggi permukaan air laut di seluruh bumi, sehingga dapat mengancam kelangsungan hidup umat manusia.

Sinar matahari yang mengandung panas akan masuk kedalam ruangan melalui jendela-jendela yang terbuat dari bahan kaca, dimana bahan kaca dibutuhkan agar ruangan mendapat sinar alami dari sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan, sehingga ruangan tidak membutuhkan penerangan buatan pada siang hari. Untuk menghindari panas yang masuk secara berlebihan ke dalam ruangan, maka material kaca yang dipergunakan sebagai penutup jendela perlu kita pelajari sifat-sifat menghantar panasnya, agar suhu di dalam ruangan menjadi lebih rendah dan pemakaian AC dapat di kurangi.

PERMASALAHAN

Ada beberapa jenis kaca dan ketebalan kaca yang dapat dipergunakan sebagai bahan penutup jendela agar sinar matahari dapat masuk ke dalam ruangan, dan tentunya juga akan membawa panas ke dalam ruangan, maka pada penelitian ini akan di teliti bagaimana pengaruh beberapa jenis kaca dan ukuran ketebalan kaca terhadap rambatan panas dari sumber sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan melalui jendela kaca.

Untuk membatasi lingkup penelitian, maka tulisan ini akan terfokus kepada dua hal saja yaitu:

1. Mengamati perbedaan suhu di luar dan di dalam ruangan yang memiliki jendela kaca, dari bahan beberapa jenis kaca yang ada dipasaran yaitu: kaca

clear dengan ketebalan 6 mm, kaca *Laminated* 6 mm + PVB 0.38 mm, kaca *synergy* dengan ketebalan 6 mm, dan penambahan unsur air dengan ketebalan tertentu pada kaca *clear* dengan ketebalan 5 mm yaitu: kaca *clear* tebal 5 mm + air 5 mm + kaca *clear* tebal 5 mm, dan serta pada kaca *clear* dengan ketebalan 3 mm yaitu: kaca *clear* tebal 3 mm + air tebal 3 mm + kaca *clear* tebal 3 mm.

2. Sumber sinar yang dipakai adalah sinar matahari yang langsung mengenai jendela kaca pada *sample* berupa maket dari bahan *softboard* berbentuk rumah.

METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan beberapa *sample* berupa maket dari bahan *softboard* tebal 18 mm, berbentuk miniatur sebuah rumah dengan sebuah jendela kaca dari bahan beberapa jenis kaca yang berbeda, di mana maket tersebut memiliki luas ruangan karakteristik yang relatif sama, dan tanpa ventilasi untuk mempermudah proses pengamatan.

Maket tersebut diletakan diatas atap bangunan agar terkena sinar matahari langsung kearah jendela yang menghadap arah timur, dan dilakukan pengambilan data suhu dengan menggunakan thermometer air raksa setiap jam dalam rentang waktu mulai dari pukul 09.00 sampai pukul 16.00 selama 40 hari pada tanggal 01 Maret 2010 sampai dengan tanggal 09 April 2010, di 2 (dua) lokasi yang berbeda yaitu:

1. Di sekolah St. Laurensia, Alam Sutera, Tangerang, Banten.

Di sini dilakukan pengambilan data sebanyak 2 (dua) buah *sample* yang diuji yaitu maket dengan jendela dari bahan kaca *clear* 6 mm (maket

no. 1) dan kaca *clear* tebal 3 mm + air tebal 3 mm + kaca *clear* tebal 3 mm (maket no. 5).

2. Di perumahan Taman Surya II, blok D1 no. 26, Cengkareng, Jakarta Barat.

Di sini dilakukan pengambilan data sebanyak 4 (empat) buah *sample* yang diuji yaitu maket dengan jendela dari bahan kaca *Synergy* 6 mm (maket no. 2), kaca *Laminated* 6 mm + PVB 0.38 mm (maket no. 3), kaca *clear* 5 mm + air 5 mm + kaca *clear* 5 mm (maket no. 4).

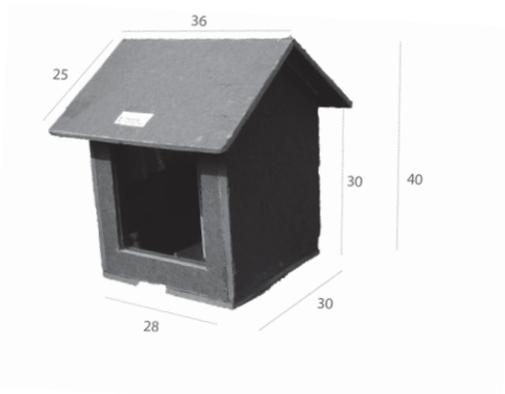


Foto 1. Ukuran maket (dalam cm) dengan model rumah dari bahan softboard dan memiliki ukuran lubang jendela yang sama besarnya, ditutup kaca dari jenis yang berbeda-beda.



Foto 2. Maket dengan model rumah yang memiliki jendela kaca diletakkan di ruang terbuka menghadap timur, disinari sinar matahari, siap dipakai untuk pengambilan data suhu yang tertera pada thermometer air raksa pada setiap jamnya dari pukul 09.00 sampai pukul 16.00, selama 40 hari.

LANDASAN TEORI

1. KACA

Kaca merupakan materi bening dan transparan (tembus pandang) yang biasanya di hasilkan dari campuran silikon atau bahan silikon dioksida (SiO_2),

yang secara kimia sama dengan kuarsa. Biasanya dibuat dari pasir. Suhu lelehnya mencapai 2000° Celsius. (<http://www.chem-is-try.org>, 30 Agustus 2010)

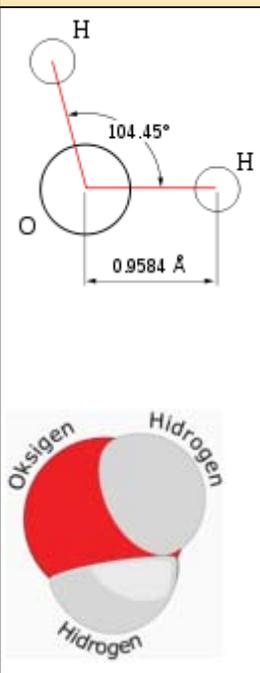
Ada beberapa jenis kaca yang umum digunakan untuk bahan penutup jendela, diantaranya yaitu:

1. Kaca *clear*: kaca yang merambatkan hampir seluruh panas dan cahaya ke dalam ruangan.
2. Kaca *laminated*: kaca yang dilapisi film gelap (*laminated*) yang bertujuan untuk memperlambat rambatan cahaya dan panas yang melewatinya dan mengandung unsur PVB (*Polyvinyl Butyral*)^[8] yang berfungsi sebagai resin yang bersifat memperkuat ikatan antar kaca.
3. Kaca *synergy*: kaca yang bersifat memantulkan cahaya sehingga hanya sebagian cahaya dan panas yang masuk ke dalam ruangan.

2. AIR

Air adalah zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua bentuk kehidupan. Sampai saat ini diketahui air hanya ada di bumi, tetapi tidak terdapat di planet lain. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi, terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil³) tersedia di bumi. Air sebagian besar terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung), akan tetapi juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, muka air tawar, danau, uap air, dan lautan es. Air dalam obyek-obyek tersebut bergerak mengikuti suatu siklus air, yaitu: melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah (*runoff*, meliputi mata air, sungai, muara) menuju laut. (<http://id.wikipedia.org/wiki/Air>, 6 Maret 2010)

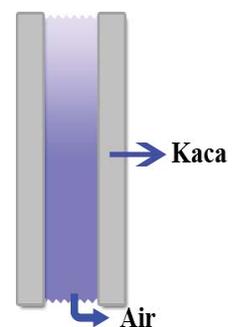
Sifat-sifat kimia dan fisika Air:

Air	Informasi dan sifat-sifat	
	<u>Nama sistematis</u>	air
	<u>Nama alternatif</u>	aqua, dihidrogen monoksida, Hidrogen Hidroksida
	<u>Rumus molekul</u>	H ₂ O
	<u>Massa molar</u>	18.0153 g/mol
	<u>Densitas dan fase</u>	0.998 g/cm ³ (cariran pada 20 °C) 0.92 g/cm ³ (padatan)
	<u>Titik lebur</u>	0 °C (273.15 K) (32 °F)
	<u>Titik didih</u>	100 °C (373.15 K) (212 °F)
	<u>Kalor jenis</u>	4184 J/(kg·K) (cairan pada 20 °C)

Tabel 1. Informasi dan sifat-sifat air

3. KACA + AIR + KACA

Pada percobaan ini dibuat sebuah konstruksi jendela dari bahan dasar kaca *clear* dengan ketebalan tertentu yang dikombinasi dengan air dengan ketebalan tertentu sebagai peredam panas yang diletakkan ditengah-tengah antara 2 (dua) buah kaca *clear* tersebut dan di tutup (*seal*) dengan sealant agar tidak tumpah dan menguap pada waktu terkena panas matahari.



Gambar 1. Konstruksi jendela: Kaca + Air + Kaca

HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN

Iklm adalah kondisi rata-rata cuaca dalam waktu yang panjang. Studi tentang iklim dipelajari dalam meterologi. Iklm di bumi sangat dipengaruhi oleh posisi matahari terhadap bumi. Beberapa klasifikasi iklim di bumi ini di tentukan oleh

letak geografis seperti iklim tropis, iklim sub tropis dan lain-lain. Tetapi iklim dapat berubah apabila keseimbangan bumi tidak di jaga.

Perubahan iklim adalah suatu fenomena dimana satu iklim berubah secara drastis dan mendadak di mana cakupan dari perubahannya sangat luas. Pada kenyataannya, iklim sulit untuk berubah karena membutuhkan waktu yang lama, perubahannyapun tidak mungkin secara drastis, dan jangkauan daerahnyapun sangat luas. Banyak penyebab yang mengakibatkan perubahan iklim, aktifitas manusia yang menjadi penyebab paling besar, seperti asap pembakaran dari pabrik, kendaraan, dan pembalakan atau penebangan hutan secara liar. Perubahan iklim mencakup banyak bagian, salah satunya adalah meningkatnya suhu di permukaan bumi yang membuat lingkungan menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan ini nantinya akan membuat cuaca menjadi tidak bisa diprediksi lagi.

Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) temperatur permukaan panas bumi rata-rata meningkat dari 0,3 derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) menjadi 0,6 derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) dalam kurun waktu 100 tahun terakhir. Penyebab utama dari kenaikan suhu ini adalah meningkatnya jumlah gas rumah kaca (seperti gas *carbon dioksida* dan gas *methane*) di atmosfer bumi. Hal ini akan mengakibatkan peristiwa pemanasan global, jika jumlah emisi gas rumah kaca terus terbentuk diatmosfir maka diperkirakan pada tahun 2030 temperatur bumi akan mengalami kenaikan 1,5 $^{\circ}\text{C}$ hingga 4,5 $^{\circ}\text{C}$. (6 Maret 2010, <http://id.wikipedia.org>)

Perubahan iklim ini terjadi akibat naiknya suhu di permukaan bumi. Naiknya suhu di bumi ini dipengaruhi oleh dua hal. Yang pertama adalah lapisan *ozone* yang semakin menipis sehingga tidak ada yang menghalangi sinar matahari untuk masuk ke bumi. Rusaknya lapisan *ozone* disebabkan oleh gas dengan efek rumah

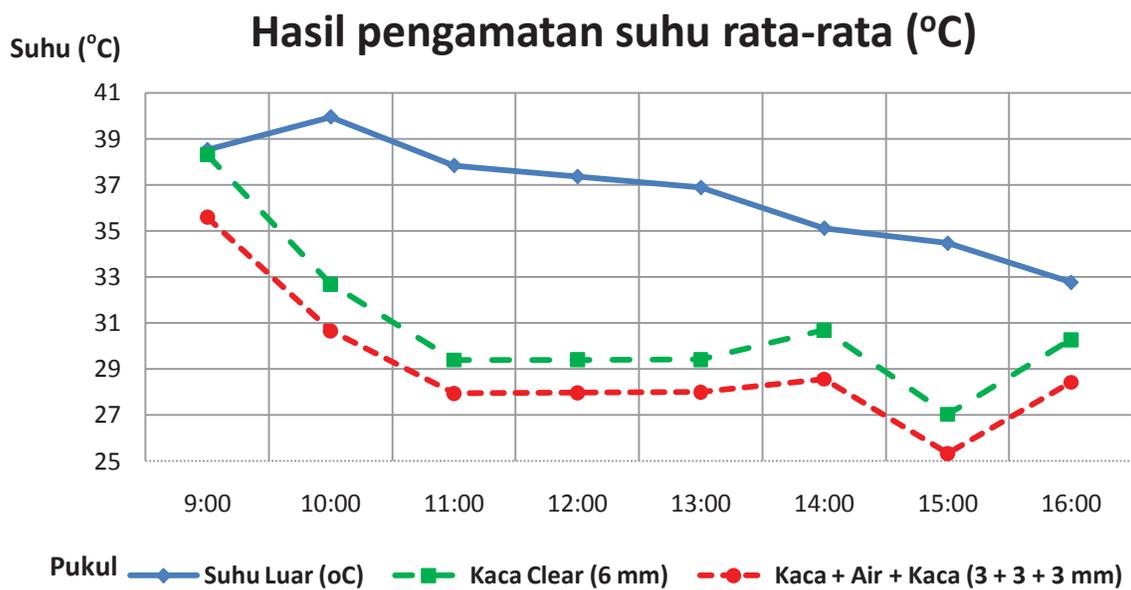
kaca, yang salah satunya adalah gas *chlorofluorocarbon* (CFC) yang dihasilkan akibat pemakaian *Air Conditioner* (AC) untuk menyejukkan ruangan. Yang kedua adalah terperangkapnya panas matahari yang disebabkan oleh gas dengan efek rumah kaca tersebut, salah satunya yaitu gas *Carbon dioksida* (CO₂).

Dengan meningkatnya konsentrasi gas CO₂ di atmosfer, maka akan semakin banyak gelombang panas yang dipantulkan dari permukaan bumi diserap oleh atmosfer. Hal ini akan mengakibatkan suhu permukaan bumi menjadi meningkat.

Berikut adalah beberapa data dan hasil perbandingan suhu rata-rata selama 40 hari antara suhu di luar maket *sample* dengan suhu di dalam ruangan maket *sample* dengan beberapa jenis kaca yang didapat dari pengamatan yang dilakukan dari pukul 9.00 sampai pukul 16.00 di lokasi sekolah Santa Laurensia, Alam Sutera, Tangerang, Banten dan di lokasi Taman Surya 2 Blok D1/02, Jakarta Barat:

Hasil pengamatan suhu rata-rata			
Lokasi: Sekolah Santa Laurensia, Alam sutera - Tangerang, Banten			
dari tanggal 1 Maret 2010 s/d 9 April 2010 (selama 40 Hari)			
Pukul	Suhu Luar (°C)	Jenis Kaca	
		1	5
		Kaca Clear (6 mm)	Kaca + Air + Kaca (3 + 3 + 3 mm)
		Suhu Ruang (°C)	Suhu Ruang (°C)
9:00	38.53	38.31	35.59
10:00	39.95	32.68	30.66
11:00	37.84	29.39	27.95
12:00	37.36	29.40	27.97
13:00	36.88	29.41	28.00
14:00	35.13	30.69	28.56
15:00	34.47	27.03	25.33
16:00	32.77	30.27	28.42

Tabel 2. Hasil pengamatan suhu rata-rata di lokasi sekolah Santa Laurensia, selama 40 hari



Grafik 1. Perbandingan suhu rata-rata di lokasi sekolah Santa Laurensia, selama 40 hari

Seperti diuraikan diatas kenaikan suhu rata-rata permukaan bumi jelas terlihat sebagai akibat dari pemakaian *Air Conditioner* (AC), efek rumah kaca, dan efek dari gas CO₂, hal ini terlihat pada tabel 2 diatas dengan terjadinya kenaikan suhu di permukaan bumi yang mengakibatkan suhu udara di luar maket *sample* menunjukkan suhu yang tinggi yaitu mencapai 39.95 °C pada lokasi pengamatan di sekolah Santa Laurensia, bahkan mencapai suhu 43.15 °C pada lokasi pengamatan di perumahan Taman Surya 2 yang dapat dilihat pada tabel 3 di bawah.

Di sekolah Santa Laurensia cenderung memiliki suhu lingkungan yang relative lebih rendah dari pada di perumahan Taman Surya 2. Hal ini disebabkan karena lingkungan sekolah Santa Laurensia yang ditumbuhi banyak pepohonan dan tanam-tanaman memberikan kesejukan dan cadangan oksigen yang lebih banyak. Oksigen yang banyak ini membuat suhu di sekolah Santa Laurensia menjadi lebih rendah daripada di perumahan Taman Surya 2 yang sedikit di ditanami pepohonan dan tumbuh-tumbuhan.

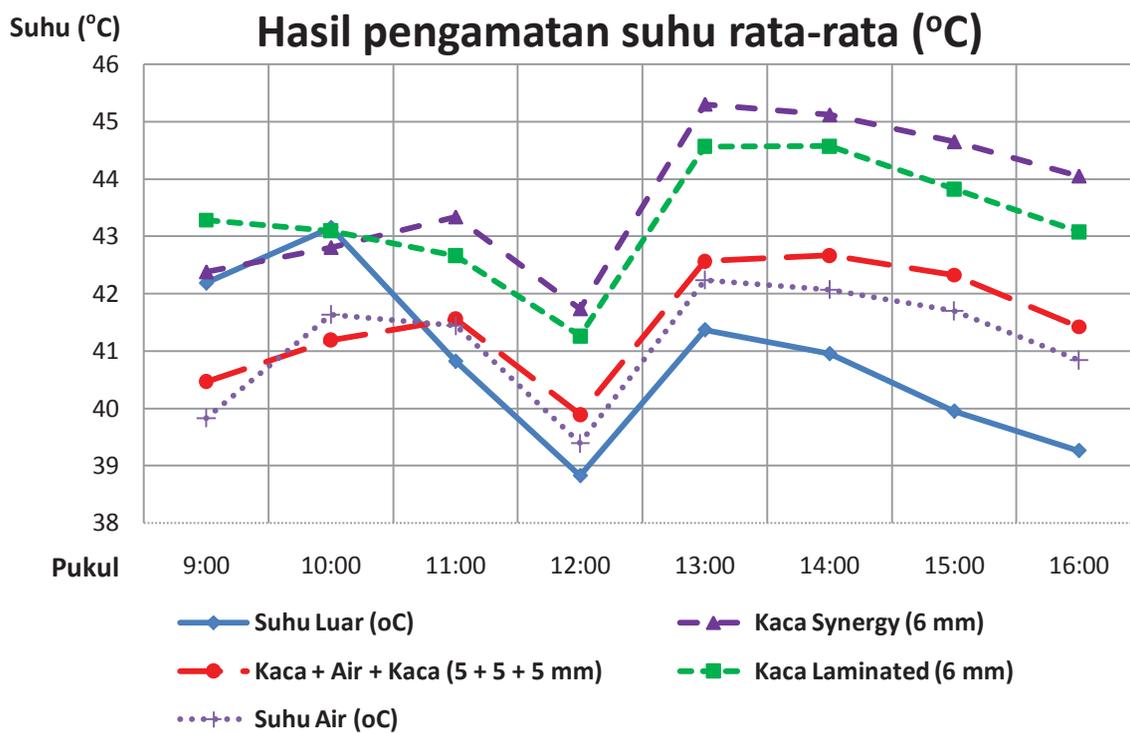
Temperatur Sinar matahari di lokasi sekolah Santa Laurensia yang terlihat pada termometer air raksa di dinding luar maket selama 40 hari, menunjukkan angka rata-rata 38.53 °C pada pukul 09.00, terus meningkat sampai menunjukkan suhu 39.95 °C pada pukul 10.00 dan selanjutnya menurun sampai suhu 32.77 °C pada pukul 16.00, artinya suhu puncak yang diterima dinding luar maket adalah pada pukul 10.00, hal ini disebabkan karena adanya overstek pada atap maket yang menyebabkan jendela dan dinding dimana thermometer berada terlindung pada saat sinar matahari pukul 12.00.

Pada maket no. 1, yaitu jendela dengan kaca *clear*, suhu tertinggi adalah 38.31 °C pada saat pukul 10.00, kemudian menurun sampai pukul 13.00 dan meningkat kembali pada pukul 14.00 dan pukul 16.00. Sinar matahari yang masuk tidak hanya mengandung cahaya tetapi juga panas. Karena banyak sinar matahari yang masuk, maka suhu di dalam ruangan menjadi lebih panas. Cahaya matahari masuk begitu saja, tanpa adanya sesuatu yang menghambat laju perambatannya kecuali kaca *clear* itu sendiri dengan ketebalan 6 mm.

Demikian juga yang terjadi pada maket no.5 (kaca 3 mm + Air 3 mm + kaca 3 mm) dengan ketinggian suhu yang berbeda. Hal ini disebabkan karena perambatan sinar matahari tidak terlalu cepat masuk kedalam ruangan, panas yang masuk di tahan rambatannya oleh air setebal 3 mm, dengan demikian suhu di dalam ruangan akan lebih rendah dibandingkan suhu di luar ruangan.

Hasil pengamatan suhu rata-rata					
Lokasi: Perumahan Taman Surya 2 Blok D1/02, Jakarta Barat					
dari tanggal 1 Maret 2010 s/d 9 April 2010 (selama 40 Hari)					
Pukul	Suhu Luar (°C)	Jenis Kaca			
		2	3	4	
		Kaca Synergy (6 mm)	Kaca Laminated (6 mm)	Kaca + Air + Kaca (5 + 5 + 5 mm)	
		Suhu Ruang (°C)	Suhu Ruang (°C)	Suhu Air (°C)	Suhu Ruang (°C)
9:00	42.19	42.38	43.28	39.83	40.47
10:00	43.15	42.81	43.10	41.63	41.19
11:00	40.82	43.34	42.66	41.44	41.56
12:00	38.83	41.74	41.26	39.39	39.89
13:00	41.37	45.30	44.57	42.24	42.57
14:00	40.95	45.12	44.57	42.07	42.67
15:00	39.95	44.65	43.83	41.70	42.33
16:00	39.26	44.05	43.08	40.84	41.42

Tabel 3. Hasil pengamatan suhu rata-rata di lokasi perumahan Taman Surya 2, selama 40 hari



Grafik 2. Perbandingan suhu rata-rata di lokasi perumahan Taman Surya 2 blok D1/02, selama 40 hari

Temperatur Sinar matahari di lokasi perumahan Taman Surya 2, yang terlihat pada termometer air raksa di dinding luar maket selama 40 hari, menunjukkan angka rata-rata 42.19 °C pada pukul 09.00, terus meningkat sampai menunjukkan suhu 43.15 °C pada pukul 10.00 dan selanjutnya menurun sampai suhu 38.83 °C

pada pukul 12.00, dan meningkat kembali ke suhu 41.37 °C pada pukul 13.00, akhirnya menurun menjadi suhu 39.26 °C pada pukul 16.00, artinya suhu puncak yang diterima dinding luar maket adalah pada pukul 10.00, sama hal ini seperti pada lokasi pengamatan sebelumnya.

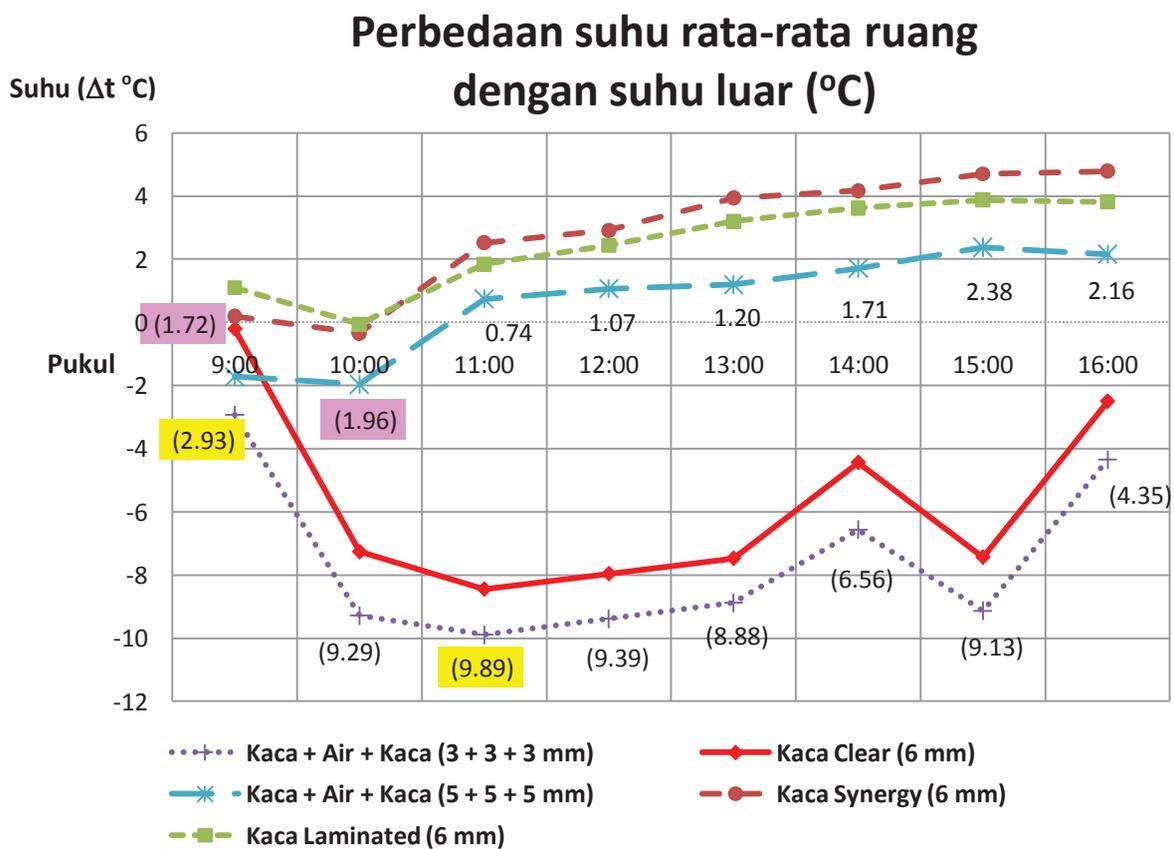
Pada maket no. 2 (kaca *synergy* 6 mm) dan maket no 3 (kaca *laminated* 6 mm), suhu tertinggi terlihat pada pukul 13.00, bahkan suhu didalam ruangan maket terlihat lebih besar daripada suhu di luar ruangan sejak pukul 09.00, hal ini menunjukkan bahwa adanya panas yang masuk kedalam ruangan dan tertahan di dalam ruangan dan sulit untuk merambat keluar dari jendela kaca. Pemakaian kaca *synergy* yang mempunyai sifat memantulkan panas yang akan masuk ke dalam ruangan, tetapi cahaya yang masuk memiliki persentase panas yang lebih besar dari pada panas yang mampu dipantulkan, dan panas yang sudah berada di dalam ruangan akan sulit untuk keluar lagi, yang akhirnya membuat suhu di dalam ruangan menjadi lebih tinggi.

Demikian juga halnya dengan pemakaian PVB (*Polyvinyl Butyral*) pada kaca *laminated* menyebabkan panas yang ikut masuk bersama cahaya matahari ke dalam ruangan terhambat untuk keluar, maka panas akan terperangkap di dalam ruangan yang pada akhirnya mengakibatkan suhu di dalam ruangan menjadi lebih tinggi daripada suhu di luar ruangan.

Sedangkan pada maket no. 4 (Kaca 5 mm + Air 5 mm + kaca 5 mm) menunjukkan suhu pada pukul 09.00 relatif lebih rendah yaitu 40.47 daripada suhu di luar maket yaitu 42.19 °C, hal ini juga terlihat adanya air yang menahan rambatan panas sinar matahari masuk ke dalam ruangan, terlihat pada suhu air yang menunjukkan angka 39.83 °C. Suhu tertinggi terjadi pada pukul 14.00 yaitu

42.67 °C, suhu ini lebih tinggi daripada suhu di luar yang menunjukkan angka 40.95 °C, hal ini menunjukkan bahwa rambatan panas dari luar pada jam-jam sebelumnya baru merambat masuk ke dalam ruangan dan panas terkumpul di dalam ruangan maket, karena pada maket tidak memiliki ventilasi.

Berikut adalah grafik yang menunjukkan selisih suhu (Δt °C) antara suhu di dalam ruangan dari beberapa jenis kaca yang diamati dibandingkan dengan suhu luar ruangan pada masing-masing lokasi pengamatan:



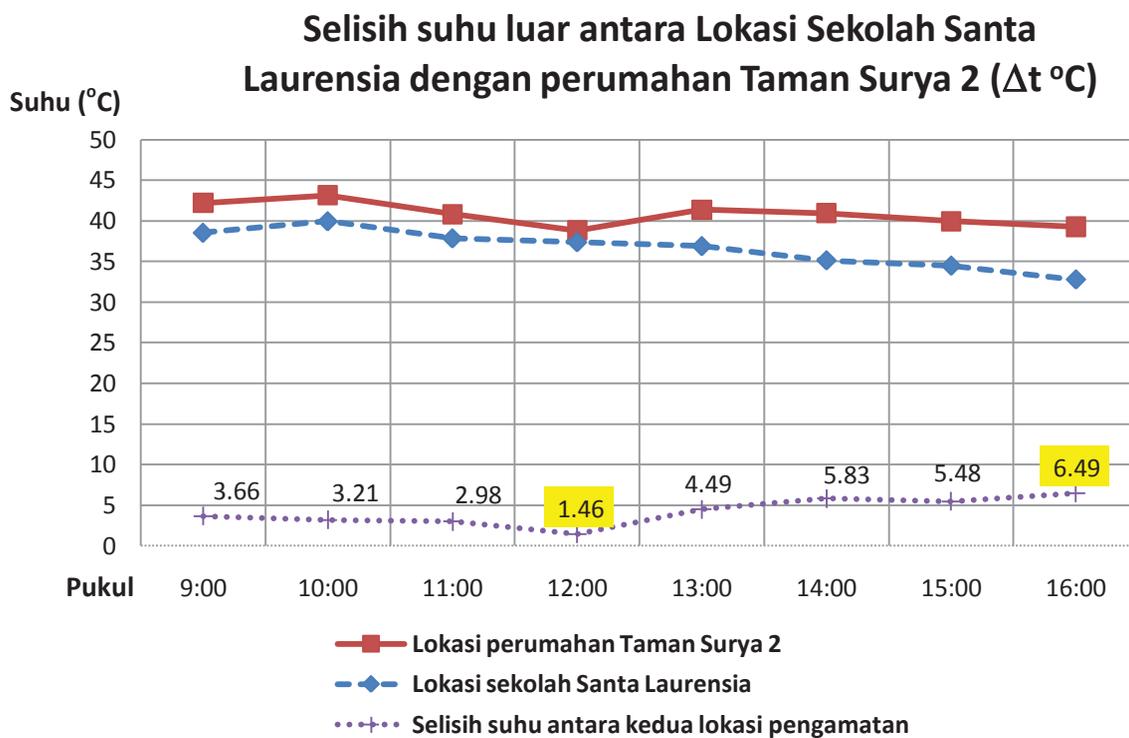
Grafik 3. Perbandingan perbedaan suhu rata-rata ruangan dengan suhu luar

Dari grafik diatas terlihat bahwa jendela dengan konstruksi kaca + air + kaca mampu menurunkan suhu lebih rendah dibandingkan dengan jenis kaca lainnya baik di lokasi pengamatan sekolah Santa Laurensia maupun di lokasi pengamatan

perumahan Taman Surya 2, hal ini disebabkan karena sifat air yang sejuk dan dingin, sehingga mampu menyerap panas sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan.

Sedangkan kaca *synergy* dan kaca *laminated* bersifatnya memantulkan, sehingga sebagian panas di pantulkan dan sebagian lagi terserap masuk kedalam ruangan, demikian juga halnya panas yang berada di dalam ruangan sulit untuk keluar melalui jendela kaca, sehingga di dalam ruangan menjadi lebih lama menyimpan panas.

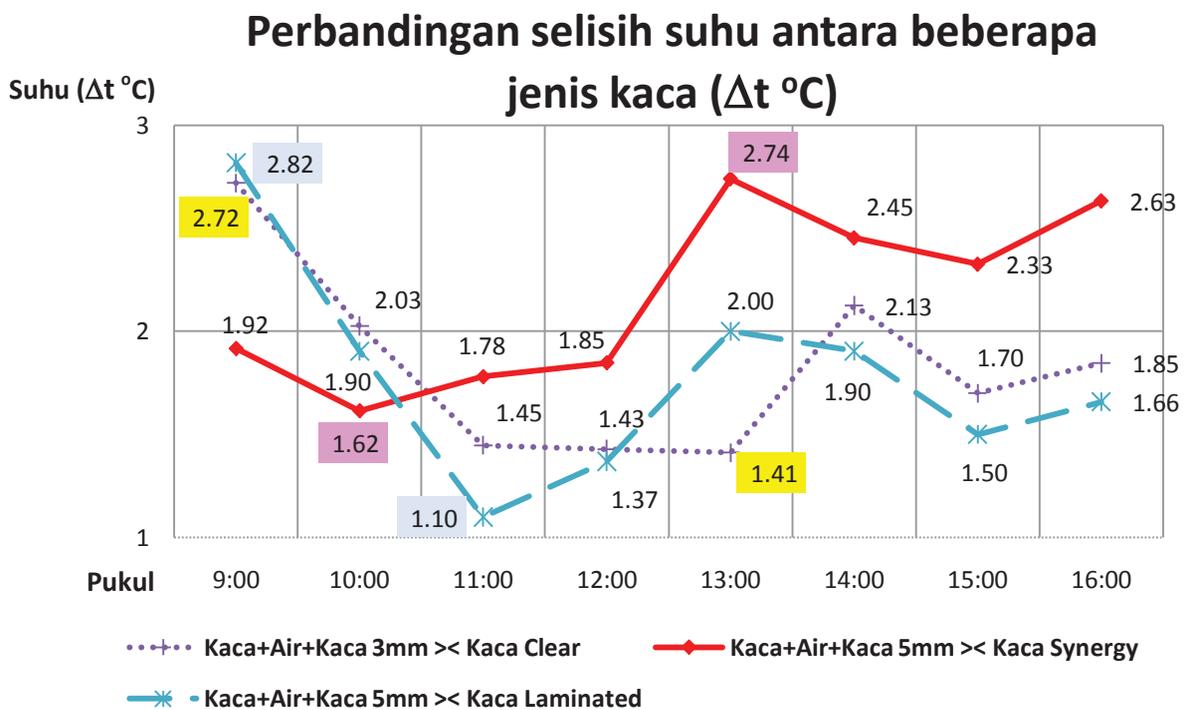
Berikut adalah perbandingan suhu luar di lokasi sekolah Santa Laurensia dengan lokasi perumahan Taman Surya 2, dan perbedaan suhu diantara kedua lokasi tersebut.



Grafik 4. Selisih suhu luar antara lokasi pengamatan sekolah Santa Laurensia dengan perumahan Taman Surya 2

Terlihat bahwa lokasi yang berbeda juga menunjukkan suhu luar yang berbeda dengan perbedaan suhu yang cukup tinggi yaitu antara 1.46 °C pada pukul 12.00 sampai dengan 6.49 °C pada pukul 16.00, hal ini juga disebabkan karena kondisi pepohonan yang ada disekitar lokasi pengamatan yang tentunya juga mempengaruhi rambatan panas yang masuk ke dalam jendela kaca pada maket *sample*.

Berikut adalah perbandingan selisih suhu antara selisih suhu jendela kaca + air + kaca dengan suhu luar, yang dibandingkan dengan selisih suhu jendela kaca lainnya dengan suhu luar, untuk mengetahui berapa selisih suhu paling rendah dan paling tinggi pada waktu tertentu. Sehingga dapat diketahui pada pukul berapa jendela kaca + air + kaca dapat menurunkan suhu ruangan terhadap suhu luar berfungsi secara optimal dan minimal menahan panas dari sinar matahari dibandingkan dengan jendela dengan jenis kaca lainnya.



Grafik 5. Perbandingan selisih suhu antara beberapa jenis kaca

Dari grafik diatas terlihat bahwa selisih suhu (Δt) antara kaca 3 mm + Air 3 mm + Air 3 mm dibandingkan dengan kaca *clear* 6 mm berkisar antara 1.41 °C pada pukul 13.00 sampai dengan 2.72 °C pada pukul 09.00, sedangkan selisih suhu (Δt) antara kaca 5 mm + Air 5 mm + Air 5 mm dibandingkan dengan kaca *synergy* 6 mm berkisar antara 1.62 °C pada pukul 10.00 sampai dengan 2.74 °C pada pukul 16.00, dan selisih suhu (Δt) antara kaca 5 mm + Air 5 mm + Air 5 mm dibandingkan dengan kaca *laminated* 6 mm berkisar antara 1.10 °C pada pukul 11.00 sampai dengan 2.82 °C pada pukul 09.00.

KESIMPULAN.

Untuk mengurangi masuknya panas dari sinar matahari ke dalam ruangan melalui jendela kaca, perlu diperhatikan bahan kaca yang dipakai agar pemakaian *air conditioner* dapat dikurangi derajat kedinginannya, sehingga pemakaian daya listrik dan dampak yang diakibatkan dari pemakaian *Chlorofluorocarbon* dapat dikurangi.

Ada banyak jenis kaca yang dipasaran dengan segala kelebihanannya, tetapi perlu diperhatikan persyaratan yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan kelebihanannya dan dipergunakan pada tempatnya sesuai dengan kebutuhan dan fungsinya.

Pemakaian unsur air ditengah-tengah kaca, dapat dipertimbangkan sebagai bahan konstruksi kaca jendela, karena terbukti cukup efektif dalam mengurangi panas dari sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan dibandingkan dengan jenis kaca lainnya, sehingga suhu di dalam ruangan menjadi lebih rendah daripada suhu di luar ruangan pada waktu yang sama yaitu sebesar minus - 2.93 °C pada

pukul 09.00 sampai dengan minus - 9.89 °C pada pukul 11.00 di lokasi sekolah Santa Laurensia dan sebesar minus -1.72 °C pada pukul 10.00 sampai dengan minus -1.96 °C pada pukul 16.00 di lokasi perumahan Taman Surya 2.

Penghijauan dan pepohonan yang ditanam di daerah sekitar model *sample* juga sangat mempengaruhi suhu di luar maket yang akan berpengaruh terhadap rambatan panas dari sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan melalui jendela kaca, yaitu perbedaan suhu berkisar antara 1.46 °C pada pukul 12.00 sampai dengan 6.49 °C pada pukul 16.00, dengan suhu maksimal terjadi pada pukul 10.00 yaitu sebesar 39.95 °C di lokasi sekolah Santa Laurensia dan sebesar 43.15 °C di lokasi perumahan Taman Surya 2.

DAFTAR PUSTAKA

Air. 6 Maret 2010 <<http://id.wikipedia.org/wiki/Air>>

Beberapa Fakta Seputar Kaca. 30 Agustus 2010 http://www.chem-is-try.org/artikel_kimia/kimia_anorganik/beberapa_fakta_seputar_kaca/

Convective Heat Transfer. 6 Oktober 2010
<http://www.engineeringtoolbox.com/convective-heat-transfer-d_430.html>

Heat Conduction. 6 Oktober 2010
<http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_conduction>

Hiong Li, Him, (2000), *Earth Our Home*. Ed. Yee Sze Onn. Times Centre: Marshall Cavendish Education

Overall Heat Transfer Coefficient. 6 Oktober 2010
<http://www.engineeringtoolbox.com/overall-heat-transfer-coefficient-d_434.html>

Pemanasan Global. 6 Maret 2010 <http://id.wikipedia.org/wiki/Pemanasan_global>

Polyvinyl Butyral. 23 Mei 2010
<http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_butyral#Solar_modules>

Thermal Conductivity. 6 Oktober 2010
<http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_conductivity>

Thermal Radiation. 6 Oktober 2010

<http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_radiation>

Walker J.S., (2007), *Physics*, Third Edition, Pearson Education Inc., New Jersey

Wolfson R., Pasachoff J.M., (1995), *Physics with Modern Physics for Scientist and Engineers*, Second Edition, HarperCollins College Publishers, New York