

KACA SEBAGAI STRUKTUR PADA BANGUNAN

GLASS AS STRUCTURES OF A BUILDING

Oleh:

ADRYANTA

0404050025



DEPARTEMEN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA

SEMESTER GENAP

DEPOK 2008

Pernyataan Keaslian

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul:

KACA SEBAGAI STRUKTUR PADA BANGUNAN

Yang dibuat untuk melengkapi persyaratan memperoleh gelar sarjana Arsitektur Program Studi Teknik Arsitektur Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapat gelar sarjana di lingkungan Universitas Indonesia maupun perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Juni 2008

Adryanta

0404050025

Lembar Pengesahan

Skripsi dengan judul:

KACA SEBAGAI STRUKTUR PADA BANGUNAN

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Indonesia telah disetujui dan sudah diuji dalam sidang pada tanggal 2 Juli 2008.

Depok, Juli 2008

Dosen Pembimbing

Ir. Achmad Sadili Somaatmadja., MSi

NIP. 130.794.141

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan bimbinganNya sehingga saya dapat menyelesaikan karya ilmiah ini. Atas bimbinganNya pula penulis bisa mendapatkan segala yang dibutuhkan agar skripsi ini dapat selesai dalam waktu yang ditentukan.

Penulisan skripsi ini diajukan sebagai bagian dari persyaratan menjadi Sarjana di Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Indonesia tahun ajaran 2007/2008.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dorongan dari banyak pihak. Untuk itu penulis pada kesempatan ini ingin mengucapkan terima kasih kepada:

- Bapak Ir. Sadili S., MSi sebagai pembimbing yang telah sabar dan pengertian dalam memberi banyak masukan serta dukungan besar selama proses pembuatan skripsi ini.
- Bapak Ir. Hendrajaya, MSc, Ph.D. sebagai dosen penanggung jawab mata ajaran skripsi.
- Bapak Sukisno dan Bu Siti selaku penguji dalam sidang.
- Seluruh staf dan pengajar jurusan arsitektur UI.
- Mami, I'tit, dan keluarga yang banyak memberikan dukungan dan dorongan dalam menyelesaikan skripsi ini.
- Rekan seperjuangan mata kuliah skripsi, yang selalu memberi motivasi dalam mengerjakan skripsi.
- Dan semua pihak yang telah membantu namun tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna mengingat waktu yang terbatas. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan. Akhir kata, penulis berharap agar laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun pihak-pihak lain yang membutuhkan.

Depok, Juni 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Judul	
Pernyataan Keaslian	i
Lembar Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Istilah	xi
Abstraksi	xiii
<i>Abstract</i>	xiv
Bab I Pendahuluan	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Permasalahan	1
I.3 Tujuan Penulisan	2
I.4 Metode Penulisan	2
I.5 Batasan Permasalahan	3
I.6 Sistematika Penulisan	3
Bab II Kajian Teori	5
II.1 Pengertian Kaca	5

II.2	Sejarah dan Perkembangan Kaca	5
II.3	Sifat Kaca	7
II.4	Pembuatan Kaca	9
II.4.1	Kaca yang Ditarik	9
II.4.2	Kaca yang Dituang	10
II.4.3	Kaca yang Diapung	10
II.5	Jenis-jenis Kaca	11
II.6	Aplikasi Kaca pada Bangunan	13
II.6.1	Plafon Kaca	13
II.6.2	Lantai Kaca	15
II.6.3	Dinding Kaca	15
II.7	Struktur	16
II.7.1	Kolom	17
II.7.2	Dinding	18
II.7.3	Lantai	19
II.8	Gaya pada Elemen Struktur	20
Bab III Analisis		22
III.1	Studi Kasus	22
III.2	Percobaan Sederhana	27
III.3	Struktur Kaca	33
Bab IV Kesimpulan		40

IV.1	Kesimpulan	40
IV.2	Saran	41
Lampiran		
Daftar Pustaka		

Daftar Tabel

Tabel II.1	Bahan pewarna kaca	hal. 8
Tabel II.2	Presentase bahan baku kaca	hal. 9
Tabel II.3	Tipe dan ukuran kaca	hal.11

Daftar Gambar

Gambar II.1	<i>Glassblowing method</i>	hal. 6
Gambar II.2	Kaca yang ditarik	hal. 9
Gambar II.3	Kaca yang dituang	hal. 10
Gambar II.4	Kaca yang diapung	hal. 10
Gambar II.5	Cermin	hal. 12
Gambar II.6	Aplikasi kaca sebagai <i>skylight</i>	hal. 14
Gambar II.7	Aplikasi kaca sebagai <i>skylight</i>	hal. 14
Gambar II.8	Aplikasi kaca sebagai <i>skylight</i>	hal. 14
Gambar II.9	Aplikasi kaca sebagai lantai	hal. 15
Gambar II.10	Aplikasi kaca sebagai dinding	hal. 16
Gambar II.11	Aplikasi kaca sebagai <i>railing ramp</i>	hal. 16
Gambar II.12	Gaya dan beban	hal. 17
Gambar II.13	Gaya dan beban	hal. 17
Gambar II.14	Gaya dan beban	hal. 18
Gambar II.15	Grafik hubungan beban dengan tinggi kolom,	hal. 18
Gambar II.16	Sistem grid (a) dan plat (b)	hal. 19
Gambar II.17	Gaya pada balok (<i>bending stress</i>)	hal. 20
Gambar II.18	<i>Bending stress failure</i>	hal. 21
Gambar II.19	<i>Shear stress failure</i>	hal. 21

Gambar II.20	<i>Bearing stress failure</i>	hal. 21
Gambar III.1	<i>Exterior view</i>	hal. 22
Gambar III.2	<i>Glass wall bridge</i>	hal. 23
Gambar III.3	Bukaan pada dinding kaca	hal. 24
Gambar III.4	Interior	hal. 25
Gambar III.5	<i>Spider</i> pada penguat	hal. 26
Gambar III.6	Percobaan kaca	hal. 28
Gambar III.7	Ukuran kaca	hal. 28
Gambar III.8	Sebelum diletakkan beban	hal. 28
Gambar III.9	Setelah diletakkan beban	hal. 29
Gambar III.10	Percobaan kedua setelah diletakkan beban	hal. 29
Gambar III.11	Percobaan ketiga	hal. 30
Gambar III.12	Gaya pada kaca yang dicoba	hal. 30
Gambar III.13	Gaya pada kaca dan kawat	hal. 31
Gambar III.14	Patahan kaca	hal. 32
Gambar III.15	Susunan struktur kaca	hal. 34
Gambar III.16	Tangga kaca	hal. 35
Gambar III.17	Potongan tangga kaca	hal. 35
Gambar III.18	Potongan tangga kaca	hal. 36
Gambar III.19	Gaya pada anak tangga	hal. 36
Gambar III.20	<i>Bending</i> pada struktur kaca	hal. 38

Daftar Istilah

<i>Interior</i>	=	Bagian dalam bangunan
<i>Eksterior</i>	=	Bagian luar bangunan
<i>Solid</i>	=	Padat, tidak tembus cahaya
<i>Venustas</i>	=	Estetika
<i>Firmitas</i>	=	Kekuatan
<i>Utilitas</i>	=	Fungsi
<i>Opaque</i>	=	Tidak transparan, namun masih tembus cahaya
<i>Elastis</i>	=	Kemampuan benda untuk kembali ke bentuk semula
<i>Masonry</i>	=	Sesuatu yang terbangun dari batu, batu bata, atau beton
<i>Compression</i>	=	Gaya tekan
<i>Tension</i>	=	Gaya tarik
<i>Skylight</i>	=	Bukaan di atap atau plafon, untuk memasukkan cahaya
<i>Sandblast</i>	=	Kaca yang permukaannya dibuat kasar, sehingga tidak tembus pandang
<i>Crush</i>	=	Pecah atau hancur
<i>Bend</i>	=	Lendutan, akibat menahan gaya
<i>Buckle</i>	=	Menekuk, sebagai akibat dari <i>bending</i> selain patah
<i>Shear stress</i>	=	Gaya geser yang terjadi di dalam material yang sama
<i>Bearing stress</i>	=	Gaya antara 2 material yang berbeda yang terjadi karena transfer beban

Spider = Alat yang dipakai untuk menghubungkan kaca yang satu dengan yang lain

Sealant = Bahan untuk mengisi sambungan antar kaca, memiliki sifat transparan seperti kaca

Abstraksi

Sejak saat pertama kali ditemukan sampai sekarang, kaca sudah mengalami kemajuan yang pesat. Kaca tidak lagi hanya berfungsi untuk hiasan, tetapi menjadi sebuah benda yang memiliki fungsi sendiri, seperti pot dan vas.

Perkembangan kaca menjadi sangat cepat sejak ditemukan cara-cara baru dalam membuatnya. Dengan menambahkan unsur-unsur kimia tertentu, kaca bisa memiliki sifat sesuai dengan kebutuhannya. Kaca tidak hanya menjadi lebih variatif, melainkan juga menjadi lebih kuat dan *solid*.

Dengan perkembangan tersebut, kaca mulai digunakan sebagai elemen pengisi bangunan, seperti dinding kaca. Tangga kaca dan lantai kaca juga mulai dipakai pada zaman sekarang, walaupun anggapan masyarakat mengenai kaca masih tidak berubah. Kaca masih dianggap sebuah material yang getas dan mudah pecah. Dengan perkembangan teknologi, kaca bisa menjadi material yang cukup kuat untuk menjadi struktur dalam bangunan, dengan tetap mempertahankan sifat-sifat estetika kaca tersebut.

Abstract

Since glass discovered, it already has a very fast development progress. Glass is not used just for decoration, but it became the subject itself, such as pot or vase.

The development of glass goes more advance since the new way of producing glass were invented. By adding a certain chemicals, the characteristics of glass can be changed. It will become more varies, solid, and even stronger.

By that reason, glass nowadays is used in a building as walls, floors, and stairs. Even so, people's opinion about glass is still the same. It still has the image as a very weak material, easy to break and crush.

With advance technology, glass can be strong enough to be used as structures, while it still has the aesthetic characteristics.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pada zaman sekarang, kaca sudah sangat banyak ditemukan dan dipakai dalam berbagai hal, termasuk dalam bidang arsitektur bangunan. Banyak kesan dan *image* yang bisa dimunculkan dengan keterlibatan material kaca sebagai bagian dari interior maupun eksterior bangunan.

Begitu kuatnya efek yang bisa ditimbulkan oleh kaca membuat banyak perancang bangunan (arsitek maupun interior desainer) memilih kaca sebagai “pembungkus” dan atau “pengisi” sebuah bangunan atau gedung. Terlebih lagi dengan kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan, kaca bisa menjadi elemen utama bangunan bahkan yang bersifat penahan beban atau struktural, walaupun masih memerlukan elemen pendukung lainnya sebagai rangka atau penguatnya (lantai kaca, atap kaca, dinding kaca, tangga kaca).

Tetapi tidak tertutup kemungkinan akan munculnya penggunaan kaca *solid* sebagai penahan beban tanpa adanya elemen pendukung. Sudah ada perusahaan yang bergerak dalam bidang kaca mulai mempromosikan penggunaan kaca sebagai kolom.

I.2 Permasalahan

Untuk banyak contoh kasus, kaca dapat mendukung unsur *venustus* (keindahan) bangunan, yaitu dengan ornamen-ornamen dari kaca (cermin pada interior, kaca warna *mosaic*, dll). Dan sudah ada juga yang menggunakan kaca sebagai unsur *firmitas*, yang kebanyakan dari

penggunaannya dimaksudkan untuk menunjang aspek venustas, yaitu untuk menimbulkan kesan tertentu pada sebuah ruangan, dan mendukung aspek utilitas cahaya pada sebuah ruangan. Sedangkan material utama struktur bangunan tersebut adalah baja atau beton, bukan kaca. Maka muncul pertanyaan sampai sejauh mana kaca bisa digunakan untuk mendukung aspek firmitas sebuah bangunan, bukan hanya sebatas sebuah atau dua buah ruangan saja. Apakah bisa sebuah bangunan terbuat dari kaca dengan pemakaian elemen lain secara structural seminimal mungkin, atau bahkan tidak sama sekali? Mungkin untuk penggunaan kaca tanpa elemen lain sebagai pendukung kekuatannya belum bisa direalisasikan, tetapi dengan penggabungan fakta-fakta dan penelitian-penelitian yang sudah ada, akan diketahui sampai seberapa jauh kaca bisa berperan sebagai elemen struktural sekaligus dalam segi estetika bangunan.

I.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan karya ilmiah ini adalah meninjau sifat-sifat kaca sebagai material bangunan, yang menunjang sistem keberdirian bangunan. Kajian ini juga dapat dijadikan acuan bagi arsitek dalam mengembangkan rancangannya dengan menggunakan kaca sebagai elemen strukturnya.

I.4 Metode Penulisan

Metode penulisan yang dilakukan dalam penyusunan karya ilmiah ini didasari oleh studi pustaka / literatur sebagai data sekunder dan dasar teorinya serta contoh kasus yang kemudian dianalisis.

Studi kasus dilakukan pada bangunan yang menggunakan elemen kaca sebagai lantai, tangga, atap, atau dinding. Lalu akan dilakukan percobaan untuk menguji kemampuan kaca dengan perkuatan kawat. Setelah itu akan

dilakukan analisis sebuah struktur sederhana yang keseluruhan bahannya menggunakan kaca (kolom, balok, lantai).

I.5 Batasan Permasalahan

Pada karya tulis ini, pembahasan dititik beratkan pada sifat-sifat material kaca yang berkaitan dengan kekuatan fisik materialnya serta aspek strukturalnya. Pengolahan kaca dengan metode-metode tertentu juga akan dibahas karena berkaitan dengan ukuran kaca dan kekuatan yang dihasilkan.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan karya ilmiah arsitektur ini adalah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Memaparkan latar belakang, permasalahan, tujuan penulisan, metode penulisan, batasan permasalahan, dan kerangka pemikiran penulisan yang tertuang dalam sistematika penulisan.

Bab II Kajian Teori

Menjelaskan tentang teori-teori yang digunakan sebagai acuan untuk membahas permasalahan yang diajukan. Penjelasan tersebut menyangkut juga pengertian tentang kaca dari berbagai sumber, sejarah dan perkembangan kaca, sifat-sifat kaca, cara dan metode pembuatan kaca, jenis-jenis kaca, aplikasi kaca pada bangunan, dan material transparan lain selain kaca.

Bab III Studi Kasus dan Analisis

Berisi tentang studi kasus bangunan berdasarkan literatur yang kemudian dianalisis berdasarkan teori-teori yang sudah ada, analisis percobaan sederhana, dan analisis struktur bangunan kaca sederhana.

Bab IV Kesimpulan dan Saran

Bab ini memaparkan kesimpulan yang ditarik dari seluruh isi tulisan termasuk saran-saran yang dapat dijadikan acuan sebagai dasar perancangan struktur bangunan dengan bahan kaca.

BAB II

KAJIAN TEORI

II.1 Pengertian Kaca

Kaca adalah bahan yang tidak padat, karena molekul-molekulnya tersusun acak seperti halnya zat cair, namun kohesinya membuat bentuknya menjadi stabil. Karena susunannya acak seperti zat cair itulah maka kaca terlihat transparan¹.

II.2 Sejarah dan Perkembangan Kaca

Kaca pertama kali ditemukan secara tidak sengaja di daerah Syria pada 5000 SM², dengan melelehnya batuan yang digunakan untuk memasak dan kemudian mengeras menjadi *opaque* (tidak transparan).

Sekitar 3500 SM, bahan dasar kaca mulai digunakan sebagai bahan yang memberi efek kilau pada vas dan pot. Para pedagang yang mengetahui ini mulai menyebarkan informasi ini sepanjang perjalanan mereka.

Pada 1600 SM mulai dibuat vas yang terbuat dari kaca. Juga ditemukan bukti-bukti adanya pembuatan kaca di daerah Yunani dan Cina.

1500 SM, pengrajin Mesir menemukan cara untuk membuat pot kaca dengan cetakan. Terbukti dengan ditemukannya 3 buah vas dengan ukiran nama Pharaoh Thoutmosis III (1504 - 1450 SM), yang membawa pengrajin kaca dari misi militernya di Cina.

Sampai abad ke-9 SM kerajinan kaca mulai berkembang di daerah Mesopotamia dan seterusnya sampai ke Italia. Cara pembuatan kaca yang

¹ Schittich, Christian & Gerald Staib. *Glass Construction Manual*. Switzerland: Birkhäuser, 1999.

² inventors.about.com

tertulis pertama dibuat pada tahun 650 SM, dengan ukiran di atas lempengan batu yang tersimpan di perpustakaan raja Assyria Ashurbanipal (669 – 626 SM).

Antara 27 SM sampai 14 M, ditemukan cara baru dalam mengolah kaca: *glassblowing*. Alat yang digunakan berupa pipa logam sempit sebagai alat untuk meniup. Lalu bangsa Roma mulai menggunakan alat cetakan untuk membentuk kaca.



Sumber: *Construction Materials*

Gb. II.1 *Glassblowing method*

Pada tahun 100 M, bangsa Roma menjadi yang pertama menggunakan kaca dalam arsitektur, dengan ditemukannya *clear glass*. Digunakan di bangunan-bangunan penting Roma dan vila-vila mewah.

Sekitar tahun 1000 M, bangsa Eropa yang mulai kesulitan mencari bahan dasar kaca mulai menggunakan bahan dasar lain, yaitu *potash*.

Pada abad ke 11, Jerman menciptakan metode membuat kaca lembaran (*glass sheets*). Pada abad 13, bangsa Venezia mulai memproduksi kaca dalam bentuk lembaran.

Pada akhir abad 19, mulai berdiri bangunan yang menggunakan kaca sebagai bungkus luar rangka bangunan, dan menjadi hal yang sangat baru karena pada zaman tersebut bangunan biasanya menggunakan bata untuk dindingnya³.

II.3 Sifat Kaca

Kaca biasanya merupakan material yang tembus pandang, namun dalam pemakaian dapat dibuat buram (sedikit tembus pandang) atau tidak tembus pandang sama sekali. Dapat juga digabungkan dengan warna yang dimasukkan pada saat keadaan cair.

Karena sifat tembus pandangnya, kaca meneruskan cahaya yang berarti kaca meneruskan panas matahari. Hal ini sangat berpengaruh terutama di daerah tropis seperti Indonesia di mana masyarakatnya memilih menghindari panas. Kaca merupakan bahan yang tahan akan zat-zat kimia, karena itu banyak digunakan tabung / bejana kimia yang terbuat dari kaca. Sifat kaca yang lain adalah kemampuannya untuk memantulkan cahaya dan bayangan di sekelilingnya, dan tidak menghantarkan listrik. Kaca dapat dibentuk pada suhu di atas 1200 C (cair). Pada saat keadaan cair, material kaca sangat mudah dibentuk, dan pada saat dingin dan menjadi padat dapat diukir seperti batu. Kaca memiliki sifat rapuh dan mudah pecah, namun masih memiliki sifat elastis (kembali ke bentuk semula setelah lendutan akibat beban).

Penggunaan kaca pada bangunan akan menimbulkan kesan-kesan tertentu. Pada bangunan bertingkat banyak, kaca pada *façade*-nya akan memberikan kesan mewah dan megah. Untuk bangunan rumah tinggal dan bertingkat rendah penggunaan kaca bisa membawa kesan modern, mewah, dan

³ GlassOnline.com

bersih. Penggunaan kaca pada bangunan juga bisa menggambarkan ringan, terbuka, jujur, dan “ketelanjangan”.

Coloring material	Percentage in glass	Color produced
Copper	0.03 to 0.1	Ruby
Copper oxide	0.2 to 2.0	Blue-green
Cadmium sulfoselenide	0.03 to 0.1	Ruby & orange
Cadmium sulfide	0.03 to 0.1	Yellow
Ferric oxide	Up to 4.0	Yellow-green
Chromium oxide	0.05 to 0.2	Green to yellow-green
Ferrous oxide		Blue-green
Gold	0.01 to 0.03	Ruby
Carbon & sulfur compounds		Amber
Iron oxide & manganese oxide	1.0 to 2.0	Amber
Uranium oxide	0.1 to 1.0	Yellow with green fuoresence
Selenium		Pink
Selenides		Amber
Manganese oxide	0.5 to 3.0	Pink-purple
Nickel oxide	0.05 to 0.5	Brown & purple
Neodymium oxide	Up to 2.0	Pink
Cobalt oxide	0.001 to 0.1	Blue

Sumber: Construction Materials

Tabel II,1 Bahan pewarna kaca

II.4 Pembuatan Kaca

Bahan baku pembuat kaca yang utama adalah pasir kuarsa dan soda. Tetapi ada bahan-bahan lain yang digunakan untuk memperkuat ataupun untuk penambahan sifat-sifat lainnya.

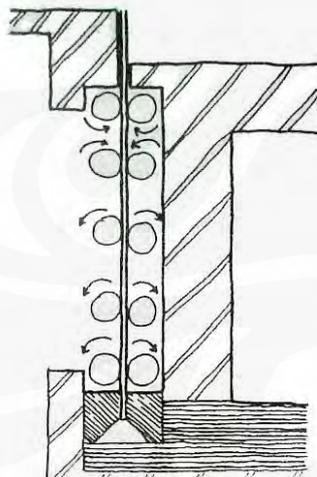
Bahan baku	Persentase (%)	Keterangan
Pasir kuarsa	58,6	Bahan baku dengan titik lebur tinggi
Soda dan potas	21,5	Bahan untuk mempermudah peleburan
Kapur	10,4	
Dolomit	10	
Sulfat/feldspar, dll	3,5	Bahan penjernihan

Sumber: Ilmu Bahan Bangunan

Tabel II.2 Presentase bahan baku kaca

Kaca yang biasa dalam bentuk lembaran bisa dibuat dengan beberapa metode:

II.4.1 Kaca yang ditarik

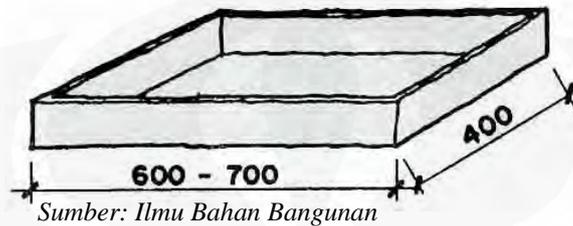


Sumber: Ilmu Bahan Bangunan

Gb. II.2 Kaca yang ditarik

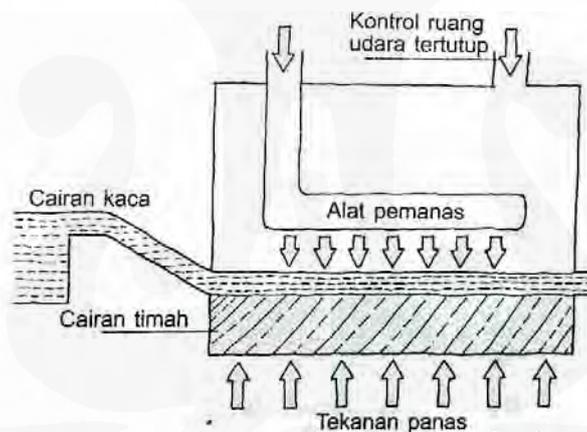
Untuk menggunakan metode ini, kaca harus dicairkan terlebih dahulu. Kaca yang sudah dalam keadaan cair akan ditekan hingga keluar dari pinggir wadah. Kaca yang keluar tersebut akan ditarik oleh rol-rol yang saling berhadapan, di mana jarak antara rol tersebut adalah ketebalan kaca yang dihasilkan. Metode ini adalah metode pembuatan kaca yang paling murah.

II.4.2 Kaca yang dituang.



Gb. II.3 Kaca yang dituang
 Metode ini memerlukan wadah yang biasanya terbuat dari besi. Wadah tersebut berukuran panjang 600 – 700 mm dan lebar 400 mm. Kaca cair dituang ke dalam wadah ini. Tebal kaca yang dihasilkan tergantung pada tinggi wadah yang dipakai.

II.4.3 Kaca yang diapung.



Gb. II.4 Kaca yang diapung
 Sumber: Ilmu Bahan Bangunan

Metode ini bekerja dengan cara mengapungkan cairan kaca di atas cairan timah. Tebal kaca yang dihasilkan tergantung pada jumlah cairan kaca yang dituang ke atas cairan timah tersebut. Kaca yang dihasilkan dengan metode ini memiliki mutu yang tinggi. Untuk metode ini, kaca yang dihasilkan bisa mencapai ukuran 3 m x 7 m, dengan tebal 3 mm – 21 mm⁴.

⁴ Frick, Heinz & Koesmartadi. *Ilmu Bahan Bangunan*. Jogjakarta: Kanisius Media, 1999.

II.5 Jenis-jenis Kaca

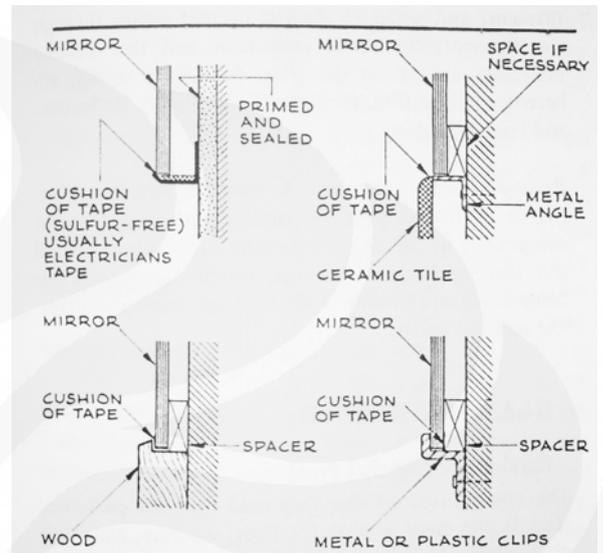
Kaca memiliki jenis yang beragam. Jenis-jenis kaca yang ada di pasaran adalah sebagai berikut:

Type of structural glass	Color range	Maximum sizes			Weight kg/m ³	Major uses
		Thickness mm	Width m	Length m		
Ashlar	Opaque white, black, and 8 standard colors	8.62	0.204	0.305 , 0.406	21.48-21.97	Bathroom and kitchen wall surfacing
		8.62	0.305	0.406	21.48-21.97	
		8.62	0.406	0.406	21.48-21.97	
		8.62	0.610	0.610	21.48-21.97	
Sheets	Opaque white, black, and 8 standard colors	6.35	1.930	3.302	16.06	Exterior and interior wall surfacing
		8.62	1.930	3.302	21.48-21.97	
		11.11	1.930	3.302	27.48-28.19	
		19.05	1.930	3.302	48.19-49.80	
Laminated	Opaque white, black, and 8 standard colors	22.23 (2 sheets 11.11 mm thick)	1.524	1.524	54.68	Toilet partitions and solid partitions
Heavy sheets	Opaque white, black, and 8 standard colors	25.40	1.524	1.524	63.86	Countertops, seats, and solid partitions
		31.75	1.524	1.524	79.31	

Sumber: *Construction Materials* Tabel II.3 Tipe dan ukuran kaca

Kaca struktural adalah kaca yang dipakai sebagai material permukaan horizontal maupun vertikal seperti dinding, partisi, dan bidang-bidang sempit. Ketebalan kaca struktural bermacam-macam mulai dari 6,35 mm sampai 31,75 mm. Metode pemasangan untuk di dalam dan luar bangunan juga berbeda. Kaca struktural tidak dikombinasikan dengan material kayu, melainkan harus dengan bahan *masonry*, karena harus yang tahan air.

Cermin / *mirror* terbuat dari kaca yang diberi lapisan reflektif yang terbuat dari lapisan logam tipis perak, emas, perunggu, atau krom. Lapisan logam tersebut bisa dibuat semi transparan atau *opaque*, bisa terlindung lapisan tambahan ataupun tidak. Cermin tersedia dengan berbagai macam ukuran sampai 1,829 m x 3,658 m. Ukuran yang lebih besar bisa diperoleh dengan memesan khusus⁵.



Sumber: *Construction Materials*

Gb. II,5 Cermin

Alarm glass merupakan kaca yang dilengkapi dengan kabel tipis, yang merupakan bagian dari rangkaian elektrik yang akan mengaktifkan alarm bila kaca dirusak. *Anti-reflective glass* merupakan kaca yang meredam sifat refleksi cahayanya, namun masih transparan. *Body-tinted glass* adalah kaca yang berwarna. Pemasukkan zat kimia terjadi pada saat pelelehan kaca.

Electro-chromatic glass adalah kaca yang dapat diatur agar menjadi lebih gelap atau tidak, dengan tergantung pada voltase yang dihasilkan oleh cahaya matahari. Bila matahari terik, kaca ini akan berubah menjadi lebih gelap. *Fire resistant glass* adalah kaca tahan api, jenis ini ada dua macam, *heat transmitting* dan *fire insulating*.

Float glass adalah kaca standar yang berupa lembaran. *Laminated glass* adalah kaca untuk pengamanan. Terdiri dari dua atau lebih lembar kaca

⁵ Hornbostel, Caleb. *Construction Materials*. Canada: John Wiley & Sons, 1978.

yang digabungkan. *Low emission glass* adalah kaca yang tidak tembus suhu dari luar dan mempertahankan suhu dalam ruang.

Patterned glass adalah kaca yang memiliki ukiran. Ukiran tersebut berasal dari cetakan pada saat kaca dipress. *Reflective glass* adalah kaca yang memantulkan cahaya dan bayangan yang lebih jelas. *Self cleaning glass* adalah kaca yang permukaannya dilapisi *photocatalytic*, sehingga debu dan kotoran yang menempel akan langsung bersih bila terkena air hujan⁶.

Tempered glass adalah kaca yang diperkuat dengan cara memanaskan kaca sampai titik hampir melebur. Lalu kedua permukaannya didinginkan secara cepat dengan aliran udara. Dengan demikian bagian permukaan kaca akan berada dalam keadaan tekan (*state of compression*), dan bagian dalam kaca akan berada dalam keadaan tarik (*state of tension*). *Tempered glass* mampu menahan beban 4 sampai 5 kali kaca biasa.

Tempered glass memiliki perbedaan dengan kaca biasa pada saat menerima beban yang melebihi kekuatannya. Kaca biasa akan lebih cepat pecah, sedangkan *tempered glass* akan mengalami perubahan bentuk terlebih dahulu, seperti bengkok, melendut, atau terpelintir. *Tempered glass* memiliki tebal 6,35 mm sampai 31,75 mm, dan ukurannya mencapai 1,829 x 3,658 m.

II.6 Aplikasi Kaca Pada Bangunan

II.6.1 Plafon Kaca

Penggunaan kaca pada plafon dan langit-langit biasanya bertujuan untuk memasukkan sebanyak mungkin cahaya alami ke dalam ruangan, sebagai penerangan alami. Dalam bidang arsitektur biasa disebut *skylight*.

⁶ www.glaziersregister.com

Skylight adalah ventilasi cahaya atau jendela transparan yang ditempatkan pada bagian atas bangunan. Fungsinya untuk meningkatkan intensitas cahaya dan untuk menghadirkan pemandangan langit ke dalam rumah.

Kaca sudah banyak diaplikasikan menjadi atap *skylight*, namun masih jarang yang menggunakan sebagai plafon. Alasannya karena kaca dinilai sebagai material yang mudah mencederai. Kaca yang digunakan sebagai plafon harus memiliki tebal minimal 12 mm sampai 20 mm (kaca *tempered*).

Pengaplikasian kaca sebagai bahan atap maupun plafon biasanya menggunakan rangka kotak-kotak dengan ukuran tidak lebih dari 1 m (kaca *tempered* 20 mm dengan ukuran 1 m x 1 m mampu menahan beban 200 kg). Lalu pada bagian tepinya dipasang *bracket* tambahan agar menjadi lebih kaku dan tidak bergerak-gerak.



Sumber: iDEA

Gb. II.6,7,8 Aplikasi kaca sebagai *skylight*

II.6.2 Lantai Kaca



Sumber: iDEA

Gb. II.9 Aplikasi kaca sebagai lantai

Pemakaian kaca untuk lantai dapat memberikan kesan mewah dan elegan. Biasanya digunakan kaca *laminated-double*. Kaca ini merupakan gabungan kaca dengan tebal 8 mm. Kaca *laminated-double* 8 mm ini membutuhkan jarak perkuatan 60 cm.

II.6.3 Dinding Kaca

Kaca yang digunakan untuk dinding bisa dua macam, kaca bening dan kaca cermin. Kaca cermin akan memberikan efek pantul yang lebih sehingga memberikan kesan luas. Penggunaan dinding kaca biasanya pada ruang-ruang yang kecil.

Untuk kaca bening, ketebalannya adalah 5 mm sampai 8 mm dengan jenis *tempered*, *sandblast*, atau *laminated*. Ukuran dinding kaca ini biasanya 120 cm x 240 cm dan lebih kecil dari itu.

Penggunaan kaca sebagai dinding lebih berfungsi sebagai pembatas ruangan, bukan sebagai struktural. Bila sebagai struktural, kaca harus ditambah dengan rangka tambahan dan ukuran tiap kacanya pasti lebih kecil dari 120 cm x 240 cm dan ketebalannya juga lebih dari 8 mm⁷.



Sumber: iDEA

Gb. II.10 Aplikasi kaca sebagai dinding



Gb. II.11 Aplikasi kaca sebagai railing ramp

II.7 Struktur

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai struktur secara umum. Bukan struktur kaca.

Struktur pada bangunan adalah sistem penyaluran beban yang berasal dari bangunan tersebut menuju ke tanah. Kaitannya dengan gaya, aliran, dan penyalurannya sangatlah erat, dan hanya hal ini yang termasuk abstrak dalam struktur karena ilmu struktur adalah ilmu pasti. Struktur merupakan sesuatu yang terbangun sehingga segala hal yang berkaitan harus memiliki perhitungan yang tepat.

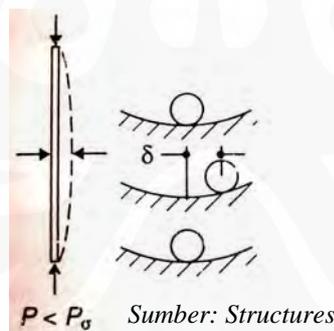
⁷ iDEA Magazine "Plafon, Dinding, Lantai". Jakarta: Gramedia, 2006.

Struktur pada bangunan merupakan satu kesatuan. Elemen-elemen yang menyusunnya saling berkaitan dan saling menopang. Apabila aliran beban tidak terjadi pada salah satu elemen yang sama dalam struktur tersebut (kolom atau balok), elemen tersebut berarti tidak termasuk di dalam struktur bangunan.

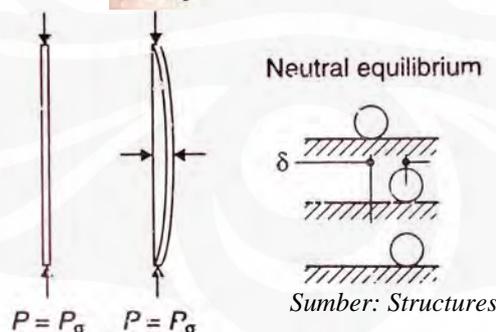
II.7.1 Kolom

Kolom adalah elemen yang paling umum dikaitkan dengan penahan beban vertikal. Kolom biasa dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan ukuran panjangnya. *Kolom pendek* memiliki kekurangan mudah hancur (*crush*). *Kolom panjang/tinggi* memiliki kekurangan mudah menekuk (*buckle*), karena kekurangan sifat stabil.

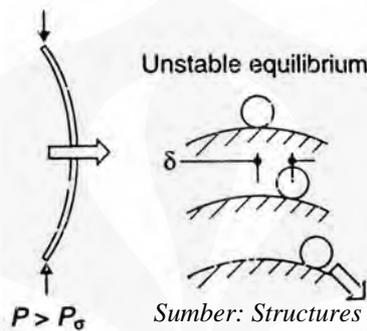
Kolom secara umum mendapatkan beban yang sejajar dengan garis axis-nya. Walaupun kolom mampu menahan beban dari horizontal, peran utamanya tetaplah beban vertikal.



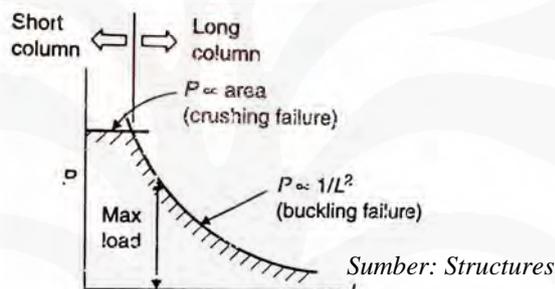
Gb. II.12 Beban yang diterima lebih kecil dari beban maksimum yang mampu ditahan kolom. Cenderung kembali ke bentuknya semula



Gb. II.13 Beban yang diterima sama dengan beban maksimum yang mampu ditahan kolom. Disebut juga *neutral equilibrium*.



Gb. II.14 Beban yang diterima lebih besar dari beban maksimum yang mampu ditahan kolom.



Gb. II.15 Grafik hubungan beban dengan tinggi kolom

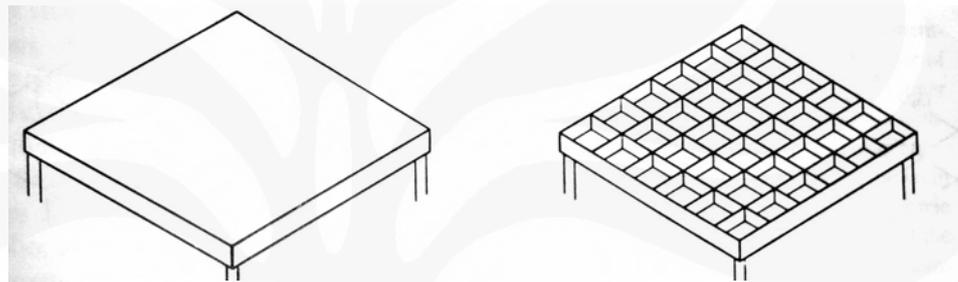
Masalah yang paling sering ditemukan adalah *buckling*. Terdapat 3 jenis atau urutan terjadinya *buckling*. Pada jenis yang pertama, kolom memiliki kecenderungan untuk kembali ke bentuk semula atau bisa disebut masih memiliki kekuatan untuk mengangkat beban sampai bentuknya kembali ke bentuk semula (gb. II.12). Pada jenis yang kedua, kolom berada pada kondisi stabil, namun bentuknya sudah berubah. Pada kondisi ini, kolom mendapat beban maksimal yang mampu ditahannya (gb. II.13). Sedangkan jenis *buckling* yang ketiga terjadi ketika kolom menerima beban lebih dari kekuatan maksimalnya, ia tidak mampu lagi mempertahankan bentuknya sehingga kolom tersebut retak/patah/hancur (gb. II.14).

II.7.2 Dinding

Dinding adalah bagian struktur yang membentuk permukaan padat. Sebagai elemen struktur, dinding mampu menahan beban vertikal maupun horizontal, yang searah dengan arah perpanjangannya.

II.7.3 Lantai

Lantai disebut juga struktur *plat* dan *grid*, karena lantai dan atap dibuat dengan lebih tipis tetapi memiliki jangkauan area yang meluas. Plat dan grid ini bisa ditopang secara menyeluruh pada sisinya (dengan tembok), atau di beberapa titik tertentu (dengan kolom).



(a)
Sumber: *Structures*

Gb. II.16

a. sistem plat
b. sistem grid

Plat (gb. II.16a) biasanya terbuat dari material yang homogen untuk mencakup area tertentu. Sistem grid (gb. II.16b) menyerupai sistem plat, perbedaannya ada pada elemen yang menyusunnya. Pada sistem grid elemen-elemennya menyusun pola tertentu sehingga ada celah-celah yang terbentuk.

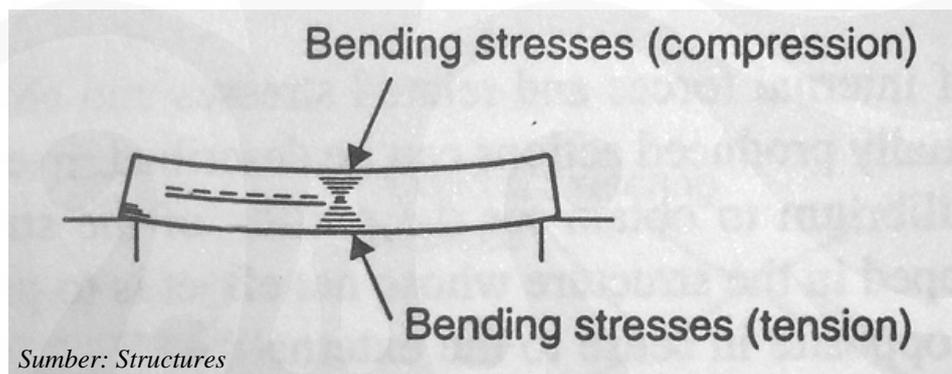
Efek yang terjadi pada sistem plat dan grid pada saat menerima beban hampir sama. Namun aliran gaya yang terjadi untuk mempertahankan bentuknya (gaya reaksi) berbeda⁸.

⁸ Schodek, Daniel. *Structures*. New Jersey: Simon & Schuster/A Viacom Company, 1980.

II.8 Gaya pada Elemen Struktur

Pada elemen struktural horizontal, terjadi gaya reaksi akibat adanya beban yang arahnya vertikal. Gaya reaksi tersebut terjadi di dalam elemen itu sendiri (di dalam elemen atap atau lantai). Gaya reaksi tersebut berupa gaya tarik dan gaya tekan.

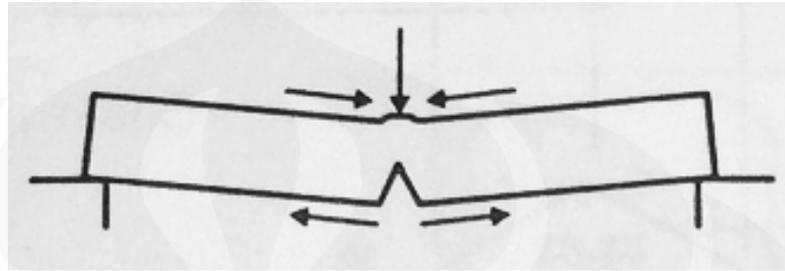
Pada saat terkena beban, elemen horizontal tersebut akan melendut ke bawah. Bagian atas elemen tersebut akan mengalami gaya tekan sehingga memendek. Sedangkan pada bagian bawahnya akan mengalami gaya tarik sehingga mengalami perpanjangan.



Sumber: Structures

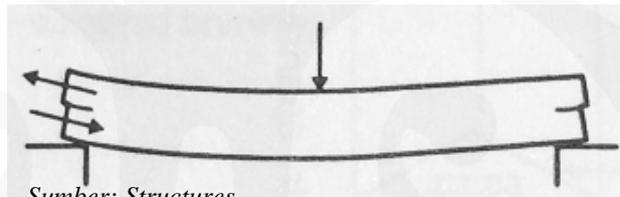
Gb. II.17 Gaya pada balok.
Compression (tekan) dan tension (tarik).

Lendutan atau *bending* yang terlalu besar akan mengakibatkan *bending failure*. *Bending failure* atau patah ini terjadi apabila balok tidak mampu lagi menahan gaya tarik atau gaya tekan yang terjadi karena adanya beban yang ditanggung.



Gb. II.18 *Bending stress failure*

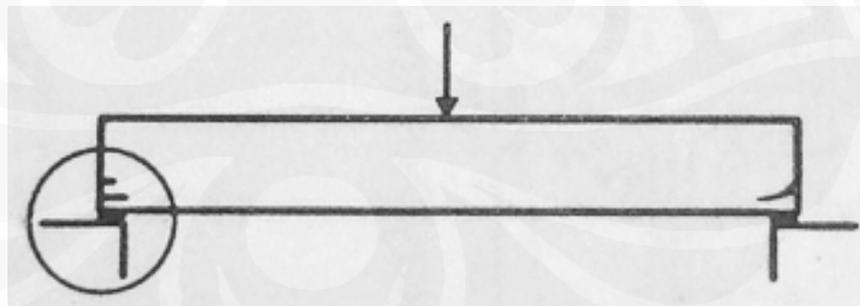
Daerah di antara gaya tarik dan gaya tekan mengalami *shear stress*. *Shear* atau pergeseran ini terjadi di sepanjang balok yang melendut⁹. Akibat terjadinya *shear stress* ini balok akan mengalami retak atau pecah pada sisi luar ujung-ujungnya.



Sumber: Structures

Gb. II.19 *Shear stress failure*

Pada bagian di mana balok tersebut bertumpu juga terjadi gaya yang disebut *bearing stress*. Gaya ini terjadi karena adanya transfer beban antar elemen. Bila gaya ini terlalu besar salah satu elemennya akan pecah atau retak.



Sumber: Structures

Gb. II.120 *Bearing stress failure*

⁹ Schodek, Daniel. *Structures*. New Jersey: Simon & Schuster/A Viacom Company, 1980.

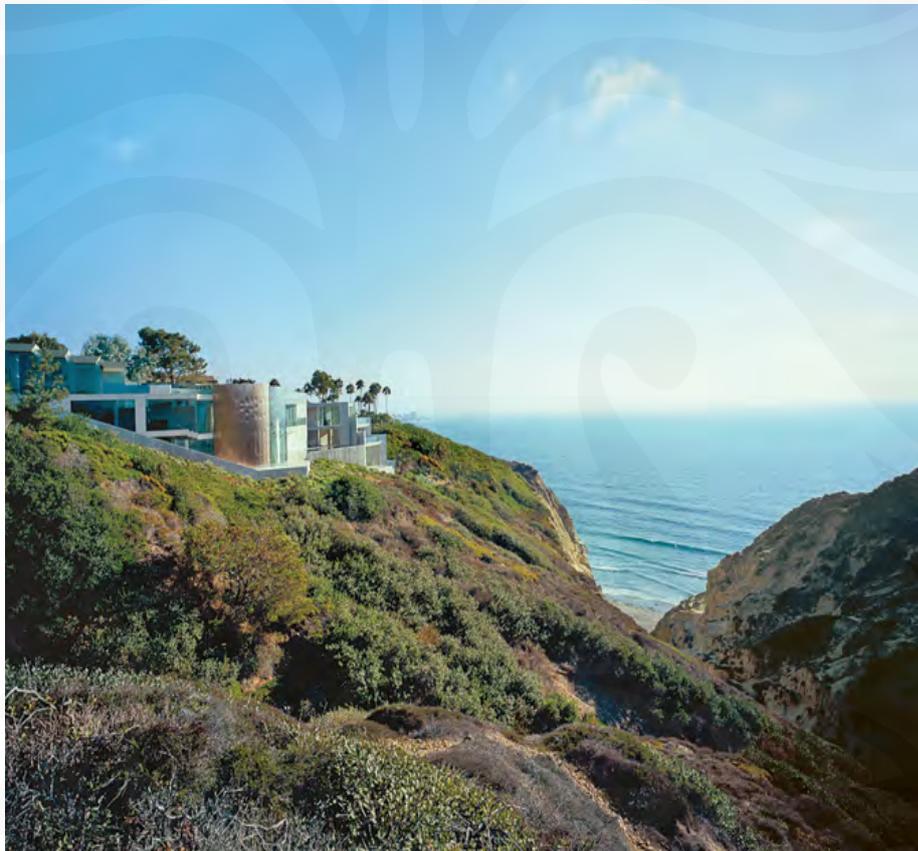
BAB III

STUDI KASUS DAN ANALISIS

III.1 Studi Kasus

La Jolla, California, (Cliffside Port)

Arsitek: Alex Cunningham



Sumber: *Architectural Digest*

Gb. 3.1 *Exterior view*

Bangunan ini berupa rumah tinggal peristirahatan untuk seorang *software designer*, Don Cooksey. Ia menginginkan *view* ke arah pantai dan laut, yang ia anggap sebuah karya seni. Maka dari itu, Alex Cunningham membuat sebuah bangunan yang banyak menggunakan elemen kaca agar tidak menghalangi pemandangan yang diinginkan.

Alex Cunningham menggabungkan elemen kaca ke dalam struktur beton sebagai pengisinya. Kaca-kaca tersebut berfungsi sebagai pengisi dinding, jendela, dan juga dinding dan jendela sekaligus. Tidak ada kaca yang berfungsi menahan beban lebih dari beban angin.

Pengaplikasian kaca pada bangunan ini tergolong cukup berisiko karena bangunan ini berada di tepi laut dan tebing. Kaca yang menjadi dinding akan mengalami gaya *lateral* yang cukup besar karena datangnya angin dari laut dan dari bawah tebing. Walaupun berisiko, kaca yang digunakan tidak dilengkapi dengan penguat yang bila dilihat begitu saja terasa sangat kurang. Dinding kacanya sangat polos tanpa ada *bracing* atau rangka yang mengelilingi tiap modul kacanya. Hal itu merupakan keputusan si arsitek yang menginginkan pemandangan yang tak terhalang.

Alternatif untuk mengurangi risiko bisa menggunakan kaca dengan modul yang lebih kecil, dan menggunakan *spider* sebagai sambungan tiap modulnya.



Sumber: *Architectural Digest*

Gb. 3.2 Glass wall bridge



Sumber: *Architectural Digest*

Gb. 3.3 Bukaan pada dinding kaca

Sambungan jenis *spider* memungkinkan adanya toleransi geser dan getar yang lebih besar antar elemen yang disambungnya. Dengan penggunaan *spider*, kaca yang mengalami gaya dorong oleh angin tidak akan melendut terlalu besar. Gaya akan diterima oleh sambungan akan lebih besar daripada kaca sehingga risiko kaca pecah akan lebih diminimalkan. Terlebih dengan menggunakan modul kaca yang kecil, lendutan akan sangat minimal, dan jumlah *spider* yang cukup banyak akan mampu menahan beban angin yang lebih besar.

Untuk memperkecil risiko, dinding kaca dibuat juga sebagai jendela, agar angin yang datang dari arah laut bisa lewat tanpa ‘menabrak’ kaca seluruhnya. Persambungan antar kaca pada bagian dinding dan jendela ini menggunakan *spider*, termasuk pada sambungan kaca dan betonnya.

Bila dilakukan pergantian material sebagian dari dinding atau kolom di bangunan ini dengan kaca blok, efeknya akan berbeda. Dinding atau kolom yang tetap menggunakan beton dimensinya akan bertambah. Sementara kaca yang digunakan akan bertambah tebal. Selain itu

penggunaan kaca blok akan mengurangi kesan ‘bersih’ yang sebelumnya tercipta tanpa kaca blok.

Untuk bagian lain dari bangunan, seperti ruang duduk utama yang juga menghadap laut, dinding kacanya tidak berfungsi sebagai jendela. Sehingga kaca akan ditabrak oleh angin laut tanpa diteruskan sebagian.



Sumber: Architectural Digest

Gb. 3.4 Interior

Risiko kaca pecah akan lebih besar pada bagian ini, terlebih lagi karena tetap tidak digunakannya *bracing* atau rangka pada kacanya. Sambungan antar kacanya *diffix* dengan *sealant* sehingga kaca yang bersambung terus ini menjadi satu kesatuan. Bentuk ruangan yang agak melingkar akan memperkuat dinding kaca ini. Sambungan antar kaca yang tidak saling sejajar akan saling menahan gaya leteral satu sama lainnya agar tidak roboh terkena gaya angin, tanpa menggunakan kolom kaca penguat.



Sumber: www.structural.glass.com

Gb. 3.5 Kaca sebagai penguat

Dengan tidak menggunakan kolom kaca penguat, sambungan antar kaca akan sangat berpengaruh dalam menjaga bentuk. Efek dari dorongan beban angin akan berbeda untuk tiap modul kaca karena arah hadapnya yang berbeda. Kaca yang melendut di satu sisi akan mendorong kaca di sebelahnya dan efeknya akan terus berulang sampai kaca yang paling ujung bertemu dengan kolom atau dinding beton yang daya tahan terhadap bebannya lebih tinggi.

Walaupun efek berulangnya kecil, *sealant* sebagai sambungan antar kaca akan mengalami penurunan kualitas karena seringnya ditarik ataupun ditekan.

Bangunan ini menonjolkan pemandangan ke arah laut dengan sudut pandang yang lebar. Karena itu digunakan kaca sebagai pengisi façade-nya. Kaca yang digunakan sama sekali bukan untuk menahan beban vertikal seperti layaknya dinding beton. Kaca di sini hanya sebagai pengisi antar struktur kolom dan dinding beton yang ada. Kaca tersebut sebagian besar menahan beban horizontal yang berupa angin.

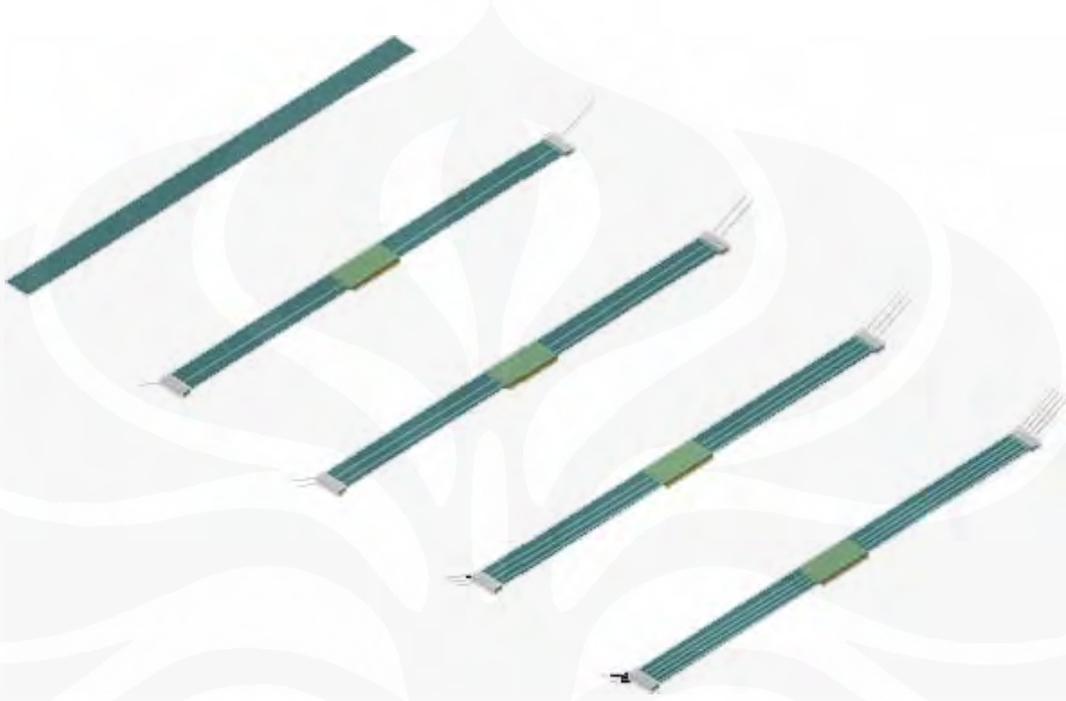
Dengan niat mempertahankan kesan polos, kaca blok (*glass block*) tidak digunakan sebagai dinding penahan beban, melainkan menggunakan beton. Penggunaan kaca yang tidak mampu menahan beban membuat dimensi struktur beton membesar.

III.2 Percobaan Sederhana

Kaca yang berdiri sendiri sebagai penahan beban akan memiliki risiko pecah yang besar. Untuk memperkecil risiko tersebut digunakanlah elemen tambahan pada kaca tersebut. Elemen tersebut akan berfungsi layaknya tulang pada beton bertulang, yaitu menahan gaya tarik pada bagian bawah beton, namun pangaplikasian kawat terhadap kaca berbeda dengan beton bertulang. Kawat tidak ditanam di dalam kaca melainkan diletakkan di bawah permukaan kaca.

Dengan memisahkan antara kaca dengan kawat, gaya yang diterima oleh tiap elemen akan lebih terpisah, tetapi masih berada dalam satu sistem. Kaca yang berada di atas menerima beban secara langsung, sedangkan kawat akan menerima beban sesuai dengan reaksi kaca terhadap beban yang diterimanya.

Untuk percobaan yang dilakukan, digunakan kaca dengan ukuran 50 cm x 3 cm x 3 mm. Kawat akan berada di sisi bawah sepanjang 50 cm. Beban akan diberikan di bagian tengah kaca. Beban yang digunakan berupa air yang dituang terus-menerus secara perlahan sampai kaca tersebut pecah. Data yang didapat berupa beban maksimal yang mampu diterima kaca.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.6 Percobaan kaca



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.7 Ukuran kaca

Untuk **percobaan pertama**, kaca tidak dilengkapi dengan kawat pembantu, sehingga beban akan ditanggung oleh kaca sendirian. Setelah beban diletakkan lendutan dengan cepat terlihat. Lendutan semakin besar sampai akhirnya kaca tersebut pecah pada beban 1,3 kg.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.8 Sebelum diletakkan beban



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.9 Setelah diletakkan beban Untuk **percobaan kedua**, kaca diperkuat dengan sebatang kawat memanjang. Sebelum beban diletakkan kaca sedikit melengkung ke atas karena kawat di bawahnya sudah berada dalam keadaan tarik. Saat beban diletakkan, perlahan-lahan kaca menjadi lurus lalu melendut seperti pada percobaan pertama. Kaca tersebut pecah pada beban 2,8 kg.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.10 Percobaan kedua setelah diletakkan beban **Percobaan ketiga, keempat, dan kelima** hampir sama dengan percobaan kedua. Yang membedakan adalah jumlah kawat perkuatannya.

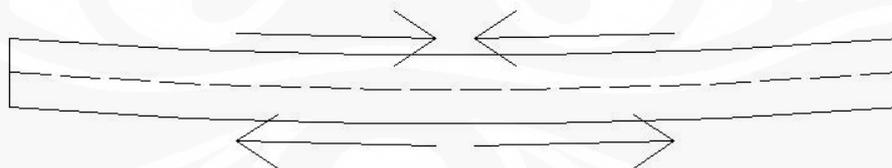


Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.11 Percobaan ketiga

Pada percobaan ketiga menggunakan 2 batang kawat. Kaca pecah pada beban 5,3 kg. Pada percobaan keempat (3 batang kawat) pecah pada 5 kg. pada percobaan kelima (4 batang kawat) juga pecah pada 5 kg.

Untuk percobaan ketiga, keempat, dan kelima, sesaat sebelum kaca pecah terdengar suara retakan kecil selama 2 - 3 detik. Suara retakan tersebut tidak terdengar pada percobaan pertama dan kedua karena pertambahan jarak lendutan yang terjadi pada percobaan 2, 3, dan 4 lebih kecil walaupun dengan penambahan beban yang sama.



Sumber: dokumentasi pribadi

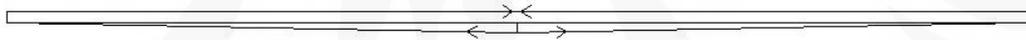
Gb. 3.12 Gaya pada kaca yang dicoba

Gaya yang terjadi pada percobaan pertama adalah gaya tarik dan tekan yang keduanya bekerja seluruhnya di dalam elemen kaca. Pada saat melendut, kaca bagian atas mengalami gaya tekan dan kaca bagian bawah

mengalami gaya tarik. Pada saat pecah, kaca bagian bawah tidak mampu menahan tarikan dan tidak mampu memanjang lagi sehingga pecah.

Pada percobaan kedua kaca di bagian atas mengalami gaya tekan, sedangkan kawat di bawahnya mengalami gaya tarik. Pada saat kaca pecah, kawat di bawahnya tidak putus menandakan bahwa kawat tersebut masih kuat menahan beban lebih dari itu. Tetapi lendutan yang terjadi pada kaca akibat beban dan renggangan kawat mengakibatkan kaca tersebut pecah.

Pada percobaan ketiga, keempat, dan kelima gaya yang terjadi sama dengan percobaan kedua. Walaupun menggunakan jumlah kawat yang berbeda, kaca pecah pada beban 5 kg. Hal ini kemungkinan besar disebabkan pembagian beban yang tidak sama untuk tiap kawat yang digunakan. Dan dari semua percobaan kawat yang digunakan tidak putus.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.13 Gaya pada kaca dan kawat

Dari kelima percobaan yang dilakukan, persamaan yang ada adalah kondisi kaca yang pecah. Kelima kaca yang dicoba pecah atau patah di bagian tengah. Bisa disimpulkan bahwa kaca tersebut mengalami *bending stress failure*.

Sedangkan bagian ujung dan pinggir kaca tidak pecah atau retak. Dari pecahnya kaca tersebut, berarti *shear stress* pada kaca yang dicoba tidak besar dan mampu ditanggung seluruhnya oleh kaca tersebut.

Sedangkan untuk *bearing stress* yang terjadi pada ujung-ujungnya, baik antara kaca dengan aluminium U maupun antara kaca dengan kawat, juga cukup kecil, sehingga mampu ditanggung oleh kaca. Hal ini berkaitan

dengan skala percobaan dan beban maksimal yang digunakan.

Kemungkinan bila skala percobaan diperbesar dan beban yang digunakan juga lebih berat, maka *shear stress failure* dan *bearing stress failure* bisa terjadi.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.14 Patahan kaca

Kaca memiliki ketahanan beban yang kecil. Dengan diperkuat dengan kawat untuk menahan gaya tarik, kaca tersebut mampu menahan beban berkali-kali lipat dari kaca sendiri, tergantung dari jumlah kawat yang digunakan. Perlakuan seperti ini membuktikan bahwa kaca bisa difungsikan untuk menahan beban bila digabungkan dengan bahan lain, seperti layaknya beton menjadi beton bertulang.

Dengan kawat sebagai penahan tarik, kaca juga memungkinkan untuk dijadikan elemen struktur kolom. Kawat tersebut akan berfungsi menahan tarik akibat gaya arah horizontal yang membebani kolom tersebut.

Dengan ukuran kaca yang lebih besar dan peletakkan kawat di dalam kaca (kaca bertulang), kaca bisa menerima beban layaknya balok pada bangunan. Dan apabila kaca yang digunakan berupa lembaran dengan perkuatan kawat jejaring seperti layaknya kawat bertulang, ukuran tiap modul kaca untuk lantai dan atap akan lebih besar dari 1 m x 1 m. Efek yang didapat juga akan lebih dramatis, karena berkurangnya sambungan antar kaca yang menggunakan *seallant* dan *spider*. Bangunan akan terlihat lebih bersih dan *simple*.

Percobaan ini hanya merupakan langkah awal. Untuk data yang lebih akurat, hendaknya percobaan dilakukan di laboratorium yang berkualitas dengan alat-alat yang lebih lengkap. Percobaan ini juga bisa dilanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi (S-2).

III.3 Struktur Kaca

Pada sub-bab ini penulis mencoba menganalisis struktur kolom-balok-lantai yang menggunakan kaca seluruhnya. Analisis ini bertujuan untuk melihat sejauh mana potensi kaca untuk menjadi bagian elemen struktur, bukan hanya pengisi.

1. Dimensi

Untuk analisis ini dimensi yang digunakan adalah dimensi yang sama dengan material struktur pada umumnya. Pada elemen kolom, dimensi yang digunakan adalah 3 x 30 cm x 30 cm. Untuk elemen balok 30 cm x 20 cm, diletakkan dengan posisi meninggi dengan bentang sejauh 4 m. Sedangkan untuk lantai digunakan kaca dengan tebal 12 mm dengan modul kacanya per 1 m x 1 m. Untuk memperkuat plat lantai kaca, digunakan rangka pada plat tersebut dengan jarak tiap 1 m.

Dengan ketiga elemen tersebut, akan dibuat sebuah bangunan sederhana dengan dimensi 4 m x 4 m, dengan tinggi 3 m.

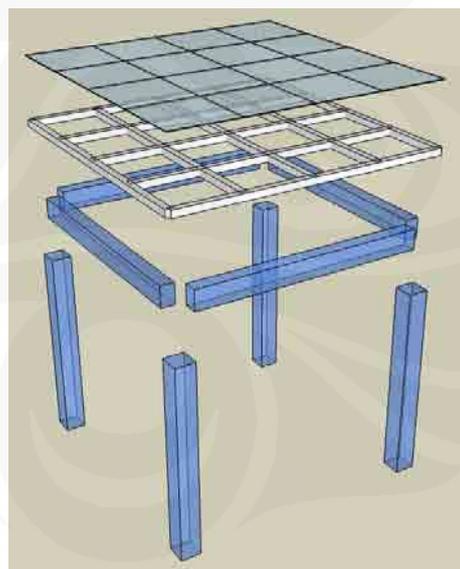
2. Material

Material yang digunakan adalah kaca untuk tiap elemennya. Untuk kaca yang menjadi plat lantai, kacanya berupa kaca *tempered*. Sedangkan kolom dan baloknya menggunakan bahan yang sama namun skala pembuatannya diperbesar.

Kaca-kaca ini memiliki perkuatan dengan kawat dan tulangan layaknya beton. Untuk kolom dan balok kaca digunakan kawat baja sebagai tulangannya. Sedangkan untuk pelat lantai digunakan kawat baja yang lebih tipis sehingga bekerja seperti percobaan dilakukan sebelumnya.

3. Sambungan

Untuk sambungan antar elemennya digunakan sambungan yang bersifat kaku. Sehingga tiap elemennya menerima gaya akibat pergeseran atau lendutan elemen lainnya. Untuk sambungan antar kaca pada plat lantai, digunakan rangka atau *bracing* pada bagian bawahnya dengan tambahan *seallant*.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.15 Susunan struktur kaca

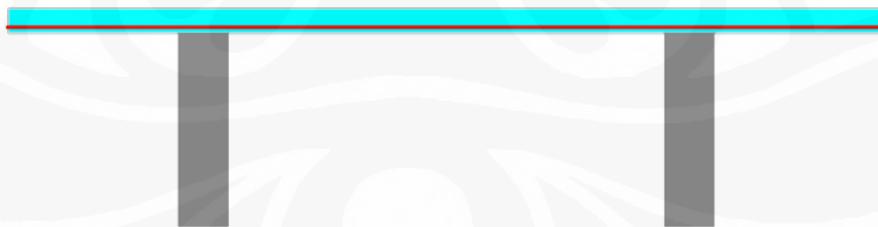
Pada analisis ini juga ditambahkan mengenai tangga kaca. Tiap anak tangga menggunakan kaca setebal 25 mm dengan panjang 90 cm. Tiap anak tangga ini ditopang oleh 2 elemen dengan jarak masing-masing 20 cm dari sisi terluar anak tangga.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.16 Tangga kaca

Kaca yang digunakan untuk tangga ini adalah *tempered glass*. Kaca ini tidak menggunakan kawat sebagai tulangan, karena jarak terjauh yang tidak ditopang hanya 50 cm. Dengan perbandingan dengan kaca biasa (didapat melalui percobaan), tiap anak tangga ini (*tempered glass*) mampu menahan beban antara 200 sampai 250 kg.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.17 Potongan tangga kaca

Apabila tangga kaca ini dilengkapi dengan kawat tulangan, kerja kawat akan tidak maksimal. Kawat pada bagian tengah akan mengalami gaya tarik seperti yang diinginkan, tetapi kawat pada bagian pinggir luar anak

tangga akan mengalami gaya tekan. Dengan demikian resultan gaya yang dikerjakan oleh kawat akan tidak maksimal, dan gaya yang harus ditahan oleh kaca tidak sepenuhnya terbantu oleh kawat tersebut.

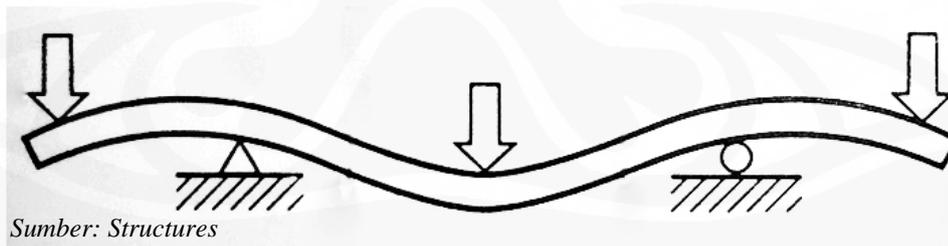
Penggunaan kawat tulangan pada tangga akan menjadi maksimal apabila penopang berada di sisi terluar anak tangga. Dengan demikian kawat tulangan akan mengalami gaya tarik sepenuhnya, sehingga kawat akan menahan gaya secara maksimal.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gb. 3.18 Potongan tangga kaca

Gaya beban yang diterima oleh kaca akan menyebabkan lendutan di 3 tempat seperti pada gambar. Bagian tengah kaca akan mengalami risiko pecah yang lebih besar, karena jarak antara penopang (25 cm) lebih jauh daripada antara satu penopang ke sisi luar kaca (20 cm).



Sumber: Structures

Gb. 3.19 Gaya pada anak tangga

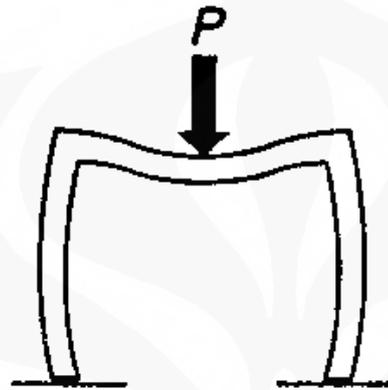
Penggunaan kaca pada struktur secara keseluruhan pada dasarnya memiliki aliran gaya dan gaya aksi-reaksi yang sama dengan material lainnya. Kaca dengan sifat getas dan mudah pecahnya bisa disamakan dengan material batu atau beton. Layaknya batu atau beton, kaca lebih

kuat menahan gaya tekan daripada gaya tarik. Untuk mengatasi gaya tarik yang berlebih, maka pengaplikasian kawat pada beton juga digunakan terhadap kaca yang menjadi balok ataupun kolom.

Yang menjadi perbedaan dengan struktur yang menggunakan bahan lain adalah dimensi yang diperlukan untuk menahan beban yang sama. Dengan dimensi elemen struktur seperti yang disebutkan, tetapi dengan material berbeda seperti beton atau kayu, struktur tersebut akan lebih mampu bertahan. Perbedaan lainnya adalah ketahanan dalam mempertahankan bentuk. Pada struktur yang menggunakan kayu, beton, atau baja, lendutan yang mampu ditolerir lantai, balok, dan kolomnya lebih besar. Dengan kata lain bentuk struktur kaca ini akan lebih stabil namun mudah roboh.

Sebagai satu kesatuan, struktur kaca ini akan mengalami momen dan lendutan seperti yang terjadi pada gambar. Lendutan pada bagian lantai atas akan tertahan oleh tulangan yang tertanam pada kaca plat lantai dan balok. Sedangkan lendutan pada kolom akan tertahan oleh tulangan kolom. Sambungan *spider* antar plat kaca akan berfungsi juga sebagai tulangan, tetapi peletakkannya yang berbeda.

Lendutan pada plat lantai kaca yang terjadi akan bersifat *two-way plate*, di mana lendutan memiliki 2 arah sumbu yang tegak lurus dengan balok penopangnya. Begitu juga yang terjadi dengan tiap modul yang menyusun plat lantai kaca tersebut.



Sumber: Structures

Gb. 3.20 Bending pada struktur kaca

Risiko terjadinya *bearing stress failure* pada sambungan *spider* akan lebih besar daripada sambungan antar kolom dan balok. Pada tiap sambungan plat lantai tersebut, sambungan akan tertarik seiring dengan penambahan beban yang menimpa lantai. Pada saat beban melebihi kemampuan tarik sambungan dan kawat tulangan plat kaca, kaca tersebut akan pecah.

Penggunaan kaca sebagai elemen struktur (kolom, balok, dan lantai) sebuah bangunan sangat memungkinkan. Risiko yang harus dihadapi untuk menggunakan kaca memang cukup besar, tetapi dengan penggunaan bahan-bahan yang tepat dan perhitungan yang matang, kaca dapat diaplikasikan sebagai pengganti struktur beton.

Risiko akan menjadi lebih kecil dengan menggunakan *tempered glass* yang mampu menahan beban 4 sampai 5 kali dari kaca biasa. Kaca yang menjadi lantai dengan ukuran modul 1 m x 1 m tersebut masih memerlukan rangka tambahan, namun rangka tersebut bisa memiliki dimensi yang lebih kecil karena kaca dengan perkuatan kawat sudah mampu menahan beban yang cukup besar.

Tangga kaca sudah banyak diaplikasikan pada bangunan-bangunan. Kebanyakan kaca yang digunakan untuk tangga adalah kaca dengan tebal

2 inci atau sekitar 5 cm. Dengan menggunakan kawat di dalam kaca tersebut, tebal kaca bisa dikurangi dan beban sendiri kaca juga ikut berkurang. Tangga akan lebih terlihat minimalis dan lebih terkesan ringan daripada sebelumnya.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

IV.1 Kesimpulan

Kaca menjadi material yang erat kaitannya dengan estetika. Banyak bangunan yang menggunakan kaca untuk memperindah tampilannya, sehingga bangunan tersebut terlihat mencolok. Seiring dengan waktu, kaca berkembang menjadi berbagai macam jenis, sesuai kebutuhan konsumen. Tetapi kesamaan kaca sejak dulu sampai sekarang adalah sifatnya yang getas dan anggapan bahwa kaca adalah rapuh dan tidak kuat, sehingga sangat jarang digunakan untuk penahan beban.

Yang belum diketahui masyarakat adalah kaca memiliki kekuatan yang cukup untuk dijadikan sebagai elemen struktur bangunan, seperti lantai, balok, dan kolom. Aplikasi untuk elemen struktur tersebut tidak mungkin hanya mengandalkan kaca yang berdiri sendiri. Kaca harus digabungkan dengan bahan lain untuk menjadi lebih kuat, namun tetap memiliki ciri dan *image* kaca pada umumnya. Kaca yang memiliki sifat dasar menyerupai batu atau beton ini baik digabungkan dengan bahan kawat layaknya tulang pada beton bertulang. Kawat ini akan membantu kaca, yang dijadikan kolom, balok, atau lantai, dalam menahan gaya tarik.

Kaca memang belum memungkinkan untuk dijadikan material struktur untuk bangunan bertingkat tinggi, karena resiko yang harus ditanggung cukup besar. Selain itu untuk menahan beban bangunan bertingkat tinggi, dimensi kaca yang harus digunakan pastilah sangat besar. Kendala lain dalam penggunaan kaca sebagai struktur adalah biaya. *Tempered glass* yang ada di pasaran memiliki harga yang cukup mahal. Bila diperlukan kaca seperti itu dengan ukuran besar dan solid seperti untuk kolom dan balok, harganya akan menghabiskan *budget* yang ada.

Terlepas dari kekurangan tersebut, kaca bisa memberikan kesan ruang dan *image* yang unik. Kaca juga bisa memberikan kesan bersih dan ringan, serta memiliki kesan rumit bila dikomposisikan secara acak. Dengan banyaknya jenis kaca sekarang ini, kaca bisa menjadi bermacam-macam material dengan *image* yang sama. Kaca bisa menjadi bening, buram, atau bahkan menjadi padat.

IV.2 Saran

Sebagai perancang, hendaknya tidak terbatas oleh material-material yang biasa digunakan sebagai elemen tertentu. Ada saatnya untuk menggunakan material yang ada namun diubah fungsi dan aplikasinya. Disarankan sebagai arsitek untuk terus mengeksplorasi potensi kaca dan material lain yang sejenis sebagai bagian dari struktur, sehingga perkembangan kaca menjadi lebih pesat.

Daftar Pustaka

Cowan, Henry & Peter R. Smith. *The Science and Technology of Building Materials*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1988.

Frick, Heinz & Koemartadi. *Ilmu Bahan Bangunan*. Jogjakarta: Kanisius Media, 1999.

Hornbostel, Caleb. *Construction Materials*. Canada: John Wiley & Sons, 1978.

Neufeldt, Victoria. *Webster's New World Dictionary*. New York: Simon & Schuster, Inc., 1989.

Schittich, Christian & Gerald Staib. *Glass Construction Manual*. Switzerland: Birkhäuser, 1999.

Schodek, Daniel. *Structures*. New Jersey: Simon & Schuster/A Viacom Company, 1980.

Architectural Digest, April 2008. Los Angeles: Condé Nast Publication, 2008.

iDEA Magazine "Plafon, Dinding, Lantai". Jakarta: Gramedia, 2006.

www.aboutglasstiles.com

glass-innovations.net

inventors.about.com

www.dupont.com

www.glassonline.com

www.glaziersregister.com

www.structralglass.com

www.wikipedia.com

