



Kaca

untuk Bangunan

- Material Penyusun dan Jenis Kaca
- Industri Kaca
- Standarisasi di Indonesia dan Internasional
- Sifat Termal dan Optikal
- Sifat Akustik Kaca dan Perangkatnya
- Kaca dalam Arsitektur
- Pemasangan, Pemeliharaan dan Material Tambahan



Christina Eviutami Mediastika

Kontributor:

Lailiana Kristanto dan Juliana Anggono

D A F T A R I S I

PRAKATA

BAB I Mengenal Kaca

Sejarah Kaca

BAB II Material Penyusun dan Jenis Kaca

2.1. Material Kaca

2.2. Pembuatan Kaca

2.3. Jenis Kaca

BAB III Industri Kaca

3.1. Industri Kaca di Dunia

3.2. Industri Kaca di Asia Tenggara dan Indonesia

3.3. Industri Kusen

BAB IV Standarisasi

4.1. Standar di Indonesia

4.2. Standar Internasional

BAB V Struktur, Sifat Kimiawi, Fisis, dan Mekanis

5.1. Struktur Kaca

5.2. Sifat Kaca

- Ketahanan Kimiawi

- Sifat Fisis – Mekanis Kaca

5.3. Evaluasi Kegagalan

BAB VI Sifat Termal Dan Optikal

6.1. *Coefficient of Thermal Expansion*

6.2. *Thermal Conductivity*

6.3. *Thermal Shock Resistance*

6.4. *Heat Processing*

6.5. *Time Lag dan Decrement Factor*

6.6. Sifat Optikal

BAB VII Sifat Akustik Kaca Dan Perangkatnya

- 7.1. Kemampuan Insulasi
- 7.2. Metode Pengujian
- 7.3. *Transmission Loss (TL)*
- 7.4. *Sound Transmission Class (STC)*
- 7.5. *Outdoor-Indoor Transmission Class (OITC)*
- 7.6. Pengaruh Kusen pada Kualitas Akustik

BAB VIII Kaca Dalam Arsitektur

- 8.1. Kaca sebagai Struktur Utama Bangunan
- 8.2. Kaca sebagai Material Selubung Bangunan
- 8.3. Kaca sebagai Ornamen
- 8.4. Kaca sebagai Bagian Utilitas Bangunan

BAB IX Pemasangan, Pemeliharaan dan Material Tambahan

- 9.1. Pemasangan Konvensional
- 9.2. Pemasangan Non-Konvensional
- 9.3. Pemeliharaan Kaca
- 9.4. Pemotongan Kaca
- 9.5. Material Tambahan pada Kaca

DAFTAR PUSTAKA

GLOSARIUM

INDEKS

D A F T A R G A M B A R

Gambar 1.1. “Apple store”

Gambar 1.2. Tren bangunan kaca

Gambar 1.3. Kaca mobil

Gambar 1.4. Batu obsidian dan batu tektite

Gambar 1.5. Rute perjalanan para pedagang Venesia di sepanjang tepi laut Mediterrania

Gambar 1.6. Gelas kaca Romawi dalam tipe yang disebut *diatret*

Gambar 1.7. Sejarah perkembangan penemuan kaca

Gambar 1.8. Ilustrasi industri kaca pada abad-abad awal

Gambar 1.9. Ilustrasi industri kaca pada abad yang lebih modern

Gambar 1.10. Barang pecah-belah dari kaca pada masa awal kaca ditemukan

Gambar 1.11. Cara manual pembuatan barang dari kaca yang berongga dengan cetakan dan sistem tiup

Gambar 1.12. Di tangan seniman, kaca juga bisa dibentuk menjadi benda-benda yang lebih rumit

Gambar 1.13. Crystal Palace (1854) di Inggris

Gambar 1.14. Dewasa ini pemanfaatan kaca telah berkembang sangat pesat

Gambar 2.1. Gundukan pasir kuarsa

Gambar 2.2. Natrium karbonat

Gambar 2.3. Bongkahan dolomit

Gambar 2.4. Dolomit serbuk

Gambar 2.5. Kapur tohor atau gamping

Gambar 2.6. Bongkahan feldspar dan feldspar serbuk

Gambar 2.7. Serbuk asam borat atau boraks

Gambar 2.8. *Cullet*

Gambar 2.9. Gelembung pada kaca

Gambar 2.10. Ikatan molekul pada kaca jenis-jenis tertentu

Gambar 2.11. *Pot furnace*

Gambar 2.12. *Tank furnace* yang berisi campuran serbuk bahan baku

Gambar 2.13. *Regenerative tank*

Gambar 2.14. Pembuatan kaca dengan proses tiup

Gambar 2.15. Proses pembuatan kaca datar dengan cara setengah mekanik

Gambar 2.16. Proses Fourcault

Gambar 2.17. Proses Colburn

Gambar 2.18. Proses *fussion* dan *down-draw*

Gambar 2.19. Proses apung

Gambar 2.20a. Skematik proses tiup mekanik

Gambar 2.20b. Industri botol yang menggunakan proses tiup mekanik

Gambar 2.21. Tepian kaca lembaran yang telah mengalami proses pemotongan lanjutan

Gambar 2.22. Kaca berpermukaan halus bening dan buram

Gambar 2.23. Contoh dua macam blok kaca

Gambar 2.24. Perbedaan warna pada kaca yang seolah-olah bening

Gambar 2.25. Hotel Hesperia di Bilbao

Gambar 2.26. Gelas ukur yang terbuat dari kaca pyrex

Gambar 2.27. Pemanggang roti yang menggunakan kaca *heat-resistant glass*

Gambar 2.28. Proses pembuatan *strengthened glass* dan *tempered glass*

Gambar 2.29. Ilustrasi perbedaan tekanan bagian dalam dan luar pada kaca *strengthened* dan *tempered*

Gambar 2.30. Perbedaan butiran pecahan kaca *strengthened* dan *tempered*
Gambar 2.31. *Laminated glass* dengan bermacam-macam jumlah lapisan/lembaran kaca
Gambar 2.32. Kaca *laminated* yang pecah akan membentuk pola sarang laba-laba yang tetap menempel
Gambar 2.33. Proses pembuatan kaca *laminated*
Gambar 2.34. Skematik perbandingan kaca biasa dan kaca *low-e*
Gambar 2.35. Prinsip kerja *smart glass* elektrokromik
Gambar 2.36. Tampilan *smart glass* saat diaktifkan (*on-mode*) dan dinon-aktifkan (*off-mode*)
Gambar 2.37. Bentuk kerai mikro yang berada di dalam kaca
Gambar 2.38. Berbagai bentuk blok kaca
Gambar 2.39. Toko pakaian di Shanghai yang dirancang menggunakan blok kaca sepenuhnya
Gambar 2.40. Detil penggunaan blok kaca secara masif pada area masuk toko pakaian di Shanghai.
Gambar 2.41. Kaca tahan peluru di toko perhiasan
Gambar 2.42. Proses pengetesan *secure glass* setebal 13 mm
Gambar 2.43. *Wired glass* untuk pengisi daun pintu
Gambar 2.44. Salah satu kaca yang diburamkan dengan *Hydrofluoric acid*
Gambar 2.45. Beberapa macam kaca lengkung
Gambar 2.46. Cara membuat kaca lengkung dengan cetakan
Gambar 2.47. Kaca yang diukir yang diletakkan sebagai pembatas ruangan
Gambar 2.48. Kaca *cast* tipe kiln
Gambar 2.49. Kaca keramik *frit*
Gambar 2.50. *Channel glass* dan penggunaannya pada dinding
Gambar 2.51. *Dichroic glass*
Gambar 2.52. *Etched glass*
Gambar 2.53. *Frosted glass*
Gambar 2.54. *Laser etched glass*
Gambar 2.55. *Non-slip surface glass*
Gambar 2.56. *Painted/back painted glass*
Gambar 2.57. Motif paling umum dijumpai dalam *patterned/rolled glass*
Gambar 2.58. Lembaran silikon berwarna untuk melapisi kaca
Gambar 2.59. Kaca yang mengalami pelapisan *nanoscopic* dan tidak

Gambar 3.1. Logo-logo industri besar kaca di dunia
Gambar 3.2. Kantor pusat Pittsburgh Plate Glass Company di Pittsburgh
Gambar 3.3. Logo-logo industri kaca di Asia Tenggara
Gambar 3.4. Logo-logo industri kaca di Indonesia
Gambar 3.5. Kunjungan ke PT. Tossa Shakti, PT. Muliaglass, dan PT. Magiglass
Gambar 3.6. Jenis kayu yang banyak digunakan untuk kusen jendela kaca
Gambar 3.7. Berbagai macam warna kusen aluminium
Gambar 3.8. Profil kusen uPVC dengan penguat besi kanal C pada bagian dalam
Gambar 3.9. Kunjungan penulis ke PT. Terryham Proplas Indonesia
Gambar 3.10. Dua contoh bangunan kuno dengan kusen besi untuk memegang jendela kaca mati
Gambar 3.11. Beberapa macam kusen untuk memegang jendela kaca

Gambar 4.1. Botol kaca yang dipenuhi *bloom* dan yang bening tanpa *bloom*
Gambar 4.2. Kaca jendela yang menggunakan *bullseye* di Gereja St. Michael the Archangel
Gambar 4.3. Gelas dengan tipe kaca *carnival*
Gambar 4.4. *Chain marks*
Gambar 4.5. *Corrugated glass*

Gambar 4.6. *Double glazing unit*

Gambar 4.7. *Slab glass*

Gambar 4.8. *Solarization pada kaca*

Gambar 4.9. *Spandrel glass* dan posisi penempatannya

Gambar 5.1. Hubungan antara volume dan suhu pada proses pembentukan material

Gambar 5.2. Skema dua dimensi susunan atom pada kristal (teratur) dan kaca (amorf)

Gambar 5.3. Hasil XRD tiga jenis kaca berbeda yang tersedia di pasaran

Gambar 5.4. Detil susunan ikatan atom-atom kaca antara Si, O, dan Na

Gambar 5.5. Cairan asam Hidrofluoric

Gambar 5.6. Percobaan bola lampu kaca yang direndam dalam asam Hidrofluoric

Gambar 5.7. Gaya yang bekerja pada kaca

Gambar 5.8. Skematik gaya yang bekerja pada kaca saat pengujian tegangan dan regangan

Gambar 5.9. Kaca jenis baru yang diproduksi Dinorex dari Nippon Electric Glass

Gambar 5.10. Uji tekuk tiga titik dan empat titik

Gambar 5.11. Peningkatan kekuatan kaca yang mengalami *quencing* dan temperasi

Gambar 5.12. Kaca yang mengalami *ion exchange* dengan KNO_3

Gambar 5.13. Kaca yang mengalami *surface crystalization* menggunakan Barium Oksida (BaO)

Gambar 5.14. Proses peningkatan kekuatan kaca dengan *fire polishing*

Gambar 5.15. Skematik peningkatan kekuatan kaca ketika mengalami pemanasan

Gambar 5.16. Peralatan untuk menguji kekuatas material terhadap abrasi dengan metode Taber

Gambar 5.17. Perbandingan hasil uji abrasi metode Taber untuk polikarbonat dan kaca borosilikat

Gambar 5.18. Tipikal kegagalan kekuatan kaca

Gambar 5.19. Tampak kaca yang mengalami *low energy impact*

Gambar 5.20. Tampak kaca yang mengalami *high energy impact*

Gambar 5.21. Tampak karakteristik kaca temperasi yang mengalami *energy impact*

Gambar 5.22. Viskositas kaca terhadap perubahan suhu

Gambar 6.1. *Parameter U-factor, VT, SHGC, dan UV* pada kaca

Gambar 6.2. Warna-warna kaca yang dipakai sebagai referensi Tabel 6.1

Gambar 6.3. Prinsip terjadinya refraksi cahaya pada kaca

Gambar 6.4. Penguraian cahaya pada prisma kaca

Gambar 6.5. Skematik proses transmisi cahaya pada kaca

Gambar 7.1. Peristiwa pemantulan, penyerapan dan penerusan gelombang bunyi

Gambar 7.2. Spesifikasi ruang uji menurut ASTM E90-09

Gambar 7.3. Spesifikasi ruang uji di Puslitbangkim PU, Cileunyi

Gambar 7.4. Demensi tampak depan jendela yang diuji

Gambar 7.5. Potongan vertikal dan horisontal dinding dan jendela yang diuji

Gambar 7.6. Munculnya *coincidence dip* pada frekuensi 125 Hz untuk kaca laminasi

Gambar 7.7. Potongan vertikal model jendela yang diuji untuk melihat OITC-nya.

Gambar 7.8. Skematik dan foto penempatan jendela yang diuji dengan posisi tegak lurus

Gambar 7.9. Skematik dan foto penempatan jendela yang diuji dengan posisi bersudut 60°

Gambar 7.10. Skematik dan foto penempatan jendela yang diuji dengan posisi bersudut 90°

Gambar 7.11. Grafik OITC untuk berbagai posisi jendela yang diuji dan spesifikasinya masing-masing

Gambar 7.12. Simulasi dengan COMSOL 5.0 yang menunjukkan penyebaran medan bunyi

Gambar 7.13. Detil potongan kusen kayu model jendela mati dan buka-tutup

Gambar 7.14. Detil potongan kusen aluminium model jendela mati dan buka-tutup

Gambar 7.15. Detil potongan kusen uPVC model jendela mati dan buka-tutup

Gambar 7.16. Kontur TL yang menunjukkan bahwa jendela kaca secara umum memiliki OITC rendah

Gambar 8.1. Penggunaan material kaca sebagai kolom

Gambar 8.2. Penggunaan material kaca sebagai balok

Gambar 8.3. Potongan/pecahan kaca jendela pada awal ditemukan

Gambar 8.4. Bayangan kaca jendela yang terkena sinar dan jatuh ke dinding di seberang jendela

Gambar 8.5. Kaca *bullseye* yang dihasilkan dari metode pembuatan *crown* oleh Lamberts Glass (Germany)

Gambar 8.6. Bagian atap yang menjorok melebihi dinding adalah teritis yang akan melindungi kaca

Gambar 8.7. Pada bangunan tinggi, penggunaan teritis bisa jadi kurang sesuai

Gambar 8.8. *Double-glass-layer* pada dinding

Gambar 8.9. Dinding kaca penuh dengan modul kaca besar-besar per lantai

Gambar 8.10. Proses penyusunan dinding *glass-brick*

Gambar 8.11. Crystal house of Channel di Amsterdam dengan fasad *glass-brick*

Gambar 8.12. Icon Siam, pusat perbelanjaan baru di Bangkok

Gambar 8.13. Dinding kaca penuh sebagai *sound barrier* di Cologne, Germany

Gambar 8.14. Nampak pengguna lantai lebih memilih lantai konvensional dibanding lantai kaca

Gambar 8.15. Lalu-lalang pengguna lantai kaca dapat memecah konsentrasi pengguna di bawahnya

Gambar 8.16. Pengguna wanita harus lebih menjaga langkahnya ketika menapaki lantai kaca bening

Gambar 8.17. Modul balok penyangga kaca yang kecil-kecil

Gambar 8.18. Balok penyalur beban lantai kaca yang juga terbuat dari kaca

Gambar 8.19. Grafik yang menunjukkan kebutuhan ketebalan kaca untuk lantai sesuai bentang

Gambar 8.20. Grafik yang menunjukkan kebutuhan ketebalan kaca untuk lantai sesuai luas area

Gambar 8.21. Panel kaca lantai memerlukan pelapis sebelum bertemu balok penyangga

Gambar 8.22. Lantai kaca yang menggunakan *sandblasted glass* agar tidak licin

Gambar 8.23. Perlakuan *acid etched* pada kaca agar tidak licin saat digunakan sebagai lantai

Gambar 8.24. Tangga yang keseluruhan materialnya dari kaca

Gambar 8.25. Atap kaca semacam ini kurang sesuai untuk daerah tropis

Gambar 8.26. Museum Louvre di Perancis yang menggunakan atap kaca secara keseluruhan

Gambar 8.27. Bagian dalam Museum Louvre di Perancis yang menggunakan atap kaca secara keseluruhan

Gambar 8.28. Sebagai rangkaian dari atap kaca yang digunakan untuk meneruskan sinar matahari

Gambar 8.29. Lampu kristal kaca sebagai ornamen pada ruang tangga dan *lobby*

Gambar 8.30. Istana Golestan di Tehran, Iran, yang beberapa ruangnya dipenuhi dengan modul cermin

Gambar 8.31. *Elevator* berdinding kaca

Gambar 8.32. Kaca sebagai pipa plumbing, wastafel, kloset duduk, dan *bathtub*

Gambar 9.1. Arah pemuatan pada kayu

Gambar 9.2. *Coakan* kecil pada sisi dalam kayu untuk menempatkan kaca agar terkunci

Gambar 9.3. Kusen kayu yang memegang kaca memiliki kupingan dan angkur

Gambar 9.4. Untuk memenuhi estetika, sisi siku kusen biasanya diberi profil lekuk

Gambar 9.5. Contoh pemasangan kusen kayu yang dilakukan pada keadaan dinding bata setengah jadi

Gambar 9.6. Kusen kayu yang dipesan pada tukang kayu (pembuat kusen) telah siap untuk diangkat

Gambar 9.7. Kusen aluminium motif kayu yang tidak dilengkapi *kupingan*

Gambar 9.8. Macam-macam penampang atau profil kusen aluminium

Gambar 9.9. Pemasangan kusen aluminium pada bangunan dilakukan setelah pengerjaan dinding selesai

Gambar 9.10. Kusen dan jendela uPVC yang siap dipasang

Gambar 9.11. Profil kusen uPVC

Gambar 9.12. Kusen uPVC lebih kokoh

Gambar 9.13. Konstruksi buka tutup pada kusen uPVC yang sedikit rumit

- Gambar 9.14.** Pemasangan kusen baja ringan pada dinding setengah jadi
- Gambar 9.15.** Model kusen baja ringan yang dapat dipasang pada dinding yang sudah siap
- Gambar 9.16.** Pemasangan kusen beton pada dinding setengah jadi
- Gambar 9.17.** Lubang yang telah disiapkan pada kaca sebelum kaca dipasang dengan sistem tanpa *frame*
- Gambar 9.18.** Sistem pemasangan kanopi dengan tipe gantung dengan melubangi kaca
- Gambar 9.19.** Detil pemasangan *spider fittings*
- Gambar 9.20.** *Spider fitting* dengan penyalur beban *truss*
- Gambar 9.21.** *Spider fitting* dengan penyalur beban kabel
- Gambar 9.22.** Variasi dari *spider fitting* (model pemegang tidak seperti kaki laba-laba)
- Gambar 9.23.** Variasi *spider fitting* dengan penyalur beban sirip kaca (*glass fins*)
- Gambar 9.24.** Penyalur beban model sirip kaca yang disambung-sambung dengan pen besi
- Gambar 9.25.** Proses pemasangan kaca di Icon Siam Bangkok
- Gambar 9.26.** Kaca dimatikan dengan ditanam pada dinding dan lantai
- Gambar 9.27.** *Balustrade* kaca yang dipasang dengan cara ditanam pada lantai
- Gambar 9.28.** Dinding kaca yang dipasang dengan sistem sirip kaca, klem, lem, dan *sealant*
- Gambar 9.29.** Dinding kaca yang dipasang dengan sistem sirip kaca dan klem
- Gambar 9.30.** Dinding dan pintu kaca
- Gambar 9.31.** Dinding kaca pada bangunan tinggi
- Gambar 9.32.** Kaca ber-*frame* diangkat ke atas menggunakan gondola
- Gambar 9.33.** Nampak *frame* berada di belakang kaca pada suatu modul kaca yang siap diangkat ke atas
- Gambar 9.34.** Permukaan kaca di bawah mikroskop
- Gambar 9.35.** Kaca yang dialiri air untuk memberikan kesan alami dan keindahan
- Gambar 9.36.** Jamur kaca
- Gambar 9.37.** Kerak pada kaca
- Gambar 9.38.** Peralatan untuk membersihkan dan memoles kaca
- Gambar 9.39.** Penampakan kaca yang tidak mengalami *nano coating* dan yang diberi *nano coating*
- Gambar 9.40.** Pemberian *nano coating* akan membuat permukaan kaca benar-benar tertutup sempurna
- Gambar 9.41.** Pekerja pembersih kaca bangunan tinggi menggunakan tali penggantung saja
- Gambar 9.42.** Pekerja pembersih kaca bangunan tinggi menggunakan kereta gantung
- Gambar 9.43.** *Gondola* yang diletakkan pada atap bangunan tinggi untuk berbagai keperluan
- Gambar 9.44.** Proses penyambungan kaca lengkung dengan las kaca sistem laser
- Gambar 9.45.** Bagian kaca yang retak dan setelah dipanaskan dengan alat las
- Gambar 9.46.** Mesin pemotong kaca otomatis yang digunakan di pabrik kaca
- Gambar 9.47.** Alat pemotong kaca manual dan cara memotongnya
- Gambar 9.48.** Alat pemotong kaca untuk membentuk lingkaran
- Gambar 9.49.** Menghaluskan tepi kaca dengan kertas gosok atau dengan mesin
- Gambar 9.50.** Alat pembuat *bevel* kaca
- Gambar 9.51.** Berbagai ukuran mata bor khusus untuk membuat lubang di kaca
- Gambar 9.52.** Mengebor kaca dengan cara dibasahi manual atau menggunakan alat pengalir air
- Gambar 9.53.** Melubangi kaca dibantu plastisin untuk menampung air
- Gambar 9.54.** Karet penghisap kaca dan cara memindahkan kaca
- Gambar 9.55.** Persentase kaca film menurut kemampuan melewatkan cahaya/*view*
- Gambar 9.56.** Persentase kaca film menurut kemampuan menutup cahaya/*view*
- Gambar 9.57.** Kaca film dengan hiasan ilalang
- Gambar 9.58.** Kaca film warna hijau yang dilapiskan pada kanopi kaca agar sesuai warna dinding

D A F T A R T A B E L

Tabel 5.1. Contoh kuat tekan beberapa jenis kaca

Tabel 5.2. Sifat mekanis kaca dan material lain

Tabel 5.3. Modulus Young dan modulus Shear beberapa jenis kaca

Tabel 5.4. Perlakuan yang dapat dilakukan untuk menambah kekuatan mekanis kaca

Tabel 5.5. Densitas beberapa material bangunan termasuk kaca

Tabel 6.1. *U-value* untuk kaca tunggal dan kaca ganda

Tabel 6.2. Perbandingan *thermal conductivity* beberapa material

Tabel 6.3. Nilai *U-factor* VT, SHGC, dan UV pada beberapa jenis kaca untuk *skylight*

Tabel 6.4. Properti optik beberapa jenis kaca terhadap radiasi matahari

Tabel 6.5. Indeks bias beberapa jenis kaca yang berbeda

Tabel 7.1. STC tiga jenis kaca pada dua keadaan suhu yang berbeda

Tabel 7.2. OITC tiga jenis kaca pada dua keadaan suhu yang berbeda

Tabel 7.3. OITC jendela kaca gantung atas, menurut posisi tertentu untuk jenis kaca flat monolitik

Tabel 7.4. Spesifikasi kusen jendela kaca yang diuji

Tabel 7.5. OITC jendela kaca dengan berbagai kusen dan spesifikasi

Tabel 9.1. Koefisien pemuaian panjang pada beberapa material