

**POTENSI & APLIKASI POLIKARBONAT
PADA ARSITEKTUR**

***(POTENCY & APPLICATION
OF POLYCARBONATE IN ARCHITECTURE)***

SKRIPSI

Safitri Dian Sari

0403050501



**DEPARTEMEN ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA**

GANJIL 2007/2008

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

Potensi & Aplikasi Polikarbonat pada Arsitektur ***(Potency & Application of Polycarbonate in Architecture)***

disusun untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Arsitektur Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan.

Depok, 2 Januari 2008

Safitri Dian Sari

0403050501

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

Potensi & Aplikasi Polikarbonat pada Arsitektur
(Potency & Application of Polycarbonate in Architecture)

Oleh:

Safitri Dian Sari

0403050501

telah dievaluasi kembali dan diperbaiki sesuai dengan pertimbangan dan komentar-komentar para penguji dalam sidang yang berlangsung pada hari Senin, tanggal 17 Desember 2007.

Depok, 2 Januari 2008

Dosen Pembimbing

(Ir.Achmad Sadili Somaatmadja,MSi)

NIP: 130794141

ABSTRAK

Polikarbonat merupakan jenis plastik yang terkenal karena sifat transparan dan kekuatannya. Material ini diproduksi dalam bentuk lembar, film, dan profil. Polikarbonat berkembang pesat karena potensial untuk diterapkan pada berbagai aplikasi (botol minum, rumah lampu, lensa kaca mata dan sebagainya).

Pada bidang arsitektur, polikarbonat diterapkan sebagai material pengkacaan dengan mengandalkan sifat transparannya. Bahkan material ini mulai digemari dibandingkan kaca dengan diterapkan sebagai penutup, jendela, atap, bahkan *cladding* atau *curtain wall*. Namun apakah penerapan polikarbonat akan berhenti setelah itu? Atau mungkinkah material ini diterapkan sebagai material struktural di kemudian hari?

Karya tulis ini akan menjelaskan lebih jauh mengenai material polikarbonat (karakteristik, jenis, pengolahan, dan sebagainya) sehingga dapat diterapkan pada berbagai desain arsitektur dan menggali potensi material ini untuk dapat dikembangkan sebagai material struktural.

ABSTRACT

Polycarbonate is plastic polymer which is famous because its transparency and strength. This material is produced in sheets, films, and profiles. Polycarbonate has been growing fast because it gains potencies to be used in a lot of appliance (bottles, lamp housings, glasses lenses, etc).

In architecture, polycarbonate is used for glazing by count on its transparency. Infact, this material is started to be more desirable than glass in its appliance as coverings, windows, roofs, even claddings or curtain walls. But is that all? Or could it be used as structural material?

This paper will explain deeper about polycarbonate (characteristics, types, blends, etc) until it's usable in many architecture design and explores its potency to be developed as structural material.

PENGANTAR

Saya panjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmatNya sehingga saya dapat menyelesaikan Penulisan Ilmiah Arsitektur (skripsi) ini tepat waktu.

Penulisan Ilmiah Arsitektur merupakan mata kuliah wajib dalam Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Indonesia dengan bobot 4 sks.

Saya mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu saya dalam penulisan ini :

1. Bapak Sadili, dosen pembimbingku.
Terima kasih sudah bersedia jadi dosen pembimbing yang memberikan banyak masukan dan pengarahan yang bermanfaat.
2. Ir. Hendrajaya Isnaeni, M.Sc., Ph.d., selaku dosen penanggung jawab mata kuliah Penulisan Ilmiah Arsitektur.
3. Bapak Kuncoro dan Bapak Sukisno, para dosen penguji.
Terima kasih untuk tambahan, masukan, dan kritik yang bermanfaat.
4. Keluarga.
Makasi ya untuk kasih sayang, doa, dan dukungan yang sangat membantu..Luv u all, folks!^,^}v
5. Abdi Wisesa.
Thanx for loving and encouraging me..Thanx for all of your helps, especially all the downloads, it's helpfull! For being my smart computer technician & for always being there for me..anytime! Thanx my Abi..^.-}v
6. Teman-teman.
 - ✚ Icha, Boris, Eve, Toge, Mei, Ei, Pria dan Tiara, yang menemaniku berjuang untuk skripsi..CAIOO!!
 - ✚ Wiwid Ars'03, karena menawarkan diri jadi asdos skripsi dan untuk rumus $W = m \times g$..maaf ya jadi bikin lo mikir,hehe..^.-}
 - ✚ Lia Ars'03, yang memberi banyak informasi bermanfaat tentang skripsi..maaf sering telepon di jam-jam tak terduga,hha..^.-}
 - ✚ Marcell Ars'03, untuk semua jawaban via sms yang sangat membantu..Thanx a bunch ya..!!

- ✚ Widy Ars'03, karena memberikan motivasi untuk tetap CAIO mengerjakan skripsi. Thanx ya! Anyway jadi minta soft copynya ga?
 - ✚ Pria Ars'03, yang meminjamkan El Croquis. Makasih Pri, it's really helpfull.& heavy!^,-)
 - ✚ Ubay Sipil'03, karena bersedia menjelaskan tentang modulus elastisitas. Lo cocok lho jadi dosen,hehe..good luck for your script too..^,^)
 - ✚ Ocha Sipil'03, yang mengklarifikasi kalau $1 \text{ Mpa} = 1 \text{ N/mm}^2$. Thanx a bunch Cha, it's very helpfull..!!
 - ✚ Icha Ars'03, untuk temen bertukar pikiran, pendapat, informasi, gosip..(lho?) & untuk MT-nya itu lho, bikin semangat ngerjain skripsi,hhe..^,-)
7. Jacqueline Glass, the writer of Encyclopaedia of Architecture Technology.
Thanx for writing that book to be my first motivator for doing my script..
 8. Perpustakaan, warnet, dan fotokopi.
Makasi untuk segala bantuannya..it's helpfull..^,^)
 9. Sigo, Embul and Pican.
Thanx for being my devoted friends while typing my script..You're all so adorable..!!
 10. Pihak-pihak lain yang namanya belum disebutkan.
Makasi untuk segala bantuannya.
 11. You! Who's reading my script..makasih ya, semoga bermanfaat..!^,^)
- Saya menyadari bahwa penulisan ilmiah ini masih memiliki kekurangan, maka saya mohon maaf bila terdapat banyak kesalahan. Dan saya berharap agar laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Terima kasih.

Depok, 2 Januari 2008

Safitri Dian Sari

040305051

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	i
PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR DIAGRAM.....	xiii
Bab 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3. Ruang Lingkup Pembahasan.....	2
1.4. Tujuan Penulisan.....	2
1.5. Metode Penulisan.	2
1.6. Urutan Penulisan.	2
Bab II POLIKARBONAT	
II.1. Sejarah Perkembangan Polikarbonat.....	4
II.2. Karakteristik Polikarbonat.....	4
II.3. Perbandingan Polikarbonat dengan Material Lain	
II.3.1. Perbandingan Polikarbonat dengan Jenis Plastik Lain.....	7
II.3.2. Perbandingan Polikarbonat dengan Akrilik.....	8
II.3.3. Perbandingan Polikarbonat dengan Kaca.....	9
II.4. Jenis Polikarbonat.	
II.4.1. Bentuk.	
II.4.1.1. Lembar.....	10
II.4.1.2. Film.....	14
II.4.1.3. Profil.....	15
II.4.2. Permukaan.	
II.4.2.1. Jernih.....	16
II.4.2.2. Putih.....	17
II.4.2.3. Perunggu.....	17
II.4.3. <i>Grade</i> .	

II.4.3.1. <i>Optical Grade</i>	19
II.4.3.2. <i>FDA Grade</i>	19
II.4.3.3. <i>Machine Grade</i>	20
II.4.3.4. <i>Abrasion Resistance Grade</i>	20
II.4.3.5. <i>Bullet Resistance Grade</i>	20
II.4.3.6. <i>High Heat Resistance Grade</i>	21
II.4.3.7. <i>Flame Inhibut Grade</i>	21
II.4.3.8. <i>UV Stabilized Grade</i>	21
II.5. Polikarbonat Campuran.....	22
II.6. Aplikasi Polikarbonat secara Umum.....	24
Bab III POTENSI & APLIKASI POLIKARBONAT PADA ARSITEKTUR	
III.1. Aplikasi Polikarbonat sebagai Pengkacaan.....	26
III.2. Aplikasi Polikarbonat sebagai Penutup Atap.....	30
III.3. Aplikasi Polikarbonat sebagai <i>Cladding</i>	32
III.4. Polikarbonat sebagai Struktur.....	34
Bab IV STUDI KASUS & ANALISIS	
III.1. Skylight Perpustakaan FTUI, Depok.....	41
III.2. Atap Gazebo Jurusan Sipil FTUI, Depok.....	44
III.3. Cladding Pusat Dansa Laban, Inggris.....	47
III.4. Jembatan Kaca, Belanda.....	53
Bab V PENUTUP	
V.1. Kesimpulan.....	55
REFERENSI	59
DAFTAR ISTILAH.....	62

DAFTAR GAMBAR

BAB I. PENDAHULUAN

Tidak ada.

BAB II. POLIKARBONAT

Gambar II.1 Struktur molekul polikarbonat

Gambar II.2. Polikarbonat menggantikan kaca pada beberapa aplikasi

Gambar II.3. Polikarbonat dua lapis

Gambar II.4. Polikarbonat tiga lapis

Gambar II.5. Polikarbonat empat lapis

Gambar II.6. Polikarbonat lima lapis

Gambar II.7. Polikarbonat *reinforced wall*

Gambar II.8. Polikarbonat *multicell*

Gambar II.9. Variasi lembar multi lapis

Gambar II.10. Polikarbonat padat

Gambar II.11. Polikarbonat *ridged*

Gambar II.12. Polikarbonat *mid circular*

Gambar II.13. Polikarbonat *omega*

Gambar II.14. Polikarbonat *greca*

Gambar II.15. Polikarbonat *angular*

Gambar II.16. Variasi lembar berombak

Gambar II.17. Aplikasi polikarbonat lembar

Gambar II.18. Variasi polikarbonat film

Gambar II.19. Aplikasi polikarbonat film

Gambar II.20. Variasi profil kopong

Gambar II.21. Aplikasi polikarbonat profil kopong

Gambar II.22. Polikarbonat profil padat dengan bentuk dasar persegi

Gambar II.23. Aplikasi polikarbonat profil padat

Gambar II.24. Polikarbonat transparan

Gambar II.25. Polikarbonat putih

Gambar II.26. Polikarbonat perunggu

Gambar II.27. Polikarbonat *bronze opal*

Gambar II.28. Polikarbonat *heatguard opal*
Gambar II.29. Polikarbonat berombak transparan, putih, dan perunggu
Gambar II.30. Aplikasi *optical grade*
Gambar II.31. Aplikasi *FDA grade*
Gambar II.32. Aplikasi *machine grade*
Gambar II.33. Aplikasi *abrasion resistance grade*
Gambar II.34. Polikarbonat lapis
Gambar II.35. Perbandingan kaca lapis, akrilik lapis, polikarbonat lapis pada uji tembak
Gambar II.36. Aplikasi *high heat resistance grade*
Gambar II.37. Aplikasi *flame inhibit grade*
Gambar II.38. Aplikasi *UV stabilized grade*
Gambar II.39. Aplikasi polikarbonat+kaca
Gambar II.40. Aplikasi polikarbonat+ABS
Gambar II.41. Aplikasi polikarbonat+polyester
Gambar II.42. Polikarbonat pada perabot dapur
Gambar II.43. Polikarbonat pada komponen elektrikal & elektronik
Gambar II.44. Polikarbonat pada komponen optik
Gambar II.45. Polikarbonat pada komponen kendaraan
Gambar II.46. Polikarbonat pada peralatan kedokteran
Gambar II.47. Polikarbonat pada arsitektur

BAB III. POTENSI & APLIKASI POLIKARBONAT PADA ARSITEKTUR

Gambar III.1. Rongga udara sebagai insulasi panas
Gambar III.2. Jenis polikarbonat untuk aplikasi pengkacaan
Gambar III.3. Tiap jenis permukaan menimbulkan nuansa yang berbeda
Gambar III.4. Aplikasi polikarbonat pada pengkacaan
Gambar III.5. Ilustrasi uji beban pada atap polikarbonat
Gambar III.6. Alur vertikal rongga udara
Gambar III.7. Jenis polikarbonat untuk aplikasi atap
Gambar III.8. Variasi bentuk atap polikarbonat
Gambar III.9. Kommerzbank Arena, Frankfurt
Gambar III.10. Shenyang Stadium
Gambar III.11. Polikarbonat untuk *cladding*
Gambar III.12. Ricola Storage, Perancis

Gambar III.13. Kaufmann Hall, Jerman
Gambar III.14. Desain sambungan pada polikarbonat
Gambar III.15. Sambungan *interlocking* pada polikarbonat
Gambar III.16. Sambungan polikarbonat dengan aluminium dan baja
Gambar III.17. Berbagai gaya pada struktur
Gambar III.18. Lapisan PVB pada kaca lapis
Gambar III.19. Kaca lapis
Gambar III.20. Proses pelapisan kaca
Gambar III.21. Kaca sebagai balok dan lantai
Gambar III.22. Kaca sebagai kolom
Gambar III.23. Kayu sebagai kolom
Gambar III.24. Polikarbonat campur kaca
Gambar III.25. Polikarbonat lapis
Gambar III.26. Perbandingan kaca lapis dengan polikarbonat lapis pada uji peluru
Gambar III.27. Polikarbonat multicell

BAB IV. STUDI KASUS & ANALISIS

Gambar IV.1. Skylight di area membaca perpustakaan FTUI
Gambar IV.2. Polikarbonat dua lapis
Gambar IV.3. Konstruksi dengan aluminium
Gambar IV.4. Sambungan menggunakan paku
Gambar IV.5. Suasana terang di area membaca
Gambar IV.6. *Skylight* dibangun di dalam ruangan
Gambar IV.7. Potongan *skylight*
Gambar IV.8. Gazebo tempat akses internet gratis
Gambar IV.9. Polikarbonat berwarna perunggu
Gambar IV.10. Polikarbonat dua lapis
Gambar IV.11. Lembar dua lapis tidak menghambat daun berjatuhan
Gambar IV.12. Alur rongga horisontal
Gambar IV.13. Sambungan polikarbonat dengan aluminium dan baja
Gambar IV.14. Pusat Dansa Laban, London, Inggris
Gambar IV.15. Denah menampilkan bentuk melengkung
Gambar IV.16. *Façade* melengkung pada Pusat Dansa Laban
Gambar IV.17. Panel polikarbonat yang memanjang

Gambar IV.18. *Cladding* polikarbonat warna warni
Gambar IV.19. *Cladding* saat cuaca cerah
Gambar IV.20. *Cladding* saat cuaca mendung
Gambar IV.21. Polikarbonat empat lapis
Gambar IV.22. Sifat permukaan tembus cahaya
Gambar IV.23. *Anodised aluminium cavity capping*
Gambar IV.24. Rongga antara kaca dengan polikarbonat
Gambar IV.25. Studio mendapatkan difusi cahaya dari koordinasi kaca-polikarbonat
Gambar IV.26. Variasi tampilan *facade*
Gambar IV.27. Bayangan penari dapat terlihat melalui *cladding* polikarbonat
Gambar IV.28. Bayangan bangunan tampak pada teluk Deptford
Gambar IV.29. Perbedaan *façade* saat siang dan malam
Gambar IV.30. Penampilan Pusat Dansa Laban di malam hari
Gambar IV.31. Jembatan Kaca, Rotterdam, Belanda
Gambar IV.32. Kayu sebagai pelat lantai

BAB V. PENUTUP

Tidak ada.

DAFTAR TABEL

BAB I. PENDAHULUAN

Tidak ada.

BAB II. POLIKARBONAT

Tabel II.1. Perbandingan berat lembar multi lapis, padat dan kaca

Tabel II.2. Kemampuan transmisi cahaya dari berbagai permukaan polikarbonat

Tabel II.3. Kemampuan transmisi cahaya dari warna lain

BAB III. POTENSI & APLIKASI POLIKARBONAT PADA ARSITEKTUR

Tabel III.1. Perbandingan insulasi panas polikarbonat dan kaca

BAB IV. STUDI KASUS & ANALISIS

Tabel IV.1. Perbandingan berat lembar dua lapis, lembar padat, dan kaca

Tabel IV.2. Perbandingan transmisi cahaya dari polikarbonat berwarna

BAB V. PENUTUP

Tidak ada.

DAFTAR DIAGRAM

BAB I. PENDAHULUAN

Tidak ada.

BAB II. POLIKARBONAT

Diagram II.1. Kestabilan polikarbonat terhadap ultraviolet

Diagram II.2. Perbandingan ketahanan bentur beberapa jenis plastik

Diagram II.3. Perbandingan ketahanan bentur antara kaca, akrilik, dan polikarbonat

BAB III. POTENSI & APLIKASI POLIKARBONAT PADA ARSITEKTUR

Diagram III.1. Transmisi cahaya dari permukaan tranparan

Diagram III.2. Perbandingan ketebalan lembar dengan transmisi cahaya

Diagram III.3. Perbandingan ketahanan bentur kaca, akrilik, dan polikarbonat

BAB IV. STUDI KASUS & ANALISIS

Tidak ada.

BAB V. PENUTUP

Tidak ada.

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Dalam bidang arsitektur, teknologi material terus berkembang karena berbagai macam faktor seperti ketidakpuasan terhadap kualitas material, rancangan yang membutuhkan potensi material tertentu, atau karena ego perancang yang ingin melakukan uji coba dengan suatu material, dan sebagainya.

Contohnya pada material struktural, walaupun baja dan beton sudah teruji kemampuannya sebagai struktur tapi eksplorasi material struktural terus dilakukan. Kini bahan alam seperti bambu dan batang pohon kelapa juga digunakan sebagai kolom, bahkan kertas pun dapat menjadi kolom. Kemudian kaca yang seakan jauh dari fungsi struktural ternyata dapat pula diaplikasikan sebagai balok dan kolom.

Sementara itu dalam perkembangan teknologi yang lebih luas, bahan sintesis kini tengah berkembang pesat, yaitu plastik. Plastik diolah dari salah satu hasil penyulingan minyak mentah, yaitu level naptha. Naptha dipecah menjadi molekul-molekul hidrokarbon yang dapat menghasilkan plastik.¹ Jenis plastik sangatlah banyak, tapi secara garis besar plastik terbagi dua, yaitu plastik termoplastik dan plastik termoset.²

I.2. Permasalahan

Polikarbonat merupakan salah satu jenis plastik yang berkembang pesat di bidang arsitektur. Pemanfaatan material ini sudah mulai menggantikan fungsi kaca pada banyak aplikasi karena memiliki banyak keunggulan terutama ringan dan tahan bentur.

Polikarbonat sudah diterapkan pada aplikasi nonstruktural dengan hasil yang mengesankan. Namun apakah hanya sejauh ini aplikasi polikarbonat pada arsitektur? Atau mungkinkah aplikasinya dikembangkan lagi dengan menggali lebih dalam dari potensi material ini?

¹Jacqueline Glass, *Encyclopaedia of Architectural Technology*. (Inggris: John Wiley & Sons, 2002), 233.

²Jacqueline Glass, *Encyclopaedia of Architectural Technology*. (Inggris: John Wiley & Sons, 2002), 238-239.

I.3. Ruang Lingkup Pembahasan

Pembahasan mengarah pada material polikarbonat, mulai dari karakteristik sampai pada penerapan, khususnya pada bidang arsitektur dan sejauh mana potensi polikarbonat dapat diterapkan pada desain arsitektur.

I.4. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan ini untuk mempelajari lebih dalam mengenai polikarbonat, salah satu jenis plastik yang kini berkembang pesat. Mulai dari perkembangan, karakteristik, sampai pada inovasi yang bisa ditawarkan oleh polikarbonat sebagai material struktur.

I.5. Metode Penulisan

Metode yang dilakukan dalam penyusunan tulisan ini berupa studi kepustakaan literatur berupa buku, majalah, dan internet untuk dasar pemahaman teori disertai studi kasus.

I.6. Urutan Penulisan

Penulisan ilmiah ini terbagi menjadi lima bab, yaitu :

Bab I Pendahuluan

I.1. Latar belakang.

I.2. Permasalahan.

I.3. Ruang Lingkup Pembahasan.

I.4. Tujuan Penulisan.

I.5. Metode Penulisan.

I.6. Urutan Penulisan.

Bab II Polikarbonat

II.1. Sejarah Perkembangan Polikarbonat.

II.2. Karakteristik Polikarbonat.

- II.3. Perbandingan Polikarbonat dengan Material Lain.
 - II.3.1. Perbandingan Polikarbonat dengan Jenis Plastik Lain.
 - II.3.2. Perbandingan Polikarbonat dengan Akrilik.
 - II.3.3. Perbandingan Polikarbonat dengan Kaca.
- II.4. Jenis Polikarbonat.
 - II.4.1. Bentuk.
 - II.4.2. Permukaan.
 - II.4.3. *Grade*.
- II.5. Polikarbonat Campuran.
- II.6. Aplikasi Polikarbonat secara Umum.

Bab III Potensi dan Aplikasi Polikarbonat pada Arsitektur.

- III.1. Aplikasi Polikarbonat sebagai Pengkacaan.
- III.2. Aplikasi Polikarbonat sebagai Penutup Atap.
- III.3. Aplikasi Polikarbonat sebagai *Cladding*.
- III.4. Polikarbonat sebagai Struktur.

Bab IV Studi Kasus & Analisis

- III.1. Skylight Perpustakaan FTUI, Depok.
- III.2. Atap Gazebo Jurusan Sipil FTUI, Depok.
- III.3. Cladding Pusat Dansa Laban, Inggris.
- III.4. Jembatan Kaca, Belanda.

Bab V Penutup.

- V.1. Kesimpulan.

POLIKARBONAT

II.1. Sejarah Perkembangan Polikarbonat

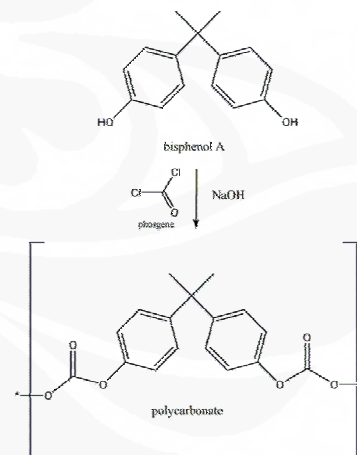
Polikarbonat ditemukan pada tahun 1953 di Amerika dan Jerman. Ilmuwan General Electric, Daniel W. Fox menemukan polikarbonat saat mengerjakan material pelapis kabel, setelah beberapa hari lapisan menjadi keras dan tembus pandang. Sementara itu, di Jerman, Herman Schnell menemukan polikarbonat di laboratorium Bayer.³

Pada tahun 1958, kedua perusahaan tersebut mulai mengembangkan produksi polikarbonat. General Electric mengembangkan polikarbonat pada bidang optik karena tahan bentur dan tahan panas yang memungkinkan penyimpanan film atau perangkat lunak di dalam disket optik. Sementara itu, perusahaan Bayer mengaplikasikan polikarbonat pada bidang otomotif dan pesawat terbang karena tahan bentur pada suhu rendah. Kemudian General Electric dan Bayer bekerja sama dalam menghasilkan produksi jendela.⁴

Kemudian polikarbonat berkembang pesat untuk produksi disket optik, telepon selular, eksterior otomotif dan masih banyak lagi. Kini polikarbonat diperdagangkan dengan nama Makrolon (Bayer, Jerman), Lexan (General Electric, Amerika Serikat), dan Merlon (Mobay Chemical).⁵

II.2. Karakteristik Polikarbonat

Polikarbonat merupakan jenis plastik terkemuka dengan lapisan tembus pandang yang bisa mencapai 5 cm. Bahan sintesis ini merupakan hasil reaksi antara *bisphenol A* dengan *phosgene* (*carbonyl dichloride*, COCl_2).⁶



Gambar II.1 Struktur molekul polikarbonat
Sumber : www.moleculeoftheday.com

³ news.thomasnet.com/imt/archives/2003/09.polycarbonate-5.html

⁴ news.thomasnet.com/imt/archives/2003/09.polycarbonate-5.html

⁵ J. A. Brydson, *Plastics Materials* 4th edition. (London: Butterworth Scientific, 1982), 500.

⁶ www.pslc.com/mactest/pc.htm

Pada dasarnya plastik terbagi menjadi dua kategori, yaitu :⁷

1. Material termoplastik (Tp).

Kategori ini akan berubah dari padat menjadi cair saat dipanaskan dan kembali padat saat didinginkan. Dalam kondisi mentah umumnya berbentuk tepung atau butir. Ada 22 jenis plastik yang termasuk kategori ini, salah satunya adalah polikarbonat.⁸

2. Material termoset (Ts).

Kategori ini mengalami perubahan kimia saat dipanaskan atau diberi katalis dan tidak bisa dibentuk kembali. Dalam kondisi mentah umumnya berbentuk tepung dan cair. Ada 9 jenis plastik termasuk dalam kategori ini, yang terkenal seperti epoxy, melamine, dan silicon.

Polikarbonat memiliki beberapa keunggulan, yaitu :⁹

1. Jernih.

2. Ringan.

Polikarbonat ½ kali lebih ringan dari kaca dan 43% dari aluminium.

3. Kuat dan tahan terhadap bentur.

Polikarbonat sangat sulit untuk patah, kekuatannya mencapai 200 kali kaca dan 10 kali akrilik.

4. Transmisi cahaya sangat bagus.

Tergantung dari sifat permukaan dan warna, polikarbonat dapat mentransmisi cahaya dari 42%-83% tanpa menyerap panas. Dan karena material ini bersifat menyebarkan cahaya maka mengurangi silau.

5. Stabil dalam suhu.

Bentuk dan kekuatan polikarbonat stabil dalam rentang suhu 14°C-400°C.

6. Tidak berubah bentuk ketika dibebani.

7. Tidak tembus air.

8. Insulasi listrik bagus.

9. Fleksibel, tahan lama dan dapat didaur ulang.

Keunggulan ini juga dimiliki oleh jenis plastik lain, tapi hanya polikarbonat yang mengandung kombinasi dari semua keunggulan tersebut. Sehingga memungkinkan aplikasi polikarbonat dengan menonjolkan dua atau lebih

⁷Jacqueline Glass, *Encyclopaedia of Architectural Technology*. (Inggris: John Wiley & Sons, 2002), 233.

⁸Charles A. Harper, *Handbook of Plastics, Elastomers & Composites 3rd edition*. (Amerika Serikat: McGrawHill, 1996), 1.38-1.39.

⁹J. A. Brydson, *Plastics Materials 4th edition*. (London: Butterworth Scientific, 1982), 504-514.

keunggulan sekaligus dan tidak ada jenis plastik lain yang lebih terjangkau untuk kombinasi seperti ini.¹⁰

Walaupun polikarbonat memiliki banyak keunggulan, namun material ini juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu :

1. Tidak tahan terhadap bahan kimia dan gores.

Ada sekitar 20 bahan kimia yang dapat merusak polikarbonat, beberapa di antaranya adalah *acetone*, *benzene*, dan *chloroform*.¹¹

2. Menguning, retak, dan melemah jika terkena sinar ultraviolet dalam jangka waktu panjang.¹²

Kedua kelemahan ini dapat diatasi dengan memberikan pelapis yang tepat .

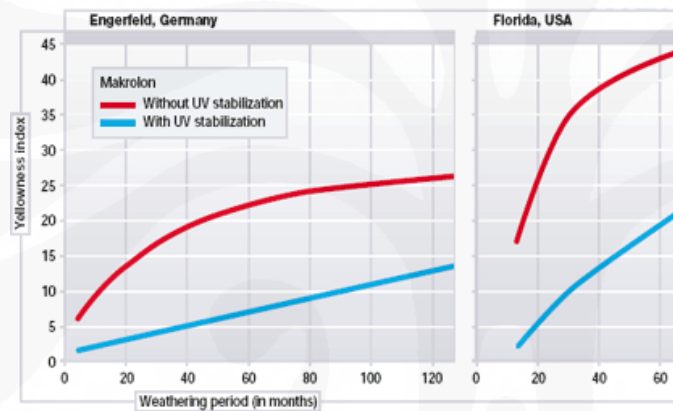


Diagram II.1. Kestabilan polikarbonat terhadap ultraviolet
Sumber : www.omnexus.com

3. Lebih mahal dari kaca dan akrilik.

Walaupun harga material ini lebih mahal, tapi pemanfaatannya menghemat biaya karena kuat, tahan lama sehingga tidak butuh banyak perawatan dan konstruksinya ringan sehingga tidak butuh banyak pekerja.¹³

4. Memiliki batas stabilitas terhadap kelembaban.

Kelembaban di atas 200°C dapat mengakibatkan permukaan berembun.¹⁴

5. Jika terbakar dapat menimbulkan asap yang bau dan beracun.¹⁵

¹⁰J. A. Brydson, *Plastics Materials* 4th edition. (London: Butterworth Scientific, 1982), 510.

¹¹[En.wikipedia.org/polycarbonate](http://en.wikipedia.org/polycarbonate)

¹²www.bpf.co.uk/bpfindustry/plastics-materials-polycarbonate_pc.cfm_

¹³www.cloudtops.com

¹⁴www.alro.com

¹⁵Steven Winter Associates, *The Passive Solar Design and Construction Book* (Kanada: John Wiley and Sons, Inc, 1998), 228.

II.3. Perbandingan Polikarbonat dengan Material Lain

II.3.1. Perbandingan Polikarbonat dengan Jenis Plastik Lain

Plastik memiliki beberapa sifat dasar yaitu ringan, kuat, tahan lama, dapat didaur ulang, dan serba guna.¹⁶ Walaupun sekilas tampak sama, namun setiap jenis plastik memiliki keunggulan yang membuat aplikasi masing-masing berbeda.

Berikut ini adalah beberapa jenis plastik beserta karakteristik dan aplikasinya :¹⁷

1. *ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)*. (Tp).
Karakteristik : tahan bahan kimia, mengkilap, tahan terhadap temperatur.
Aplikasi : interior mobil, peralatan elektronik.
2. *Acrylic PMMA (PolyMethyl MethAcrylate)*. (Tp).
Karakteristik : jernih, transmisi cahaya bagus.
Aplikasi : akuarium, jendela.
3. *Nylon PolyAmide*. (Tp).
Karakteristik : tahan panas, tidak tembus udara, tahan temperatur, tahan karat, insulasi elektrikal bagus.
Aplikasi : *charger, low voltage switch gear*.
4. *Polypropylene*. (Tp).
Karakteristik : tahan tusuk, tahan panas, tahan bahan kimia, daya lenting bagus
Aplikasi : pembungkus, kontainer.
5. *Polstyrene*. (Tp).
Karakteristik : mudah dibentuk, insulasi panas bagus.
Aplikasi : pembungkus, cangkir.
6. *Polyurethane*. (Ts).
Karakteristik : tahan bahan kimia, tahan kikis, tahan bentur.
Aplikasi : bahan tenun, pelapis jok mobil.
7. *PTFE*. (Tp).
Karakteristik : semi kaku, tahan bahan kimia/jamur/bakteri, stabil dalam berbagai temperatur, tahan cuaca.
Aplikasi : peralatan memasak, atap.

¹⁶www.bpf.co.uk/bpfindustry/benefits-of-plastics

¹⁷Jacqueline Glass, *Encyclopaedia of Architectural Technology*. (Inggris: John Wiley & Sons, 2002),238-240.

8. PVC. (Tp).

Karakteristik : serba guna, tahan api, insulasi listrik bagus,
Aplikasi : rangka jendela, insulasi kabel, pipa.

9. Polycarbonate. (Tp).

Polikarbonat memiliki karakteristik yang sama seperti jenis plastik lain, namun ciri istimewanya adalah sifat tembus pandang. Keunggulan ini juga dimiliki oleh akrilik (*Acrylic PMMA*), oleh karena itu aplikasi akrilik tidak jauh berbeda dari polikarbonat, yaitu sebagai pengkacaan.

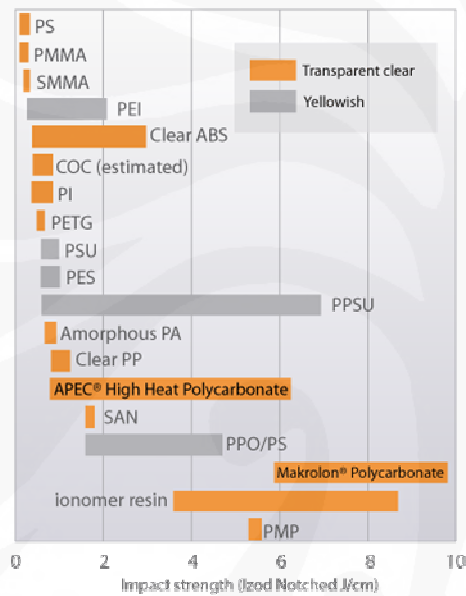


Diagram II.2. Perbandingan ketahanan bentur beberapa jenis plastik
Sumber : www.omnexus.com

II.3.2. Perbandingan Polikarbonat dengan Akrilik.

Persamaan antara polikarbonat dan akrilik adalah :

1. Tembus pandang. Tapi akrilik memiliki kualitas tembus pandang yang lebih jernih.
2. Transmisi cahaya bagus.
3. Memiliki insulasi panas yang bagus. Tapi dengan ketebalan yang sama, polikarbonat memiliki kualitas insulasi yang lebih baik dari akrilik.
4. Mudah tergores.

Berikut adalah tabel perbedaan antara polikarbonat dengan akrilik.¹⁸

No	Polikarbonat	Akrilik
1	Tahan bentur	Tidak tahan bentur
2	Tidak mudah retak	Mudah retak
3	Tahan temperatur tinggi	Tidak tahan temperatur tinggi

II.3.3. Perbandingan Polikarbonat dengan Kaca

Polikarbonat memiliki beberapa persamaan dengan kaca, oleh karena itu aplikasinya tidak jauh berbeda dengan aplikasi kaca pada bidang arsitektur.

Beberapa persamaan antara polikarbonat dan kaca adalah :

1. Transmisi cahaya bagus.
2. Memiliki insulasi panas yang bagus. Tapi dengan ketebalan yang sama, polikarbonat memiliki kualitas insulasi yang lebih baik dari kaca.
3. Tahan terhadap api.

Berikut adalah tabel perbedaan antara polikarbonat dengan kaca.¹⁹

No	Polikarbonat	Kaca
1	Ringan	Berat
2	Lentur	Kaku
3	Sulit patah	Mudah patah
4	Konstruksi mudah	Konstruksi rumit
6	Tidak tahan ultraviolet	Tahan ultraviolet

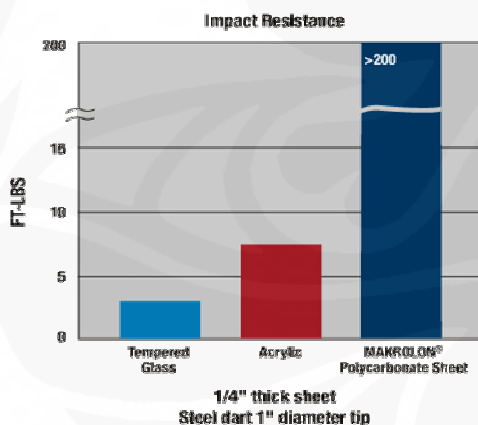


Diagram II.3. Perbandingan ketahanan bentur antara kaca, akrilik, dan polikarbonat
 Sumber : www.plasticsintl.com

¹⁸Steven Winter Associates, *The Passive Solar Design and Construction Book*. (Kanada: John Wiley and Sons, Inc, 1998), 228

¹⁹Steven Winter Associates, *The Passive Solar Design and Construction Book*. (Kanada: John Wiley and Sons, Inc, 1998), 228

Berikut adalah tabel perbandingan berat antara polikarbonat, akrilik, dan kaca.

Tebal (mm)	Polikarbonat	Akrilik	Kaca
6	0.266	1.45	3.02
8	0.350	1.93	4.10
10	0.410	2.92	5.12
16	0.555	3.87	8.20

Karena keunggulannya, polikarbonat telah menggantikan fungsi kaca pada banyak aplikasi, di antaranya sebagai telepon selular, lensa, lampu kendaraan, pembungkus, kaca helm, botol, peralatan makan, dan infus.²⁰



Gambar II.2. Polikarbonat menggantikan kaca pada beberapa aplikasi
Sumber : www.omnexus.com

II.4. Jenis Polikarbonat

Polikarbonat memiliki banyak variasi, mulai dari bentuk, ukuran, sifat permukaan, dan *grade*.

II.4.1. Bentuk

Secara umum, polikarbonat diproduksi dalam bentuk lembar, film, dan profil. Walaupun ketika dipanaskan, bahan ini dapat dibentuk ulang menjadi berbagai bentuk.

II.4.1.1. Lembar (*sheet*).

Bentuk lembar merupakan bentuk yang paling sering dimanfaatkan dalam bidang arsitektur. Bentuk lembar terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

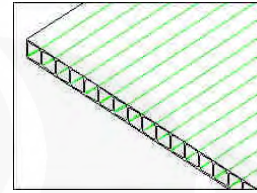
1. Lembar multi lapis (*multiwall sheet*).

²⁰www.omnexus.com/tc/polycarbonate/glass-replacement-solutions.html

Bentuk ini terdiri dari beberapa lapis dalam satu lembar. Ada beberapa macam dari lembar multi lapis, yaitu :

1.1. Dua lapis (*twin walls/hollow*).

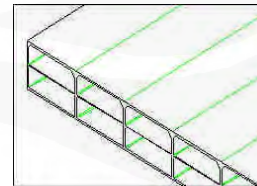
Tipe ini memiliki standar ketebalan 4mm, 6mm, 8mm, 10mm, 12mm, 14mm, 16mm, dan 25 mm. Lebar 2100mm dan panjang 6000mm.



Gambar II.3. Polikarbonat dua lapis
Sumber : www.slecladding.co.uk

1.2. Tiga lapis (*triple walls*).

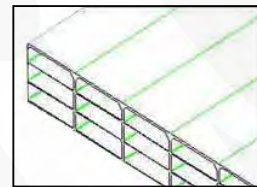
Tipe ini memiliki standar ketebalan 10mm dan 16mm. Lebar 980mm, 1050mm, 1200mm, dan 2100mm. Panjang 7000mm.



Gambar II.4. Polikarbonat tiga lapis
Sumber : www.slecladding.co.uk

1.3. Empat lapis (*four walls*).

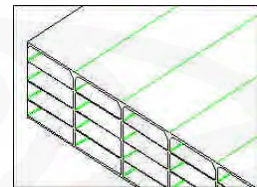
Tipe ini memiliki standar ketebalan 10mm dan 16mm. Lebar 980mm dan 1200mm. Panjang 7000mm.



Gambar II.5. Polikarbonat empat lapis
Sumber : www.slecladding.co.uk

1.4. Lima lapis (*five walls*).

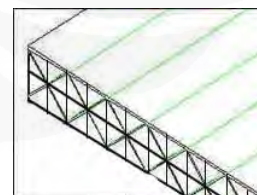
Tipe ini memiliki standar ketebalan 25mm, lebar 700mm dan panjang 6000mm.



Gambar II.6. Polikarbonat lima lapis
Sumber : www.slecladding.co.uk

1.5. *Reinforced wall*.

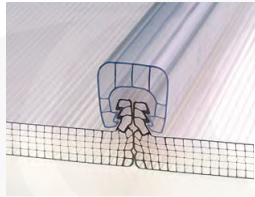
Tipe ini merupakan pengembangan dari tipe-tipe sebelumnya dengan menambahkan perkuatan berupa *bracing diagonal*.



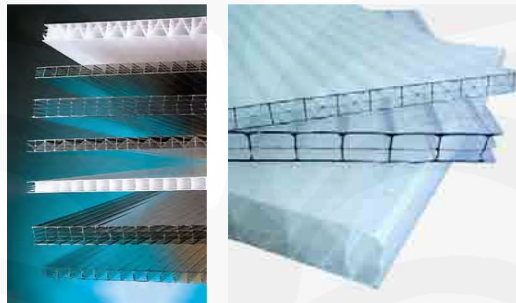
Gambar II.7. Polikarbonat reinforced wall
Sumber : www.slecladding.co.uk

1.6. *Multicell wall*.

Tipe ini memiliki standar ketebalan yaitu 4mm, 8mm, 10mm, 12mm, dan 16mm.²¹ Tipe *multicell* memiliki konsentrasi *cell* yang tinggi. Kekuatannya dua kali polikarbonat multilapis lainnya.



Gambar II.8. Polikarbonat multicell
Sumber : www.burnsideplastics.com.au

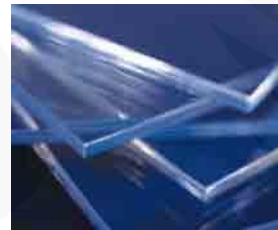


Gambar II.9. Variasi lembar multi lapis
Sumber : www.google.com

2. Lembar padat (*solid sheet*).

Tipe ini memiliki standar ketebalan 2mm, 3mm, 4mm, 4.5mm, 6mm, 8mm, dan 10mm. Lebar 2100mm dan panjang sesuai permintaan.

Jenis ini lebih berat dibandingkan lembar multilapis, tapi tetap masih lebih ringan dari kaca.



Gambar II.10. Polikarbonat padat
Sumber : www.alibaba.com

Perbandingan Berat (+/- 10%)			
Tebal	Multilapis	Padat	Kaca
6.0mm	1.3 kg/m ²	7.1 kg/m ²	14.5 kg/m ²

Tabel II.1. Perbandingan berat lembar multi lapis, padat dan kaca
Sumber : www.marklon.com

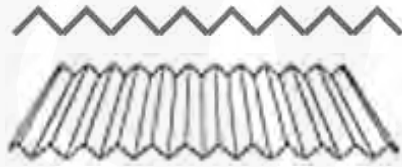
3. Lembar berombak (*corrugated sheet*).

²¹www.suntuf.com.au/danpalon_multicell.htm

Tipe ini memiliki standar ketebalan 0.7mm, 0.8mm, 1mm, 1.2mm, dan 1.5mm . Lebar 1265mm dan panjang 6000mm.

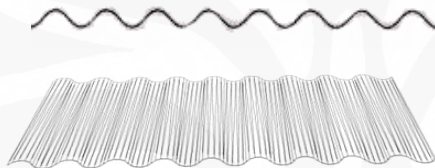
Bentuk berombak terbagi menjadi lima macam, yaitu :

3.1. *Ridged.*



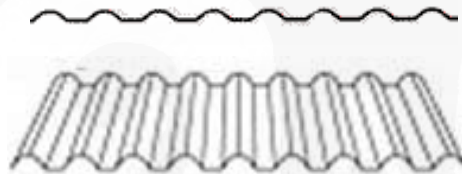
Gambar II.11. Polikarbonat ridged
Sumber : www.burnsideplastic.com

3.2. *Mid circular/Wave.*



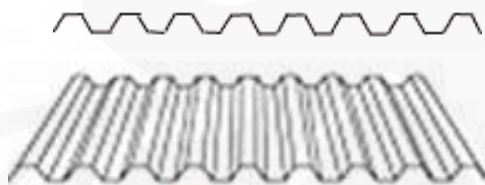
Gambar II.12. Polikarbonat mid circular
Sumber : www.burnsideplastic.com

3.3. *Omega/Archwave.*



Gambar II.13. Polikarbonat omega
Sumber : www.burnsideplastic.com

3.4. *Greca.*



Gambar II.14. Polikarbonat greca
Sumber : www.burnsideplastic.com

3.5. *Angular/Trimdeck.*



Gambar II.15. Polikarbonat angular
Sumber : www.burnsideplastic.com



Gambar II.16. Variasi lembar berombak
Sumber : www.alibaba.com

Secara umum, semua bentuk lembar diterapkan pada aplikasi seperti jendela, atap, dan *cladding*.



Gambar II.17. Aplikasi polikarbonat lembar
Sumber : www.google.com

II.4.1.2. Film.

Polikarbonat film memiliki ketebalan sekitar 0,125 mm–0,760 mm dan standar lebar 915 mm–1220 mm.²² Polikarbonat film terbagi menjadi tiga macam, yaitu *polished grade*, *textured grade*, dan *high performance grade*.²³

Polished grade mampu mentransmisikan cahaya sampai 86%-92% yang sesuai untuk aplikasi *LCD display window*. *Textured grade* memungkinkan fleksibilitas desain dan memberikan tampilan yang menarik, diterapkan antara lain sebagai label dan papan nama. *High performance grade* tahan terhadap kimia dan kikisan, diterapkan antara lain sebagai lensa telepon selular.



Gambar II.18. Variasi polikarbonat film
Sumber : www.sophia0899.en.ec21.com

Polikarbonat film antara lain diterapkan sebagai perekat, pelapis CD, pelapis layar kapasitor, dan peralatan medis.

²²www.sophia0899.en.ec21.com

²³www.infolink.com.au



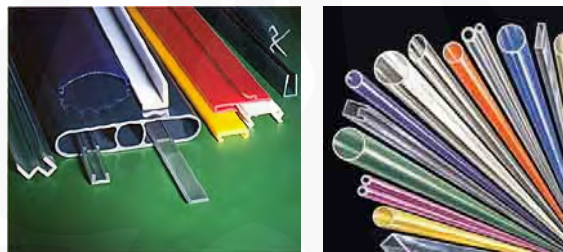
Gambar II.19. Aplikasi polikarbonat film
 Sumber : www.google.com

II.4.1.3. Profil.

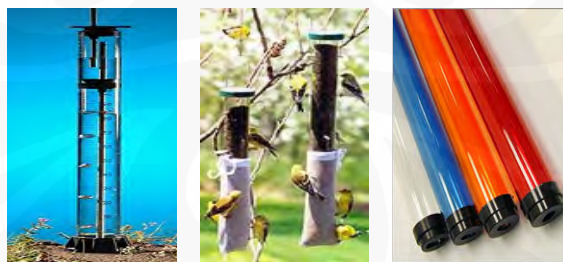
Polikarbonat dalam bentuk profil memiliki keunggulan yang sama dengan polikarbonat bentuk lembar. Selain dari bentuk, perbedaan tipe lembar dan profil terletak pada penerapannya. Polikarbonat dalam bentuk profil terdiri dari dua macam, yaitu :

1. Profil kopong (*hollow profile*).

Profil kopong memiliki bentuk dasar lingkaran, persegi, dan sebagainya. Yang paling banyak diproduksi adalah profil kopong berbentuk tabung (*circular hollow profile*). Dimensi ini bisa variatif, namun yang standar yaitu dengan diameter 10 mm-250 mm dan panjang 2000 mm.²⁴ Jenis ini diterapkan antara lain sebagai rumah lampu, *mini disk infiltrometer*, dan *birdfeeder*.



Gambar II.20. Variasi profil kopong
 Sumber : www.google.com



Gambar II.21. Aplikasi polikarbonat profil kopong
 Sumber : www.google.com

²⁴www.polycarbonates-tubes-rods.com

2. Profil padat (*solid profile*).

Profil padat memiliki bentuk dasar lingkaran, persegi, dan sebagainya. Yang paling banyak diproduksi adalah profil padat berbentuk tabung (*circular solid profile*). Dimensi ini bisa variatif, namun yang standar dengan diameter 3 mm-150 mm dan panjang 2400 mm.²⁵ Tipe ini diterapkan antara lain sebagai kusen tirai dan peralatan memasak.



Gambar II.22. Polikarbonat profil padat dengan bentuk dasar persegi
Sumber : www.k-macplastic.com



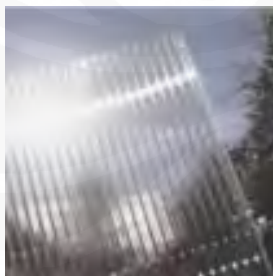
Gambar II.23. Aplikasi polikarbonat profil padat
Sumber : www.marcato.net

II.4.2. Permukaan

Polikarbonat dapat diproduksi dalam berbagai sifat permukaan dan warna, namun umumnya (terutama untuk bentuk lembar) polikarbonat terdiri dari tiga tipe permukaan, yaitu :²⁶

1. Transparan (*clear*).

Permukaan ini memiliki kemampuan transmisi cahaya mencapai 80%.²⁷



Gambar II.24. Polikarbonat transparan
Sumber : www.conservatories4uk.com

²⁵ www.midlandplastics.com/srtd_polycarbonate.htm

²⁶ www.sundancesupply.com

²⁷ www.greenhousemegastore.com

2. Putih (*white/opal*).

Putih memiliki beberapa karakteristik, yaitu :

- ❑ Transmisi cahaya mencapai 44%.²⁸
- ❑ Memantulkan cahaya matahari.
- ❑ Menyembunyikan kotoran.
- ❑ Memberikan privasi.²⁹

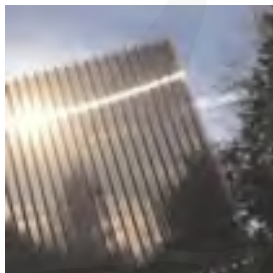


Gambar II.25. Polikarbonat putih
Sumber : www.conservatories4uk.com

3. Perunggu (*bronze/smoke*).

Perunggu memiliki beberapa karakteristik, yaitu :

- ❑ Transmisi cahaya mencapai 42%.³⁰
- ❑ Mengurangi cahaya, silau, dan panas.
- ❑ Koefisien muai lebih tinggi.³¹
- ❑ Biasanya dipilih karena alasan estetik.



Gambar II.26. Polikarbonat perunggu
Sumber : www.conservatories4uk.com

Polikarbonat mengalami perkembangan dari tiga macam permukaan ini, contohnya adalah perpaduan antara putih dan perunggu (*bronze opal*) dan *heatguard opal*.³²

Polikarbonat *bronze opal* memiliki beberapa karakteristik, yaitu :

- ❑ Permukaan luar adalah perunggu dan permukaan dalam adalah putih.
- ❑ Putih menyediakan privasi dan kualitas cahaya yang lembut.
- ❑ Perunggu mengurangi silau dan panas.

²⁸ www.greenhousemegastore.com

²⁹ www.conservatories4uk.com/quantal.asp

³⁰ www.greenhousemegastore.com

³¹ www.sundancesupply.com

³² www.conservatories4uk.com/quantal.asp



Gambar II.27. Polikarbonat bronze opal
Sumber : www.conservatories4uk.com

Polikarbonat *heatguard opal* memiliki beberapa karakteristik, yaitu :

- Permukaan luar adalah abu-abu dan permukaan dalam adalah putih.
- Menolak panas hingga lebih dari 50%.



Gambar II.28. Polikarbonat heatguard opal
Sumber : www.conservatories4uk.com

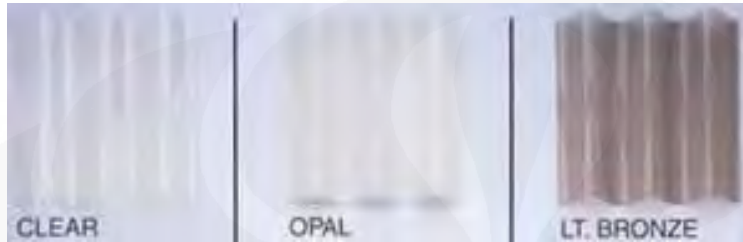
Option	U value Thermal Insulation	Applications	Light transmittance (Solar heat build-up control)		Glare reduction
16mm	2.4 W/m ² K	Budget installations where heat loss less critical	Clear	82%	•
			Opal	51%	
			Bronze	31%	
			Bronze Opal	30%	
			Heatguard	13%	
25mm	1.6 W/m ² K	Where improved heat conservation is required eg North Facing Conservatories	Clear	68%	•
			Opal	30%	
			Bronze	15%	
			Bronze Opal	14%	
			Heatguard	7%	
32mm	1.4 W/m ² K	Most appropriate structural material for low pitch roofs Maximum energy conservation	Clear	64%	•
			Opal	35%	
			Bronze	9%	

Tabel II.2. Kemampuan transmisi cahaya dari berbagai permukaan polikarbonat
Sumber : www.conservatories4uk.com

Color	Transparency (%)
Brown	58
Blue	45
Green	42
Greenish Blue	40
Grey	59

Tabel II.3. Kemampuan transmisi cahaya dari warna lain
Sumber : www.marklon.com

Tiga sifat permukaan tadi dijumpai pula pada lembar padat dan berombak. Untuk lembar padat, transmisi cahaya mencapai 88% dan lembar berombak mencapai 85%.³³



Gambar II.29. Polikarbonat berombak transparan, putih, dan perunggu
Sumber : www.plasticraft.com

II.4.3. *Grade*.

Berdasarkan sifat kimia, perbedaan utama antar *grade* polikarbonat terletak pada perbedaan berat molekul, kandungan *polyhydroxy compound*, dan aditif. Polikarbonat dibedakan menjadi beberapa *grade* karena aplikasi yang menuntut keunggulan yang berbeda dan spesifik. Perbedaan ini dilakukan dengan memberikan aditif atau lapisan. Saat menentukan *grade* polikarbonat, terlebih dahulu perlu diketahui tuntutan lapangan di mana polikarbonat akan digunakan.³⁴ Berdasarkan *grade*, polikarbonat terbagi menjadi :

1. *Optical Grade*.³⁵

Material ini menonjolkan sifat transparan yang jernih dan kemungkinan kecil untuk pecah. Diaplikasikan pada kaca mata dan lensa kamera.



Gambar II.30. Aplikasi optical grade
Sumber : www.omnexus.com

2. *FDA Grade*.³⁶

Tipe ini aman jika ada kontak dengan makanan atau obat dan memenuhi standar US. Pharmacopoeia. Diterapkan pada peralatan makanan dan kedokteran.

³³ www.alibaba.com

³⁴ www.ptslc.com/polcarb_intro.htm

³⁵ www.plasticsintl.com/polycarbonate.htm

³⁶ www.sdplastics.com



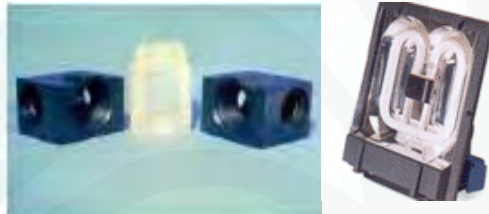
Gambar II.31. Aplikasi FDA grade
Sumber : www.omnexus.com

3. *Machine Grade*.³⁷

Machine grade memiliki banyak keunggulan, yaitu :

- Sangat tahan bentur dan bahan kimia.
- Kualitas elektrikal dan mekanikal yang bagus.
- Modulus elastisitas tinggi.³⁸

Material ini diterapkan pada peralatan elektrikal dan elektronik.



Gambar II.32. Aplikasi machine grade
Sumber : www.omnexus.com

4. *Abrasion Resistance Grade*.³⁹

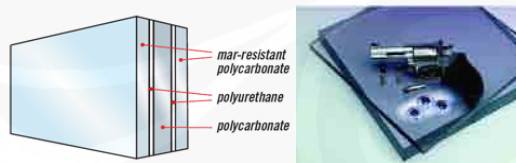
Material ini memiliki permukaan yang licin, anti gores dan mudah dibersihkan. Selain itu material ini juga lebih tahan bentur daripada polikarbonat standar. Jenis ini diterapkan pada jendela kendaraan dan *sign board*.



Gambar II.33. Aplikasi abrasion resistance grade
Sumber : www.omnexus.com

5. *Bullet Resistance Grade*.⁴⁰

Jenis ini diberi lapisan anti peluru dan tetap transparan. Umumnya diterapkan sebagai pengkacaan pada bidang yang dekat dengan kekerasan, seperti kaca anti peluru pada mobil polisi.



Gambar II.34. Polikarbonat lapis
Sumber : www.google.com

³⁷ www.alro.com

³⁸ www.polycarbonate tubes rodes.com

³⁹ www.alro.com

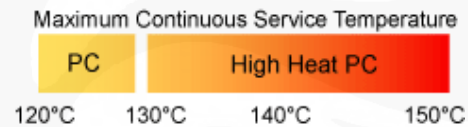
⁴⁰ www.plasticraft.co.nz/roofing.php



Gambar II.35. Perbandingan kaca lapis, akrilik lapis dan polikarbonat lapis pada uji tembak
 Sumber : www.plasticrafts.com

6. *High Heat Resistance Grade*.⁴¹

Jenis ini lebih tahan panas daripada polikarbonat biasa dan memungkinkan sterilisasi pada temperatur 134°C. Karena kemampuan ini, maka diterapkan sebagai lampu mobil dan inkubator.



Gambar II.36. Aplikasi high heat resistance grade
 Sumber : www.omnexus.com

7. *Flame Inhibit Grade*.⁴²

Tipe ini lebih tahan api daripada polikarbonat biasa dan diterapkan pada peralatan elektronik.



Gambar II.37. Aplikasi flame inhibit grade
 Sumber : www.omnexus.com

8. *UV Stabilized Grade*.⁴³

Jenis ini lebih tahan terhadap sinar ultraviolet daripada polikarbonat biasa. Umumnya diterapkan pada pengkacaan yang terkena cahaya matahari terus menerus seperti atap dan kanopi. Jumlah kecil (0.005%) dari *stabilizer* seperti *metaphosphoric acid*, *boron phosphate* dan *phenylneopentyl phosphite* dapat digunakan.

⁴¹www.omnexus.com

⁴²www.plasticsintl.com/polycarbonate.htm

⁴³www.sdplastics.com



Gambar II.38. Aplikasi UV stabilized grade
Sumber : www.google.com

II.5. Polikarbonat Campuran (*Polycarbonate Blend*).

Polikarbonat dijual dalam dua macam, yaitu polikarbonat murni dan polikarbonat regrind. Polikarbonat murni (*virgin polycarbonate*) merupakan material yang murni polikarbonat, tidak dicampur dengan material lain. Sedangkan polikarbonat regrind (*regrind polycarbonate*) adalah polikarbonat yang diramu kembali dengan material lain untuk menghasilkan material baru.⁴⁴ Proses ini disebut juga *blending* yang bertujuan untuk menghasilkan sebuah material dengan kualitas lebih baik dengan mengandalkan potensi dari material asal (tahan api, stabil, kuat, dan sebagainya) untuk menghasilkan fungsi gabungan yang lebih berkualitas.

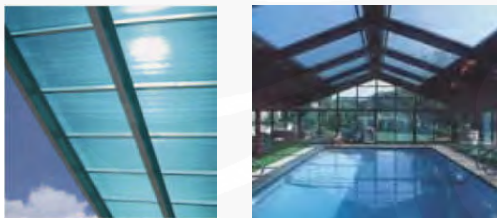
Polikarbonat dapat dicampur dengan tiga bahan, yaitu :

I. Kaca.

Ketebalan standar material polikarbonat-kaca antara 3 mm-100 mm.⁴⁵ Karakteristik polikarbonat seperti transmisi cahaya dan insulasi panas masih terkandung di dalamnya. Serat kaca ditambah dalam takaran 10%-40% untuk meningkatkan kekakuan, kekuatan tarik, kekuatan tekan, dan modulus elastisitas.

Selain itu, serat kaca memperkecil koefisien muai.⁴⁶ Koefisien muai berkurang sampai 75%, setara dengan metal.⁴⁷ Sehingga material ini dapat menggantikan fungsi metal seperti aluminium dan seng.

Serat kaca juga mengakibatkan material ini tahan ultraviolet. Kekurangan dari material ini bahwa kurang tahan bentur seperti polikarbonat murni, walaupun masih lebih tahan bentur dari aluminium. Material campuran ini dapat diterapkan sebagai partisi, *shower enclosure* dan *pool enclosure*.



Gambar II.39. Aplikasi polikarbonat+kaca
Sumber : www.google.com

⁴⁴www.ptslc.com/polcarb_intro.htm

⁴⁵www.sdplastics.com

⁴⁶www.boedeker.com

⁴⁷www.sdplastics.com

2. ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*).

Ketebalan standar material polikarbonat-ABS adalah 0,127mm dan 0,245 mm.⁴⁸ Material ini mengkombinasikan kekuatan polikarbonat dengan fleksibilitas ABS. Beberapa keunggulan dari campuran ini adalah :⁴⁹

- ❑ Dapat dilarutkan dengan air sehingga dapat dibentuk dengan tangan yang mempercepat proses pengolahan. Hal ini memungkinkan untuk hasil produk yang detail.
- ❑ Lebih tahan pecah dan bahan kimia daripada polikarbonat biasa.
- ❑ Karena kualitas termal dan mekanikal yang bagus, material ini diterapkan pada berbagai bidang seperti elektronik dan otomotif.



Gambar II.40. Aplikasi polikarbonat+ABS
Sumber : www.omnexus.com

3. Polyester.

Campuran polikarbonat dengan *polyester* bisa menggunakan PBT (*Polybutylene Terephthalate*) atau PET (*Polyethylene Terephthalate*). Beberapa keunggulan dari campuran ini adalah :⁵⁰

- ❑ Lebih tahan kimia dan panas dibandingkan polikarbonat biasa.
- ❑ Dimensi lebih stabil.
- ❑ Mudah dicat dan dibentuk dengan warna dan permukaan yang bagus.



Gambar II.41. Aplikasi polikarbonat+polyester
Sumber : www.omnexus.com

⁴⁸www.thomasnet.com/fullstory/463603

⁴⁹www.omnexus.com/tc/babyblend/index.aspx

⁵⁰www.omnexus.com/tc/makroblend/index.aspx

II.6. Aplikasi Polikarbonat secara Umum

Polikarbonat paling banyak diterapkan pada pengkacaan karena memiliki beberapa keunggulan tersendiri, terutama karena polikarbonat sudah memiliki modal utama yaitu tembus pandang. Berikut ini adalah aplikasi polikarbonat pada berbagai bidang.⁵¹

1. Perabotan dapur

Keunggulan : tidak mudah pecah dan memenuhi standar FDA (*Food & Drug Administration*).

Contoh : peralatan makan, galon air, *blender*.



Gambar II.42. Polikarbonat pada perabot dapur
Sumber : www.omnexus.com

2. Elektrikal dan elektronik

Keunggulan : insulasi elektrik bagus dan tahan api.

Contoh : peralatan elektrikal, komponen komputer, *chasing handphone*.



Gambar II.43. Polikarbonat pada komponen elektrikal & elektronik
Sumber : dokumen pribadi

3. Optik

Keunggulan : ringan dan tahan bentur.

Contoh : kaca mata, lensa kamera, CD (*compact disc*).



Gambar II.44. Polikarbonat pada komponen optik
Sumber : dokumen pribadi

⁵¹ www.omnexus.com

4. Kendaraan

Keunggulan : tahan bentur dan panas.

Contoh : kaca helm, jendela mobil, lampu mobil.



Gambar II.45. Polikarbonat pada komponen kendaraan
Sumber : www.omnexus.com

5. Kedokteran

Keunggulan : dapat disterilkan pada suhu tinggi dan *biocompatibility*.

Contoh : *blood oxygenators, dialysers, infusion units*.



Gambar II.46. Polikarbonat pada peralatan kedokteran
Sumber : www.omnexus.com

6. Arsitektur

Keunggulan : transmisi cahaya bagus dan ringan.

Contoh : penutup, jendela, atap.



Gambar II.47. Polikarbonat pada arsitektur
Sumber : www.google.com

POTENSI & APLIKASI POLIKARBONAT PADA ARSITEKTUR

Walaupun polikarbonat bukan material baru, tapi kemampuan penerapannya masih dikembangkan karena polikarbonat memiliki banyak keunggulan. Hal ini terbukti pada aplikasi polikarbonat di berbagai bidang, tidak terkecuali bidang arsitektur.

Seperti aplikasi pada bidang lainnya, pada bidang arsitektur polikarbonat menjadi alternatif material terutama karena sifat tembus pandang dan kekuatannya. Oleh karena itu, polikarbonat mayoritas diaplikasikan sebagai pengkacaan pada bangunan.

Selain dimanfaatkan sebagai pengkacaan, polikarbonat juga diterapkan sebagai atap. Plastik transparan ini juga diterapkan sebagai *cladding*.⁵² Dan kini penerapan sebagai *curtain wall* sedang dikembangkan.⁵³

III.1. Aplikasi Polikarbonat sebagai Pengkacaan.

Fungsi utama pengkacaan adalah untuk memasukkan cahaya ke dalam bangunan dan sekaligus mencegah masuknya panas.⁵⁴ Oleh karena itu dibutuhkan suatu material dengan kemampuan transmisi cahaya yang bagus dengan disertai insulasi panas yang baik. Alasan ini yang mengawali pemanfaatan polikarbonat sebagai material pengkacaan. Polikarbonat dapat mentransmisi cahaya sampai 80% (setara dengan kaca) tapi kemampuan insulasi panas lebih baik daripada kaca.

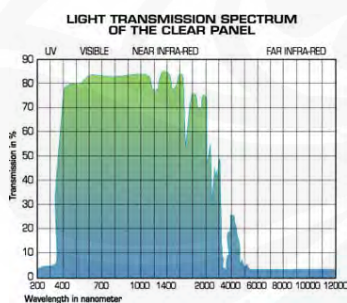


Diagram III.1. Transmisi cahaya dari permukaan tranparan
Sumber : www.cloudtops.com

⁵² Jacqueline Glass, *Encyclopaedia of Architectural Technology*. (Inggris: John Wiley & Sons, 2002), 238.

⁵³ www.arcacat.com/arcacatcos/cos32/arc32394.html

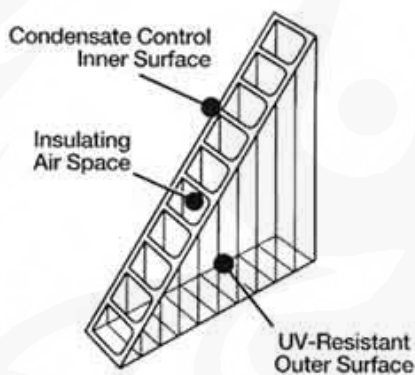
⁵⁴ Steven Winter Associates, *The Passive Solar Design and Construction Book*. (Kanada: John Wiley and Sons, Inc, 1998), 226.

Kemampuan insulasi panas ditentukan oleh nilai U ($W/m^2 \cdot K$), semakin rendah nilai U maka semakin bagus insulasi panas suatu material. Nilai U dipengaruhi beberapa faktor, yaitu :⁵⁵

- ✚ Konduktivitas panas material. Material dengan konduktivitas panas kecil meningkatkan daya insulasi panas.
- ✚ Rongga udara. Semakin lebar rongga udara, semakin rendah nilai U .
- ✚ Udara di dalam rongga. Udara di dalam rongga mengalami sirkulasi yang menghambat panas. Lebih baik bila udara tersebut berupa gas seperti *argon* dan *krypton* yang memiliki konduktivitas panas rendah.
- ✚ Pelapis material. Pelapis mencegah radiasi matahari berlebih pada material.

Selain karena rongga udara, insulasi panas polikarbonat didukung oleh sifat dasar plastik sendiri, yaitu buruk dalam menghantarkan panas.⁵⁶ Dan untuk aplikasi pengkacaan, polikarbonat dilapisi oleh *ultraviolet stabilizer* untuk mengurangi radiasi matahari yang diletakkan pada permukaan luar polikarbonat.

Untuk lembar padat dan berombak yang tidak memiliki rongga udara, insulasi panas mengandalkan lapisan *polyester* sebagai perisai panas yang dapat menahan panas hingga 80%.⁵⁷



Gambar III.1. Rongga udara sebagai insulasi panas
Sumber : www.greenhouse-coverings.usgr.com

Ketebalan polikarbonat mempengaruhi kemampuan transmisi cahaya dan insulasi panas. Semakin tebal polikarbonat, semakin bagus daya insulasi tapi semakin rendah transmisi cahaya.

⁵⁵ Schittich Staib & BalkowSchuler Sobek, *Glass Construction Manual*. (Jerman: Birkhauser, 1999), 71.

⁵⁶ Merle C. Nutt, *Metallurgy & Plastics for Engineers*. (Amerika Utara: Pergamon Press, 1976), 500.

⁵⁷ www.conserva-care.co.uk/conservatory-inserts.htm

Option	Section	Colour	Thermal Insulation (U)
POLY 16mm 3 wall		Clear Bronze Opel Bronze/Opel Solar Shielding	2.4
POLY 25mm 5 wall		Clear Bronze Opel Bronze/Opel Solar Shielding	1.6
POLY 35mm 4 wall		Clear Bronze	1.4
Double Glazed 24mm Clear		Clear	2.8
Double Glazed 24mm Clear & Reflective		Clear	1.9
Double Glazed 24mm Heat Absorbing & Clear		Bronze Grey Green Blue	2.8
Double Glazed 24mm Heat Absorbing & Reflective		Bronze Grey Green Blue	1.9

Tabel III.1. Perbandingan insulasi panas polikarbonat dan kaca
Sumber : www.diyconservatories.com

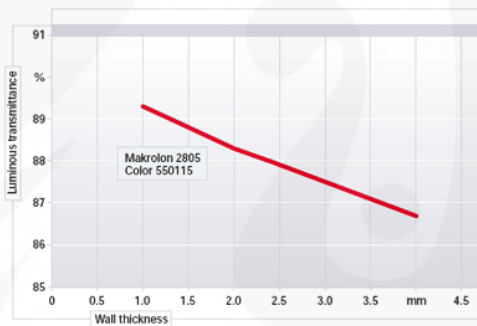
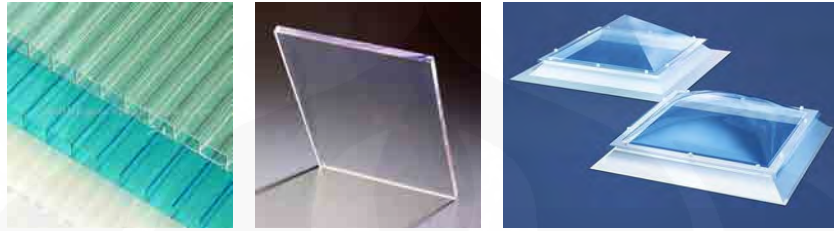


Diagram III.2. Perbandingan ketebalan lembar dengan transmisi cahaya
Sumber : www.womnexus.com

Polikarbonat yang diterapkan untuk pengkacaan adalah lembar multi lapis atau padat dengan berbagai macam sifat permukaan. Aplikasi *skylight* memanfaatkan lembar padat (3 mm) dan lembar dua lapis (6 mm).⁵⁸ Selain bentuk lembar, *skylight* juga menggunakan polikarbonat yang sudah dibentuk menjadi kubah atau piramida.

⁵⁸ www.ltcgroups.com/page-retractable.htm



Gambar III.2. Jenis polikarbonat untuk aplikasi pengkacaan
 Sumber : www.google.com

Selain perbedaan transmisi cahaya dan insulasi panas, warna permukaan yang berlainan juga memberikan nuansa dan *view* yang berbeda. Sebagai material pengkacaan, polikarbonat diterapkan pada jendela, *skylight*, pintu, dan penutup (rumah kaca).



Gambar III.3. Tiap jenis permukaan menimbulkan nuansa yang berbeda.
 Sumber : www.google.com

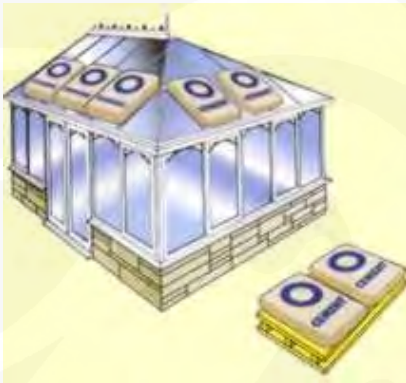


Gambar III.4. Aplikasi polikarbonat pada pengkacaan
 Sumber : www.google.com

III.2. Aplikasi Polikarbonat sebagai Penutup Atap

Atap berfungsi melindungi bangunan dari pengaruh cuaca, seperti cahaya matahari, angin, hujan, dan salju. Selain itu, atap juga berfungsi sebagai insulasi bangunan terhadap panas dan dingin.⁵⁹

Pada dasarnya aplikasi pengkacaan dan atap dari polikarbonat menuntut hal yang sama, yaitu transmisi cahaya dan insulasi panas yang baik. Dengan tambahan bahwa polikarbonat sebagai atap lebih banyak menerima beban dibandingkan untuk pengkacaan. Atap polikarbonat sudah diuji dengan memberikan beban berupa 1.5 sak semen/m² yang membuktikan bahwa material ini walaupun ringan dapat menahan beban berat.⁶⁰ Kemampuan menerima beban juga dipengaruhi ketebalan polikarbonat.



Gambar III.5. Ilustrasi uji beban pada atap polikarbonat
Sumber : www.bmwhi.co.uk

Rongga udara pada atap polikarbonat harus dipasang dengan orientasi vertikal. Ujung atas rongga ditutup dengan perekat atau profil aluminium dan ujung bawah rongga ditutup dengan perekat atau profil aluminium yang memiliki pori atau dibiarkan terbuka, yang berfungsi sebagai drainase.⁶¹



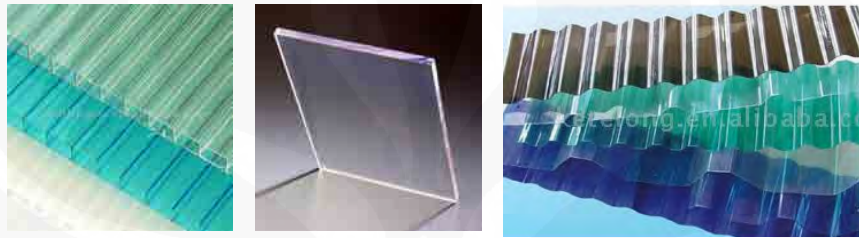
Gambar III.6. Alur vertikal rongga udara
Sumber : www.marklon.com

⁵⁹ Edward Allen, *Fundamentals of building construction materials and methods*. (Kanada: John Wiley and Sons, Inc, 1999). 66.

⁶⁰ www.bmwhi.co.uk/conservatories.htm

⁶¹ www.marklon.com

Polikarbonat yang diterapkan untuk atap adalah lembar multi lapis, padat atau berombak dengan berbagai macam sifat permukaan. Ketebalan lembar tergantung dari kebutuhan transmisi dan insulasi juga beban yang akan diterima. Untuk daerah subtropis, atap polikarbonat dapat menerima beban salju.



Gambar III.7. Jenis polikarbonat untuk aplikasi atap
Sumber : www.google.com

Polikarbonat memungkinkan desain atap yang sangat variatif karena fleksibilitas material ini. Tidak seperti kaca, polikarbonat mudah diterapkan untuk skala besar karena memungkinkan untuk diproduksi dalam lembar yang luas dan menerus. Lembar seperti ini dihasilkan dari pengelasan antar lembar.⁶²



Gambar III.8. Variasi bentuk atap polikarbonat
Sumber : www.google.com



Gambar III.9. Commerzbank Arena, Frankfurt
Sumber : www.designbuild-network.com



Gambar III.10. Shenyang Stadium
Sumber : www.designbuild-network.com

⁶² En.wikipedia.org

III.3. Aplikasi Polikarbonat sebagai *Cladding*.

Fungsi utama *cladding* adalah melindungi bangunan dari pengaruh cuaca, seperti air, angin, cahaya matahari, panas, dan dingin. Selain itu, *cladding* bisa sekaligus dimanfaatkan sebagai media untuk menikmati pemandangan.⁶³ Penutup ini terdiri dari komponen primer berupa panel dan komponen kedua berupa bingkai⁶⁴

Cladding harus memenuhi fungsi primer di bawah ini, yaitu .⁶⁵

1. Mencegah air masuk.
2. Mencegah kebocoran udara.
3. Mengontrol cahaya.
4. Mengontrol radiasi dan konduksi panas.
5. Mengontrol suara.

Pada *cladding*, polikarbonat berperan sebagai komponen primer yaitu panel dengan mengandalkan sifat transparan, insulasi panas dan ketahanan terhadap air. Polikarbonat yang paling sering digunakan adalah lembar multi lapis karena insulasi panas yang lebih baik. Polikarbonat untuk *cladding* lebih tebal daripada untuk pengkacaan atau atap karena beban angin yang diterima lebih besar.

Umumnya panel polikarbonat dirakit bersama bingkai aluminium karena profil aluminium memiliki banyak bentuk yang memungkinkan berbagai panel diletakkan dengan mudah.⁶⁶



Gambar III.1.1. Polikarbonat untuk *cladding*
Sumber : www.goggle.com

⁶³ Edward Allen, *Fundamentals of building construction materials and methods*. (Kanada: John Wiley and Sons, Inc, 1999). 674.

⁶⁴ Jacqueline Glass, *Encyclopaedia of Architectural Technology*. (Inggris: John Wiley & Sons, 2002), 56.

⁶⁵ Edward Allen, *Fundamentals of building construction materials and methods*. (Kanada: John Wiley and Sons, Inc, 1999). 674-676.

⁶⁶ www.zonesystems.com.au/panels.html



Gambar III.12. Ricola Storage, Perancis
 Sumber : www.tenplusone.inax.co.jp

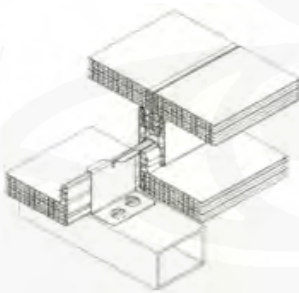


Gambar III.13. Kaufmann Hall, Jerman
 Sumber : www.pushpullbar.com

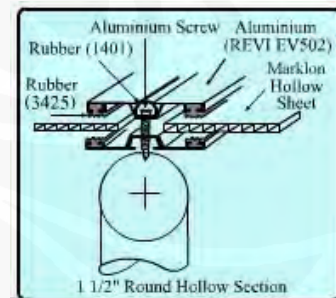
Selain karena memiliki kemampuan transmisi dan insulasi yang bagus, polikarbonat juga memiliki keunggulan yaitu ringan, sangat tahan terhadap bentur, dan mudah diaplikasikan. Polikarbonat juga mudah dikonstruksikan dengan material lain, baik dengan aluminium, kayu, atau besi dengan menggunakan paku, baut, dan sebagainya. Namun kini beberapa jenis polikarbonat didesain untuk dapat disambung tanpa bantuan material lain.



Gambar III.14. Desain sambungan pada polikarbonat
 Sumber : www.ampelite.com



Gambar III.15. Sambungan interlocking pada polikarbonat
 Sumber : www.suntuf.com



Gambar III.16. Sambungan polikarbonat dengan aluminium & baja
 Sumber : www.marklon.com

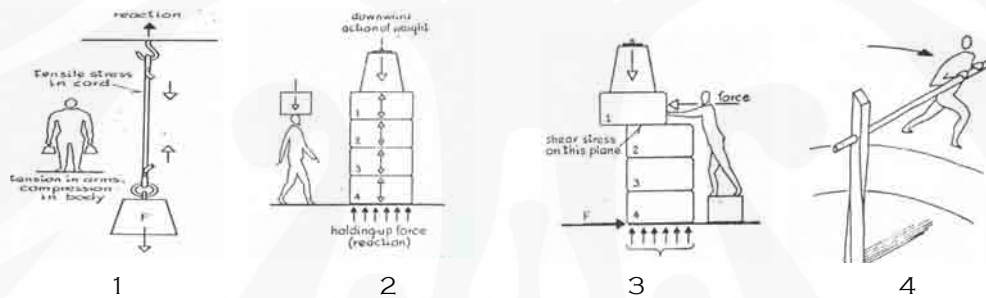
III.4. Polikarbonat sebagai Struktur.

Struktur merupakan pendukung suatu bangunan agar tetap berdiri. Struktur bekerja dengan cara menahan gaya yang datang, baik secara vertikal atau horizontal dengan melakukan reaksi yang sepadan.⁶⁷

Gaya yang bekerja ini diakibatkan oleh beban. Beban dibagi menjadi tiga macam, yaitu beban statis (beban hidup, beban mati), beban dinamis (angin, gempa bumi), dan beban ekuivalen (perubahan temperatur, kelembaban).⁶⁸

Gaya yang bekerja mengakibatkan reaksi pada partikel dari material struktur bangunan. Secara umum, reaksi ini terbagi menjadi empat macam, yaitu :⁶⁹

1. Tarik (*tension*). Terjadi karena struktur direntang oleh gaya.
2. Tekan (*compression*). Terjadi karena struktur ditekan oleh gaya.
3. Geser (*shear*). Terjadi karena struktur digeser oleh gaya.
4. Putar (*twisting*). Terjadi karena struktur diputar oleh gaya.



Gambar III.17. Berbagai gaya pada struktur
Sumber : The Elements of Structure, hal 8-10

Reaksi dapat diatasi jika suatu material memiliki sifat elastis, yaitu jika memanjang atau memendek karena gaya, material tersebut akan kembali pada bentuk semula saat terlepas dari gaya.⁷⁰ Berdasarkan perhitungan, setiap material memiliki modulus elastisitas (E) yang menentukan kekakuan suatu material.

Jika suatu material memiliki E yang besar, maka material tersebut akan sulit memanjang atau memendek. Sebaliknya jika suatu material memiliki E yang kecil, maka akan mudah memanjang atau memendek. Lebih mudah merentangkan

⁶⁷ Henry J. Cowan & Forrest Wilson, *Structural Systems*. (New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1981), 29

⁶⁸ Henry J. Cowan & Forrest Wilson, *Structural Systems*. (New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1981), 21

⁶⁹ W. Morgan, *The Elements of Structure*. (London: Pitman, 1978), 8

⁷⁰ W. Morgan, *The Elements of Structure*. (London: Pitman, 1978), 12

aluminium ($E=70$) daripada merentangkan baja ($E=200$), dan lebih mudah lagi merentangkan kayu ($E=10$).

Selain kemampuan tekan atau tarik, karakteristik suatu material struktur juga harus diperhatikan.⁷¹ Seperti kemampuan dalam menanggapi suhu dan kelembaban yang berbeda atau terhadap api.

Polikarbonat yang awalnya diterapkan sebagai jendela kini sudah mengalami perkembangan yang pesat. Karena material ini memiliki banyak keunggulan dibandingkan kaca maka material ini mulai diminati daripada kaca untuk diterapkan sebagai jendela, *skylight*, atap, bahkan *cladding*.

Berikut ini adalah tabel perbandingan aplikasi kaca dengan polikarbonat.

MATERIAL APLIKASI	KACA	POLIKARBONAT
JENDELA		
SKYLIGHT		
ATAP		
CLADDING		

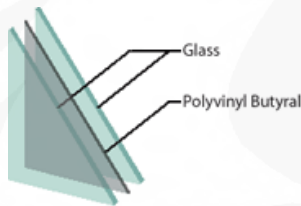
⁷¹ Forrest Wilson, *Structure: The Essence of Architecture*. (London: Studio Vista, 1971), 24

Kaca dapat dijadikan acuan untuk membahas potensi polikarbonat sebagai material struktural karena terbukti bahwa untuk material non struktural, polikarbonat dapat menggantikan kaca dengan hasil yang mengesankan. Oleh karena itu bukan hal yang mustahil bahwa polikarbonat dapat diterapkan juga sebagai material struktural seperti kaca dengan perkembangan teknologi material saat ini.

Kini kaca sudah diterapkan sebagai material struktural untuk aplikasi sebagai lantai, balok, bahkan kolom. Kaca yang digunakan untuk peruntukan struktural tersebut adalah kaca lapis (*laminated glass*). Tebal kaca lapis variatif, antara 6 mm-300 mm.⁷²

Kaca lapis diproduksi dengan menggabungkan dua atau lebih lembar kaca menjadi satu bagian dari panel kaca. Penggabungan kaca ini menggunakan lapisan tipis (*interlayer*) yang diletakkan di antara kaca yang digabungkan. Lapisan *interlayer* biasanya menggunakan film PVB (*Polyvinyl Butyral*) dengan tebal 0,38 mm atau 0,76 mm. Lapisan PVB memiliki beberapa keunggulan, yaitu :⁷³

- Tidak mengurangi kualitas transparan pada kaca.
- Kokoh, lengket dan tidak bisa ditembus sehingga kaca tidak pecah berkeping-keping saat terbentur.
- Menghambat gelombang suara sehingga mengurangi bising.



Gambar III.18. Lapisan PVB pada kaca lapis
Sumber : www.viracon.com



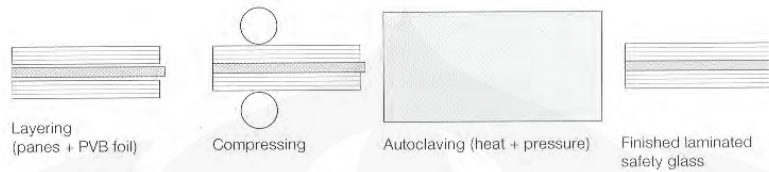
Gambar III.19. Kaca lapis
Sumber : *Glass Construction Manual*, hal 68

Proses pelapisan tersebut dilakukan di pabrik dalam beberapa tahap yaitu pemotongan sesuai pesanan, pembersihan, pelapisan dengan lapisan *interlayer*, kemudian kaca dipasang, setelah itu dipanaskan untuk mempererat kaca lapisan menjadi satu kesatuan.⁷⁴

⁷² www.glass-making.net/laminated-glass.htm

⁷³ www.glass-making.net/laminated-glass.htm

⁷⁴ Schittich Staib & Balkow Schuler Sobek, *Glass Construction Manual* (Jerman: Birkhauser, 1999), 68.

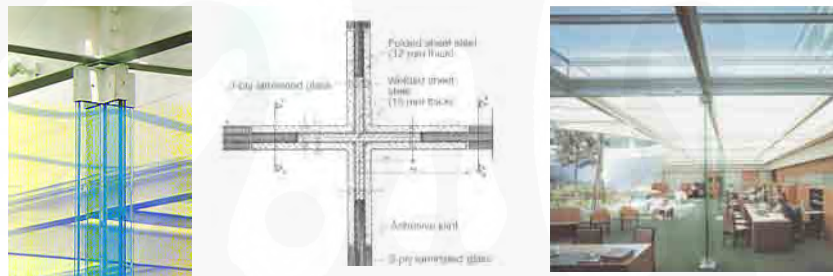


Gambar III.20. Proses pelapisan kaca
 Sumber : Glass Construction Manual, hal 68

Kaca lapis tahan terhadap tekanan air dibandingkan *glass sealed plastic*. Jenis kaca ini bisa mengkombinasikan berbagai macam kaca seperti *annealed glass* dan *tempered glass* (mengkombinasikan keunggulan masing-masing jenis kaca).



Gambar III.21. Kaca sebagai balok (kiri) dan lantai (kanan)
 Sumber : Glass Structure & Technology in Architecture, hal 64



Gambar III.22. Kaca sebagai kolom
 Sumber : Glass Construction Manual, hal 54

Polikarbonat memiliki banyak keunggulan dibandingkan kaca, yaitu :

- Ringan. Polikarbonat ½ kali lebih ringan dari kaca.⁷⁵
- Kuat dan tahan terhadap bentur. Polikarbonat sangat sulit untuk patah, kekuatannya mencapai 200 kali kaca.⁷⁶ Uji coba kekuatan polikarbonat dilakukan dengan menjatuhkan beban seberat 5 kg dari ketinggian 3 m, dengan hasil polikarbonat penyok tapi tidak pecah.⁷⁷

⁷⁵ www.alro.com

⁷⁶ www.cloudtops.com

⁷⁷ J. A. Brydson, *Plastics Materials 4th edition*. (London, Bitterworth Scientific, 1982), 510.

✚ Stabil dalam suhu. Bentuk dan kekuatan polikarbonat stabil dalam rentang suhu 14°C-400°C.⁷⁸ Hal ini memungkinkan polikarbonat menerima beban ekuivalen berupa perubahan temperatur.

Oleh karena itu, bukan tidak mungkin polikarbonat juga dapat dimanfaatkan sebagai material struktural seperti kaca saat ini.

Modulus elastisitas polikarbonat adalah 2.400 N/mm², jauh lebih kecil dibandingkan kaca dengan modulus elastisitas 46.200 N/mm².⁷⁹ Tapi polikarbonat yang dicampur dengan serat kaca dapat meningkatkan modulus elastisitas sampai 10.000 N/mm².⁸⁰ Ini setara dengan modulus elastisitas dari kayu.

Hal ini juga membuktikan bahwa polikarbonat seharusnya dapat diterapkan sebagai material struktural karena mengingat kayu dapat dimanfaatkan sebagai material struktural seperti rangka atap, balok dan kolom.



Gambar III.23. Kayu sebagai kolom
Sumber : www.google.com

Seperti halnya kaca, tidak sembarang polikarbonat yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai material struktural. Berikut ini adalah jenis polikarbonat yang potensial :

✚ Polikarbonat campur kaca (*polycarbonate filled glass*).

Material ini merupakan polikarbonat yang ditambahkan serat kaca sebanyak 10%-40%. Ketebalan standar polikarbonat campur kaca antara 3 mm-100 mm.⁸¹ Tapi ketebalan ini dapat dimodifikasi lagi sesuai keinginan. Material ini memiliki koefisien muai yang setara dengan metal.⁸² Sehingga dapat menggantikan fungsi metal seperti aluminium dan seng. Polikarbonat campur kaca dapat dibentuk berupa lembar dan profil. Dengan modulus elastisitas setara dengan kayu, tipe ini sangat potensial sebagai material struktural.

⁷⁸ J. A. Brydson, *Plastics Materials 4th edition*. (London, Bitterworth Scientific, 1982), 510.

⁷⁹ [En.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

⁸⁰ J. A. Brydson. *Plastics Materials 4th edition*. (London: Butterworth Scientific, 1982), 509.

⁸¹ www.sdplastics.com

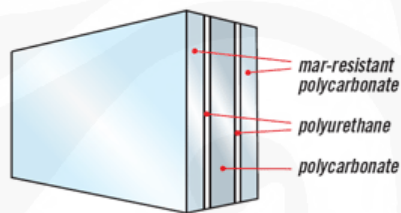
⁸² www.sdplastics.com



Gambar III.24. Polikarbonat campur kaca
Sumber : www.ampelite.com

✚ Polikarbonat lapis (*laminated polycarbonate*).

Ketebalan polikarbonat lapis mencapai 90 mm.⁸³ Polikarbonat lapis diproduksi dengan menggabungkan dua atau lebih lembar polikarbonat menjadi satu bagian dari panel polikarbonat. Penggabungan ini menggunakan lapisan tipis (*interlayer*) yang diletakkan di antara polikarbonat yang digabungkan. Lapisan *interlayer* biasanya menggunakan film *polyurethane*.



Gambar III.25. Polikarbonat lapis
Sumber : www.pasarmored.com

Kekuatan polikarbonat lapis diuji coba dengan menggunakan tembakan peluru. Melalui uji peluru ini terbukti bahwa polikarbonat lapis jauh lebih tahan pecah dibandingkan kaca lapis. Mengingat bahwa polikarbonat tanpa lapisan sudah tahan bentur dan pecah, apalagi bila polikarbonat diberi lapisan.



Gambar III.26. Perbandingan kaca lapis dengan polikarbonat lapis pada uji peluru
Sumber : www.google.com

⁸³www.pasarmored.com/laminated_polycarbonate.php

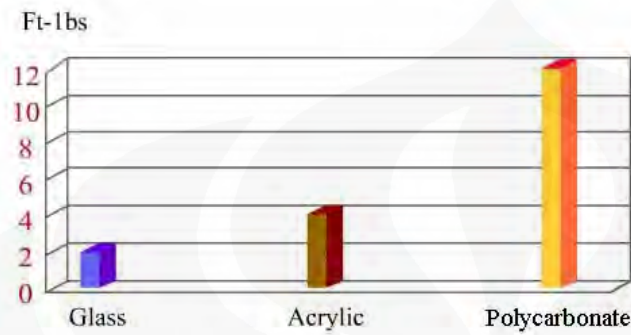
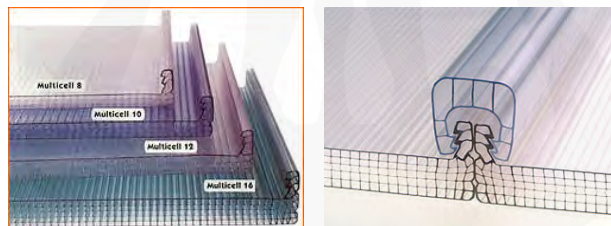


Diagram III.3. Perbandingan ketahanan bentur kaca, akrilik, dan polikarbonat
 Sumber : www.marklon.com

Polikarbonat lapis memiliki kualitas lebih baik dalam tahan bentur dan pecah. Dan proses pelapisan ini tidak membutuhkan modifikasi bahan kimia seperti katalis atau *solvent*.⁸⁴

✦ Polikarbonat *multicell*

Ketebalan polikarbonat *multicell* variatif, yaitu 4mm, 8mm, 10mm, 12mm, dan 16mm.⁸⁵ Berdasarkan uji coba kekuatan, polikarbonat *multicell* dua kali lebih kuat dan tahan bentur daripada polikarbonat biasa. Konsentrasi *cell* yang tinggi meningkatkan kualitas mekanikal dari material ini.⁸⁶



Gambar III.27. Polikarbonat multicell
 Sumber : www.burnsideplastics.com.au

⁸⁴Charles A. Harper, *Handbook of Plastics, Elastomers & Composites 3rd edition*. (Amerika Serikat: McGrawHill, 1996), 2.27.

⁸⁵www.suntuf.com.au/danpalon_multicell.htm

⁸⁶www.austpolyproducts.com.au/danglaz.htm

STUDI KASUS & ANALISIS

IV.I. *Skylight* Perpustakaan FTUI, Depok.

IV.I.1. Pendahuluan

Skylight ini dipasang di salah satu area membaca di Perpustakaan Teknik yang berfungsi untuk mendukung aktivitas membaca agar berjalan baik dengan memasukkan cahaya yang cukup ke dalam ruangan tanpa menimbulkan panas dan silau sehingga pembaca merasa nyaman.



Gambar IV.1. *Skylight* di area membaca perpustakaan FTUI
Sumber : dokumen pribadi

IV.I. II. Analisis

Skylight harus memenuhi fungsinya untuk menghantarkan cahaya matahari tanpa meneruskan panas dan silau. Terlebih lagi *skylight* ini diperuntukkan pada aktivitas membaca yang membutuhkan asupan cahaya yang tepat.

Berdasarkan teori, jenis polikarbonat yang dapat diterapkan sebagai *skylight* memanfaatkan bentuk lembar, khususnya lembar dua lapis dan lembar padat atau yang sudah dibentuk menjadi kubah, tergantung dari berapa banyak transmisi cahaya yang diinginkan. Berdasarkan pengamatan, jenis polikarbonat yang diterapkan pada *skylight* ini adalah lembar dua lapis setebal 6 mm dengan sifat permukaan tembus cahaya.



Gambar IV.2. Polikarbonat dua lapis
Sumber : dokumentasi pribadi

Transmisi cahaya lembar dua lapis dengan sifat tembus cahaya setara dengan lembar padat, yaitu mencapai 85%.⁸⁷ Tapi lembar dua lapis jauh lebih ringan dari lembar padat.

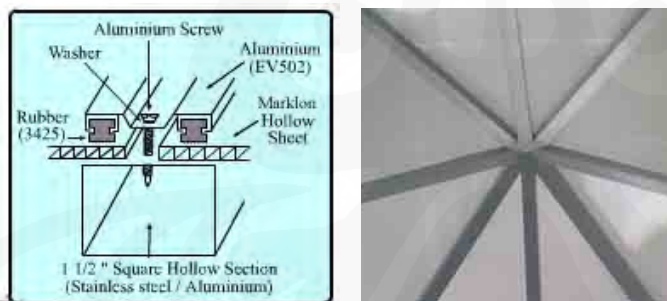
Perbandingan Berat (+/- 10%)			
Ketebalan	Lembar dua lapis	Lembar padat	Kaca
6.0mm	1.3 kg/m ²	7.1 kg/m ²	14.5 kg/m ²

Tabel IV.1. Perbandingan berat lembar dua lapis, lembar padat, dan kaca
Sumber : www.marklon.com

Berdasarkan teori, lembar dua lapis memiliki rongga udara yang berfungsi sebagai insulasi panas, tapi menurut saya rongga tersebut tidak terlalu berperan karena perpustakaan ini menggunakan pendingin ruangan, sehingga tanpa insulasi panas pun ruangan tetap terasa dingin dan nyaman.

Skylight ini berbentuk piramida yang disusun dari 4 panel polikarbonat berbentuk segitiga. Bentuk segitiga diperoleh dengan memotong polikarbonat. Karena panel polikarbonat hanya diproduksi dalam bentuk persegi panjang.

Panel polikarbonat dihubungkan pada rangka aluminium dengan menggunakan paku. Paduan ini mewujudkan konstruksi yang ringan dan lebih menghemat biaya. Polikarbonat memang mudah dikonstruksikan dengan material lain seperti besi, kayu, dan aluminium.



Gambar IV.3. Konstruksi dengan aluminium
Sumber : dokumen pribadi



Gambar IV.4. Sambungan menggunakan paku
Sumber : dokumentasi pribadi

⁸⁷ www.alibaba.com

Berdasarkan pengamatan langsung, area membaca ini memang cukup terang. Tapi menurut saya, *skylight* ini tidak terlalu berperan penting. Pertama, karena tanpa *skylight* pun perpustakaan ini sudah cukup terang dengan jendela yang mendominasi dinding.



Gambar IV.5. Suasana terang di area membaca
Sumber : dokumen pribadi

Kedua, seandainya ruangan ini memang mengandalkan asupan cahaya dari *skylight*, hal ini juga tidak terlalu efektif karena *skylight* ini tidak berhubungan langsung dengan lingkungan luar, tapi dipasang di dalam ruangan. Hal ini mempengaruhi transmisi cahaya yang kurang optimal. Sepertinya pemasangan *skylight* ini hanya berfungsi untuk memperindah ruangan.



Gambar IV.6. Skylight dibangun di dalam ruangan
Sumber : dokumen pribadi



Gambar IV.7. Potongan skylight
Sumber : dokumen pribadi

IV.II. Atap Gazebo Jurusan Sipil FTUI, Depok

IV.II.1. Pendahuluan

Gazebo ini merupakan fasilitas bagi mahasiswa FTUI, khususnya Jurusan Sipil untuk melakukan akses internet gratis atau sekadar berkumpul dan berbincang-bincang. Umumnya dua kegiatan tersebut membutuhkan waktu cukup lama sehingga gazebo ini dituntut untuk memberikan kenyamanan kepada penggunanya yang sangat didukung oleh pemilihan material yang sesuai mulai dari lantai, bangku, sampai atap.



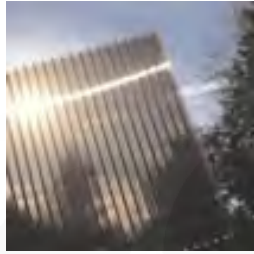
Gambar IV.8. Gazebo tempat akses internet gratis
Sumber : dokumen pribadi

IV.II.2. Analisis

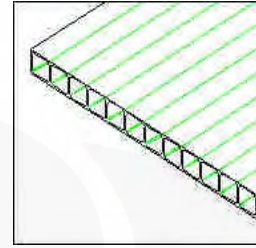
Gazebo ini harus memberikan perlindungan yang baik dari cuaca karena kegiatan yang berlangsung di bangunan ini berkaitan dengan benda elektronik (*laptop*) yang bisa rusak jika terkena panas berlebih atau hujan. Selain itu manusia di gazebo ini harus mendapatkan cukup cahaya. Dan karena lokasi gazebo ini terletak di antara pepohonan maka gazebo ini harus dapat melindungi manusia di dalamnya dari daun yang berjatuhan.

Berdasarkan teori, jenis polikarbonat yang dapat diterapkan sebagai atap memanfaatkan bentuk lembar, yaitu multi lapis, padat, dan berombak dengan ketebalan tergantung dari beban yang diterima atap. Namun untuk Indonesia yang tidak mengalami musim salju, lembar dua lapis sudah cukup kuat diterapkan sebagai atap.

Berdasarkan pengamatan, jenis polikarbonat yang digunakan pada gazebo ini adalah lembar dua lapis setebal 6 mm dengan permukaan berwarna perunggu.



Gambar IV.9. Polikarbonat berwarna perunggu
Sumber : www.conservatories4uk.com



Gambar IV.10. Polikarbonat dua lapis
Sumber : www.slecladding.co.uk

Lembar dua lapis digunakan karena jenis ini paling ringan dan tipis mengingat beban yang diterima hanya angin, hujan dan dedaunan. Selain itu, dengan permukaannya yang rata dan licin, lembar dua lapis tidak menghambat daun-daun yang berjatuhan.

Berdasarkan teori, polikarbonat harus dipasang dengan alur rongga udara vertikal untuk drainase, tapi pada atap gazebo ini arah rongga udara justru horisontal. Kondisi seperti ini mengurangi kemampuan insulasi panas dan dapat mengakibatkan kelembaban masuk yang mengakibatkan polikarbonat terlihat berkabut.



Gambar IV.11. Lembar dua lapis tidak menghambat daun berjatuhan
Sumber : dokumen pribadi



Gambar IV.12. Alur rongga horisontal
Sumber : dokumen pribadi

Namun insulasi panas memang tidak terlalu dibutuhkan pada gazebo ini karena kondisi lingkungan sekitar yang terbuka dan dilalui semilir angin sebenarnya sudah mengurangi panas.

Warna perunggu hanya menyerap cahaya sebesar 45% sehingga cahaya yang masuk tidak berlebihan. Dengan begitu panas dan silau akan berkurang pula.⁸⁸ Warna ini juga sesuai diterapkan sebagai atap pada bangunan di lingkungan yang terbuka, tidak dinaungi pepohonan. Kemampuan transmisi cahaya ini dipengaruhi oleh ketebalan panel. Semakin tipis panel maka semakin besar pula kemampuan

⁸⁸ www.sundancesupply.com

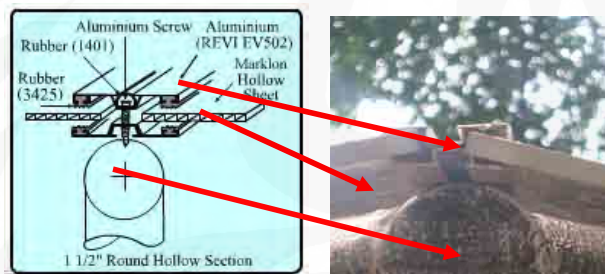
transmisi cahaya. Warna perunggu juga membuat gazebo selaras dengan lingkungan sekitar yang berkesan natural.

DANPALON® TECHNICAL DATA SUMMARY				
1. SHEET LENGTHS:-		1000, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000 & 12000mm		
2. SHEET THICKNESS:-		DP4 (4mm)	DP8 (8mm)	DP10 (10mm) DP16 (16mm)
3. **SHEET COVER WIDTH:-		608mm	600mm	600mm 1040mm
4. WEIGHT (Kg/m²):- (panel & 'u' connector)		5.05	1.8	2.5 3.35
5. MIN. COLD BENDING RADIUS		2900	1750	2500 2900
6. LIGHT TRANSMISSION:-	CLEAR	84%	77%	75% 58%
	AQUA	N/A	70%	64% 40%
	BRONZE	45%	41%	37% 28%
	GREY	50%	48%	45% 32%
	OPAL	N/A	47%	38% 24%
7. HEAT TRANSMISSION:-	CLEAR	86%	74%	73% 50%
	AQUA	N/A	67%	60% 42%
	BRONZE	52%	43%	38% 30%
	GREY	61%	52%	49% 38%
	OPAL	N/A	47%	37% 27%

*NOTE: AFTER CUTTING, ACTUAL SHEET LENGTHS MAY VARY BY ± 0.3%
**If using rafters only, check your local Distributor for spacings.

Tabel IV.2. Perbandingan transmisi cahaya dari polikarbonat berwarna
Sumber : www.skyview.com.au/twin.html

Atap ini berbentuk limas segi delapan yang disusun dari 8 panel polikarbonat berbentuk segitiga. Bentuk segitiga diperoleh dengan memotong polikarbonat karena material ini hanya diproduksi dalam bentuk persegi panjang. Panel-panel polikarbonat dihubungkan dengan profil aluminium untuk membentuk limas segi delapan. Kemudian rangkaian polikarbonat aluminium ini ditopang oleh rangka besi berbentuk tabung dengan menggunakan paku. Polikarbonat memang mudah dikonstruksikan dengan material lain seperti besi, kayu, dan aluminium.



Gambar IV.13. Sambungan polikarbonat dengan aluminium dan baja
Sumber : dokumen pribadi

Menurut saya, alasan utama penggunaan polikarbonat sebagai atap gazebo ini adalah pertimbangan biaya. Untuk proyek semacam ini, dibutuhkan material yang mendukung optimalisasi biaya. Polikarbonat memang lebih mahal daripada kaca, namun kekuatannya jauh melebihi kaca sehingga meminimalkan biaya perawatan. Selain itu, polikarbonat bersifat ringan sehingga tidak membutuhkan material pendukung yang berlebihan dan konstruksinya lebih mudah sehingga tidak butuh banyak pekerja dan waktu yang dibutuhkan lebih cepat.

IV.III. Cladding Pusat Dansa Laban, London, Inggris.

IV.III.1. Pendahuluan

Data Pusat Dansa Laban :⁸⁹

Lokasi : Deptford, London, Inggris.

Total luas lantai : 8.203 m².

Tinggi bangunan : 14 m.

Didirikan : 2000-2003.

Arsitek : Herzog & de Meuron.

Kontraktor : Ballast Southern.



Gambar IV.14. Pusat Dansa Laban, London, Inggris
Sumber : www.channel4.com

Pusat Dansa Laban merupakan sekolah dansa kontemporer terbesar di dunia. Pusat dansa ini terdiri dari dua lantai yang menampung teater dengan 300 kursi, studio dansa, ruang belajar, kantor dan fasilitas kesehatan. Bangunan ini juga memiliki perpustakaan dan kafetaria yang terbuka untuk umum. Selain memfasilitasi latihan dansa profesional, pusat dansa ini juga menawarkan kelas untuk anak-anak, remaja dan amatir.⁹⁰

IV.III.2. Analisis

Sejak 1950, beberapa bangunan sudah menggunakan *cladding* plastik.⁹¹ Salah satunya adalah polikarbonat yang memiliki potensi untuk bentuk melengkung. Herzog & de Meuron bekerja sama dengan seniman Michael Craig-Martin mewujudkan hal tersebut pada Pusat Dansa Laban.

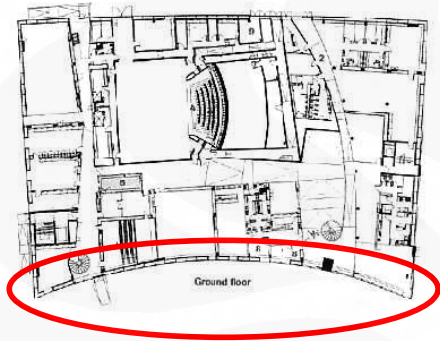
Pusat dansa ini memiliki bentuk dasar persegi panjang dengan lengkungan di *façade* utama. Lengkungan ini memiliki arti seperti barisan penari yang mendekati

⁸⁹ www.arcspace.com

⁹⁰ www.betterpublicbuildings.com

⁹¹ www.hughpearman.com

tepi panggung.⁹² Seluruh permukaan bangunan ini ditutup oleh *cladding* polikarbonat yang diselingi dengan jendela-jendela kaca yang besar. Dengan mengamati pusat dansa ini terbukti bahwa polikarbonat cukup lentur untuk dapat diaplikasikan pada bentuk melengkung.

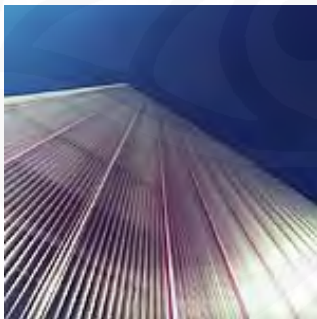


Gambar IV.15. Denah menampilkan bentuk melengkung
Sumber : www.arcspace.com



Gambar IV.16. Façade melengkung pada Pusat Dansa Laban
Sumber : ElCroquis. hal 82

Kemudian dengan tinggi bangunan mencapai 14 m, polikarbonat tidak mengalami kesulitan untuk diproduksi sepanjang itu, karena polikarbonat merupakan material yang bisa diproduksi dalam berbagai ukuran. Dan alur rongga udara sudah memenuhi standar pemasangan polikarbonat, yaitu mengarah secara vertikal.



Gambar IV.17. Panel polikarbonat yang memanjang
Sumber : www.architectureweek.com

⁹² www.contemporary-magazine.com/architech37_2.htm

Berdasarkan teori, *cladding* harus memenuhi fungsi primer di bawah ini, yaitu :⁹³

1. Mencegah air masuk.
2. Mencegah kebocoran udara.
3. Mengontrol cahaya.
4. Mengontrol radiasi dan konduksi panas.
5. Mengontrol suara.

Pada pusat dansa ini, polikarbonat dimanfaatkan sebagai kontrol silau dan radiasi panas dari matahari. Polikarbonat yang dimanfaatkan adalah yang bersifat permukaan tembus cahaya dengan warna warni yang menarik yaitu hijau limau, biru permata, dan merah keunguan. Terlihat bahwa polikarbonat mudah diberi warna dengan tetap mempertahankan ciri khas transparannya.



Gambar IV.18. Cladding polikarbonat warna warni
Sumber : www.England-in-particular.info

Pada bangunan ini panel polikarbonat memiliki permukaan yang berbeda pada masing-masing sisi. Sisi luar diberi lapisan anti ultraviolet dan lapisan dalam diberi warna.⁹⁴ Hal ini membuat warna *façade* bangunan berubah-ubah tergantung banyak cahaya matahari yang diterima dan menjadikan Pusat Dansa Laban bangunan yang atraktif.



Gambar IV.19. Cladding saat cuaca cerah
Sumber : ElCroquis, hal 74

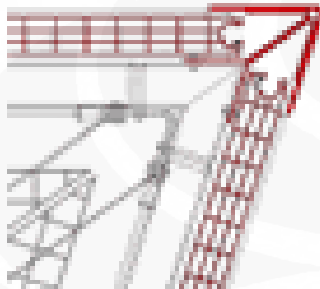


Gambar IV.20. Cladding saat cuaca mendung
Sumber : www.ivarhagendoorn.com

⁹³ Edward Allen, *Fundamentals of building construction materials and methods*. (Kanada: John Wiley and Sons, Inc, 1999). 674-676.

⁹⁴ www.stepsforchange.co.uk/facade1.html

Pusat dansa ini menggunakan polikarbonat empat lapis dengan tebal 40 mm sebagai *cladding*.⁹⁵ Hal ini membuktikan bahwa ketebalan polikarbonat berpengaruh untuk aplikasi yang berbeda. Polikarbonat untuk *cladding* akan lebih tebal daripada polikarbonat untuk atap karena harus cukup kuat menahan elemen cuaca.



Gambar IV.21. Polikarbonat empat lapis
Sumber : www.detail.de



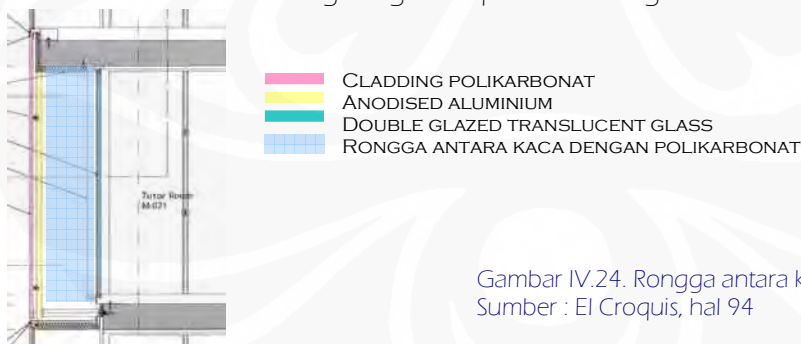
Gambar IV.22. Sifat permukaan tembus cahaya
Sumber : www.architectureweek.com

Berdasarkan teori, *cladding* terdiri dari komponen primer (panel) dan sekunder (bingkai). Kedua komponen ini dirakit untuk memenuhi fungsi *cladding*.⁹⁶ Pada Pusat Dansa Laban, panel berupa polikarbonat dan bingkai berupa *anodised aluminium* yang dihubungkan dengan menggunakan *anodised aluminium cavity capping*.⁹⁷



Gambar IV.23. Anodised aluminium cavity capping
Sumber : *ElCroquis*, hal 94

Jarak 800 mm dari *cladding* polikarbonat dipasang lapisan *laminated double glass*.⁹⁸ Rongga yang tercipta antara keduanya memungkinkan aliran udara yang dimanfaatkan untuk menghangatkan pemakai bangunan.



Gambar IV.24. Rongga antara kaca dengan polikarbonat
Sumber : *El Croquis*, hal 94

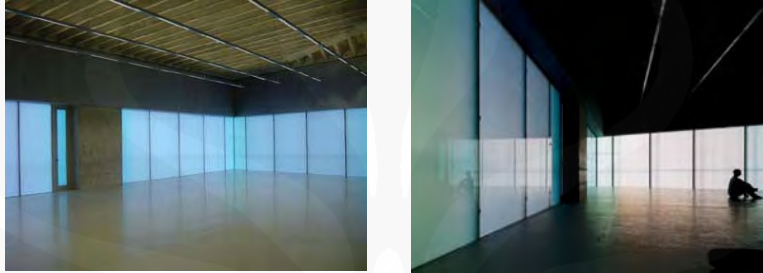
⁹⁵ www.architectureweek.com

⁹⁶ Jacqueline Glass, *Encyclopaedia of Architectural Technology*. (Inggris: John Wiley & Sons, 2002), 56.

⁹⁷ "Laban Dance Centre", *ElCroquis*, 129: 94, 2006.

⁹⁸ www.architectureweek.com

Polikarbonat berfungsi sebagai filter yang mengubah sinar matahari menjadi cahaya yang berwarna warni dan kaca di belakangnya akan menyebarkan cahaya tersebut ke dalam ruangan. Dengan mengandalkan hanya cahaya alami di siang hari, polikarbonat membantu upaya konservasi energi.



Gambar IV.25. Studio dansa mendapatkan difusi cahaya dari koordinasi kaca dan polikarbonat
Sumber : www.arcspace.com

Namun tidak semua kombinasi polikarbonat dan kaca ini memenuhi *façade* Pusat Dansa Laban. Beberapa ruang memiliki jendela kaca, namun ada juga yang ditutupi dinding masif. Hal ini untuk menciptakan *shading* pada bangunan saat malam hari.



Gambar IV.26. Variasi tampilan facade
Sumber : www.test.ggkorea.co.kr

Selain untuk memenuhi fungsi *cladding*, pemanfaatan polikarbonat juga bertujuan untuk mendukung identitas dari bangunan ini, yaitu sebagai pusat dansa. Bayangan para penari yang menggambarkan identitas pusat dansa ini akan terlihat dari luar melalui *façade*. Herzog mengungkapkan bahwa, "*The shadow images of the dancers, which will fall onto the matte surfaces of the interior walls and facades, have a magical effect and are playing an active part of the Laban's architectural identity.*"⁹⁹



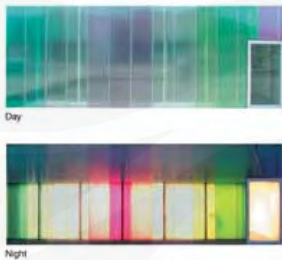
Gambar IV.27. Bayangan penari dapat terlihat melalui cladding polikarbonat
Sumber : www.hughpearman.com

⁹⁹ www.architectureweek.com

Di siang hari, aktivitas dari dalam bangunan terlihat *semi visible* melalui polikarbonat tembus cahaya dan bayangan bangunan ini menghiasi teluk. Di malam hari, pusat dansa ini terlihat seperti lentera berwarna yang memancarkan cahaya ke daerah sepanjang teluk Deptford.



Gambar IV.28. Bayangan bangunan tampak pada teluk Deptford
Sumber : www.architectureweek.com



Gambar IV.29. Perbedaan façade saat siang dan malam
Sumber : www.contemporary-magazine.com



Gambar IV.30. Penampilan Pusat Dansa Laban di malam hari
Sumber : www.todoarquitectura.com

Penerapan polikarbonat sebagai *cladding* pada Pusat Dansa Laban menyesuaikan dengan iklim subtropis di Inggris, di mana kombinasi antara *cladding* polikarbonat dan dinding kaca bertujuan untuk menghangatkan bangunan.

Menurut saya, bangunan dengan kombinasi ini tidak cocok diterapkan pada iklim tropis. Karena di daerah beriklim tropis, cahaya matahari sangat berlimpah yang membuat bangunan tidak butuh dihangatkan tapi didinginkan. Sedangkan salah satu sifat dasar polikarbonat adalah transmisi cahaya yang meskipun sedikit akan membawa panas juga.

IV.IV. Jembatan kaca, Rotterdam, Belanda.

IV.IV.I. Pendahuluan.

Data jembatan kaca :¹⁰⁰

Lokasi : Rotterdam, Belanda

Panjang jembatan : 3.2 m.

Didirikan : 1994.

Arsitek : Dirk Jan Postel Kraaijvanger.

Kontraktor : Rob Nijse ABT Velp.



Gambar IV.31. Jembatan Kaca, Rotterdam, Belanda
Sumber : Glass Structure & Technology in Architecture, hal 60

Jembatan kaca ini berfungsi untuk menghubungkan dua bangunan yang bersampingan, terbuat dari kaca lapis (*laminated glass*) dengan tebal 10 mm. Panel kaca dihubungkan dengan menggunakan *metal connector*. Struktur jembatan ini sepenuhnya mengandalkan material kaca karena sampai baloknya pun menggunakan kaca.¹⁰¹

IV. IV.II. Analisis.

Ada tiga polikarbonat yang potensial sebagai material struktural, yaitu polikarbonat campur kaca, polikarbonat lapis, dan polikarbonat *multicell*. Ketiganya dapat dijadikan kemungkinan untuk diaplikasikan sebagai lantai seperti jembatan kaca ini. Tapi menurut saya yang paling potensial adalah polikarbonat campur kaca yang dibuat berlapis atau *laminated polycarbonate filled glass*.

¹⁰⁰ Schittich Staib & BalkowSchuler Sobek, Glass Construction Manual. (Jerman: Birkhauser, 1999), 200.

¹⁰¹ Sophia & Stefan Behling, Glass Structure & Technology in Architecture. (Munchen: Prestel Verlag, 1999), 65.

Pertama, bahwa modulus elastisitas dapat menjadi salah satu acuan bahwa suatu material tahan tarik atau tekan.¹⁰² Dengan modulus elastisitas polikarbonat campur kaca yang mencapai 10.000 N/mm^2 (setara dengan kayu) seharusnya polikarbonat dapat diterapkan selayaknya kayu mengingat kayu dapat diterapkan sebagai lantai.

Kedua, polikarbonat lapis sudah terbukti lebih tahan pecah dibandingkan kaca lapis melalui tes peluru. Dengan teknik pelapisan ini, polikarbonat campur kaca harusnya jauh lebih kuat karena polikarbonat lapis tanpa campuran kaca pun sebenarnya sudah tahan bentur. Akan lebih kuat lagi bila polikarbonat campur kaca ini dibentuk menjadi lembar *multicell* sebelum dibuat berlapis.



Gambar IV.32. Kayu sebagai pelat lantai

Sumber : *Fundamentals of Building Construction Materials and Methods*, hal 158.

Jembatan kaca sepanjang 3.2 m ini menggunakan kaca lapis dengan tebal 10 mm. Bentangan dan ketebalan ini dapat ditangani oleh polikarbonat karena polikarbonat dapat diproduksi dengan panjang dan tebal sesuai keinginan.

¹⁰² W. Morgan, *The Elements of Structure*. (London: Pitman, 1978), 12.

PENUTUP

KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas, dapat diketahui lebih jauh mengenai material polikarbonat mulai dari karakteristik, jenis, sampai pengolahan. Kemudian lebih lanjut dapat diketahui aplikasi dan potensi material ini dalam desain arsitektur.

V.I. Polikarbonat sebagai material bangunan.

Berdasarkan pembahasan mengenai karakteristik polikarbonat dan aplikasinya pada desain arsitektur, dapat ditarik kesimpulan bahwa di antara sekian banyak keunggulan polikarbonat, untuk aplikasi pada desain arsitektur, polikarbonat hanya menonjolkan beberapa keunggulan, yaitu :

- ✚ Ringan sehingga tidak membutuhkan material pendukung yang berlebihan, selain itu juga memudahkan konstruksi.
- ✚ Sangat tahan bentur dan pecah yang membuat polikarbonat digemari daripada kaca untuk aplikasi pengkacaan.
- ✚ Transmisi cahaya sangat bagus yang membuat polikarbonat diterapkan sebagai material pengkacaan.

Polikarbonat juga memiliki kekurangan sebagai material pengkacaan, yaitu :

- ✚ Mudah tergores.
- ✚ Menguning, retak, dan melemah jika terkena sinar ultraviolet dalam jangka waktu panjang.
- ✚ Memiliki batas stabilitas terhadap kelembaban.

Beberapa cara untuk mengatasi kekurangan tersebut adalah:

- ✚ Memberikan lapisan anti gores untuk mencegah gores pada permukaan polikarbonat.
- ✚ Memanfaatkan *ultraviolet stabilizer* antara lain *metaphosphoric acid*, *boron phosphate* dan *phenylneopentyl phosphite* untuk melindungi polikarbonat dari sinar ultraviolet.

- ✚ Melakukan teknik konstruksi yang tepat sehingga kelembaban tidak masuk ke dalam rongga udara.

V.II. Polikarbonat sebagai pengkacaan, penutup atap dan cladding

Dengan mengacu pada pembahasan teori mengenai aplikasi polikarbonat dengan studi kasus, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

- ✚ Polikarbonat diterapkan sebagai elemen yang berfungsi memasukkan cahaya yaitu pengkacaan (jendela, *skylight*, penutup) karena transmisi cahaya yang bagus. Bahkan fungsi polikarbonat sebagai atap pun seringkali sebagai pengkacaan pula.
- ✚ Untuk konstruksi ringan mayoritas menggunakan polikarbonat dua lapis.
- ✚ Meskipun ada polikarbonat yang didesain untuk dapat disambung tanpa bantuan material lain, tapi praktik di lapangan konstruksi polikarbonat lebih banyak mengandalkan dukungan material lain (aluminium, kayu, baja).
- ✚ Terdapat ketidaksesuaian antara teori mengenai perlakuan rongga udara pada polikarbonat dengan praktik di lapangan. Dua dari empat studi kasus memperlihatkan perbedaan arah orientasi rongga udara polikarbonat dari yang seharusnya. Hal ini membuktikan bahwa fungsi rongga udara tidak terlalu dianggap penting pada aplikasi polikarbonat. Tapi pada studi kasus ketiga, orientasi vertikal untuk rongga udara diterapkan.
- ✚ Teknik konstruksi dapat mempengaruhi fungsi polikarbonat sebagai pengkacaan.
- ✚ Polikarbonat mudah diwarnai dengan tetap mempertahankan sifat transparannya.
- ✚ Polikarbonat dapat dibentuk melengkung karena kelenturannya.
- ✚ Untuk aplikasi skala besar, polikarbonat dapat diproduksi sepanjang yang dibutuhkan.
- ✚ Polikarbonat untuk *cladding* lebih tebal dibandingkan polikarbonat untuk pengkacaan dan atap karena beban angin yang diterima lebih besar.
- ✚ Fungsi polikarbonat dapat dikoordinasikan dengan kaca untuk beberapa tujuan, misalnya untuk menghangatkan ruangan pada bangunan subtropis.

- ✚ Berdasarkan studi kasus mengenai Pusat Dansa Laban, polikarbonat membuktikan bahwa plastik juga dapat menjadi material penting untuk mewujudkan suatu desain arsitektur yang atraktif hingga bisa menjadi suatu *landmark*.
- ✚ Di daerah beriklim tropis, khususnya Indonesia, polikarbonat masih diterapkan sebatas elemen untuk memasukkan cahaya, seperti jendela, pintu, kanopi, atau *skylight*. Polikarbonat bisa saja diterapkan sebagai *cladding* atau bahkan *curtain wall* di daerah tropis, tapi dengan pemilihan jenis yang tepat dan teknik konstruksi yang detail supaya fungsi transmisi cahaya tetap ada tanpa menghantarkan panas.

V.III. Polikarbonat sebagai material struktural.

Dengan mengacu pada pembahasan teori mengenai potensi polikarbonat dengan studi kasus, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

- ✚ Polikarbonat dapat diolah hingga memiliki modulus elastisitas (E) setara dengan kayu, yaitu 10.000 N/mm^2 . Modulus elastisitas dapat menjadi salah satu acuan bahwa suatu material tahan tarik atau tekan. Jika suatu material memiliki E yang besar, maka material tersebut akan sulit memanjang atau memendek. Sebaliknya jika suatu material memiliki E yang kecil, maka akan mudah memanjang atau memendek.
- ✚ Berdasarkan uji tembak peluru, polikarbonat lapis memiliki ketahanan bentur yang lebih baik dibandingkan kaca lapis (jenis kaca yang dimanfaatkan sebagai material struktural).
- ✚ Polikarbonat dapat dibentuk setebal yang diinginkan untuk meningkatkan ketahanan bentur dan *cell* dapat dimodifikasi untuk menghasilkan polikarbonat yang kaku dan lebih kuat.
- ✚ Polikarbonat memiliki potensi struktural mengingat material ini lebih tahan bentur daripada kaca, dapat dibentuk setebal mungkin, modulus elastisitas bisa setara dengan kayu dan jenis yang berlapis jauh lebih kuat dibandingkan kaca lapis.
- ✚ Berdasarkan dua material yang dijadikan acuan (kayu dan kaca), polikarbonat memiliki potensi sebagai elemen struktur untuk skala ringan (kolom, balok, lantai).

✦ Polikarbonat memiliki potensi struktural, tapi aplikasinya belum berkembang sampai sekarang karena faktor biaya. Polikarbonat dengan ukuran standar lebih mahal daripada akrilik dan kaca, apalagi yang diproduksi di atas standar. Tapi polikarbonat memiliki kesempatan untuk tetap berkembang karena walaupun harga material ini mahal, tapi karena tahan pecah dan sifat ringan mengakibatkan biaya konstruksi dan perawatan lebih murah. Hal ini merupakan pertimbangan penting untuk tetap mengembangkan polikarbonat.

REFERENSI

- ✚ Allen, Edward. (1999). *Fundamentals of building construction materials and methods*. Kanada: John Wiley and Sons, Inc.
- ✚ Brydson, J.A. (1982). *Plastics Materials 4th edition*. London: Butterworth Scientific.
- ✚ Cowan, Henry J., dan Wilson, Forrest. (1981). *Structural Systems*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- ✚ Glass, Jacqueline. (2002). *Encyclopaedia of Architectural Technology*. Inggris: John Wiley and Sons, Inc.
- ✚ Harper, Charles A. (1996). *Handbook of Plastics, Elastomers & Composites 3^d edition*. Amerika Serikat: McGrawHill.
- ✚ Morgan, W. (1978). *The Elements of Structure*. London: Pitman.
- ✚ Nutt, Merle C. (1976). *Metallurgy & Plastics for Engineers*. Amerika Utara: Pergamon Press.
- ✚ Sophia, dan Behling, Stefan. (1999). *Glass Structure & Technology in Architecture*. Munchen: Prestel Verlag.
- ✚ Staib, Schittich, dan Sobek, Balkow Schuler. (1999). *Glass Construction Manual*. Jerman: Birkhauser.
- ✚ Steven Winter Associates. (1998). *The Passive Solar Design and Construction Book*. Kanada: John Wiley and Sons, Inc.
- ✚ Wilson, Forrest. (1971). *Structure: The Essence of Architecture*. London: Studio Vista.
- ✚ (2006). Laban Dance Centre. El Croquis, 129, 74-97.
- ✚ "A Guide to Polycarbonate in General." www.ptslc.com/polcarb_intro.html. (18 September 2007).
- ✚ "Architecture: Pygmalion's Blush." www.contemporary-magazine.com/architech372.htm. (26 Oktober 2007).
- ✚ "Conservatories." www.bmwhi.co.uk/conservatories.html. (26 Oktober 2007).
- ✚ "Danpalon Glazing Multicell." www.austpolyproducts.com.au/danglaz.htm. (13 November 2007).
- ✚ "Danpalon Multicell" www.suntuf.com.au/danpalon_multicell.html. (13 November 2007).

- ✚ "Herzog & de Meuron Laban Dance Centre Deptford, London." www.arcspace.com. (23 September 2007).
- ✚ "Herzog and de Meuron Stirling Prize." www.architectureweek.com. (19 Oktober 2007).
- ✚ "Keep Warm Stay Cool." www.conservatories4uk.com/quantal.asp. (4 Oktober 2007).
- ✚ "Laban Dance Centre, London." www.betterpublicbuildings.gov.uk. (23 September 2007).
- ✚ "Laminate Glass." www.glass-making.net/laminated-glass.htm. (13 November 2007).
- ✚ "Laminated Polycarbonate." www.pasarmored.com/laminated_polycarbonate.php. (13 November 2007).
- ✚ "Lexan Polycarbonate Film." www.infolink.com.au/articles/7A/0C041C7A.aspx. (3 Oktober 2007).
- ✚ "Macrolux Multi-walled Polycarbonate Sheet Technical Information." www.cloudtops.com/polycarbonate_macrolux_technical_information.html. (23 September 2007).
- ✚ "Polycarbonate (PC)/PVC Film & Sheet." www.sophia0899.en.ec21.com. (3 Oktober 2007).
- ✚ "Polycarbonate Optical and Machine Grade Sheet." www.plasticsintl.com/polycarbonate.html. (30 Agustus 2007).
- ✚ "Polycarbonate PC." www.bpf.co.uk/bpfindustry/plastics-materials-polycarbonate_pc.cfm. (30 Agustus 2007).
- ✚ "Polycarbonate Sheet for Greenhouses & Sunrooms." www.sundancesupply.com. (30 Agustus 2007).
- ✚ "Polycarbonate Sheets, Rods And Tubing." www.midlandplastics.com/srtd_polycarbonate.html. (30 Agustus 2007).
- ✚ "Polycarbonate Skylight." www.ltcgroups.com/page-retratable.html. (23 September 2007).
- ✚ "Polycarbonate Specifications." www.boedeker.com. (30 Agustus 2007).
- ✚ "Polycarbonate." en.wikipedia.org. (30 Agustus 2007).
- ✚ "Polycarbonate." www.alro.com. (20 September 2007).
- ✚ "Polycarbonate." www.sdplastics.com. (30 Agustus 2007).
- ✚ "Polycarbonates." www.pslc.com/mactest/pc.html. (30 Agustus 2007).

- 
- ✦ "Roofing & Security." www.plasticraft.co.nz/roofing.php. (23 September 2007).
 - ✦ "Standard Panels." www.zonesystems.com.au/panels.html. (23 September 2007).
 - ✦ "The Plastic Lantern: Herzog and de Meuron's Laban Centre in London." www.hughpearman.com/articles4/labam.html. (23 September 2007).
 - ✦ Arabe, Katrina C. "Polycarbonate: 50 & Still Going Strong." news.thomasnet.com/imt/archives/2003/09.polycarbonate-5.html (4 September 2007).
 - ✦ www.alibaba.com. (23 September 2007).
 - ✦ www.conserva-care.co.uk/conservatory-inserts.html. (26 Oktober 2007).
 - ✦ www.greenhousemegastore.com (5 September 2007).
 - ✦ www.marklon.com. (26 Oktober 2007).
 - ✦ www.omnexus.com. (30 Agustus 2007).
 - ✦ www.polycarbonates-tubes-rods.com. (20 September 2007).
 - ✦ www.stepsforchange.co.uk/facade1.html. (26 Oktober 2007).

DAFTAR ISTILAH

- ✚ Aditif : Material yang digunakan dalam jumlah kecil untuk memodifikasi kualitas tertentu dari material lain.
- ✚ Annealed glass : Kaca yang didinginkan perlahan-lahan setelah dihaluskan dengan suhu tinggi.
- ✚ Biocompatibility : Kemampuan suatu material untuk digabungkan dengan benda yang mengandung senyawa organik tanpa menimbulkan dampak negatif.
- ✚ Blending : Proses mencampur dua material untuk menggabungkan kualitas keduanya.
- ✚ Bracing : Elemen struktural yang dipasang untuk menahan dan atau menopang elemen lain sehingga memiliki kesatuan struktur yang stabil.
- ✚ Cell : Lubang kecil yang dilingkupi dinding atau lapisan.
- ✚ Cladding : Elemen bangunan berupa penutup yang bersifat non struktural untuk melindungi bangunan dari pengaruh cuaca, seperti air, angin, cahaya matahari, panas, dan dingin.
- ✚ Curtain wall : Dinding eksterior bangunan yang bersifat non struktural dan ditopang oleh stuktur.
- ✚ Drainase : Jaringan saluran di dalam struktur yang mengalirkan air hujan, air kotor, dan sebagainya.
- ✚ Façade : Wajah eksterior bangunan.
- ✚ FDA (Food & Drug Administration) : Lembaga yang menentukan standar aman atau tidaknya makanan dan obat untuk dikonsumsi.
- ✚ Film : Lapisan dengan ketebalan kurang dari 1 mm.
- ✚ Grade : Klasifikasi suatu material berdasarkan kualitas.
- ✚ Heatguard : Penjagaan dari panas.
- ✚ Insulasi : Proses membatasi atau menghambat perpindahan dan aliran energi dari satu sisi ke sisi yang lain.
- ✚ Konduktivitas : Tingkat kemampuan menghantarkan energi dari satu sisi ke sisi yang lain melalui media material padat.
- ✚ Metal connector : Material terbuat dari metal yang berfungsi menggabungkan dua material.

- ✚ Modulus Elastisitas : Kemampuan suatu material untuk merentang karena diberi gaya (biasanya gaya tekan dan tarik).
- ✚ Multicell wall : Lembar polikarbonat yang memiliki konsentrasi cell yang tinggi untuk meningkatkan kekakuan.
- ✚ Pellet : Bentuk seperti butir, bundar dan kecil.
- ✚ Plywood : Kayu dengan tiga atau lebih lapisan yang digabungkan dengan lem.
- ✚ Polymer : Salah satu kelompok resin dengan berat molekul tinggi.
- ✚ Regrind : Material tidak murni, sudah dicampur dengan material lain.
- ✚ Reinforced wall : Penambahan lapisan pada lembar polikarbonat, biasanya berupa bracing diagonal untuk meningkatkan kekuatan.
- ✚ Reinforcing fiber : Penambahan serat seperti kaca, metal, karbon, atau mineral untuk meningkatkan kekuatan, tahan bentur, kekakuan, tahan gores, kekerasan, dan kualitas mekanikal lain.
- ✚ Resin : Material organik yang tidak mudah menguap dan semi padat, biasanya memiliki berat molekul tinggi, didapatkan dari getah pohon atau dibuat secara sintesis.
- ✚ Semi visible : Keadaan terlihat tapi samar-samar.
- ✚ Sign board : Papan untuk memberikan pengarahan, identifikasi, instruksi, atau iklan. Biasanya berisi tulisan, gambar, diagram, hiasan, dan sebagainya, seringkali dalam kombinasi, pada latar belakang yang kontras.
- ✚ Skylight : Jendela yang dipasang permanen pada struktur atap dan berfungsi memasukkan cahaya matahari.
- ✚ Solvent : Cairan yang digunakan untuk melarutkan material padat.
- ✚ Stabilizer : Zat yang ditambahkan untuk mencegah kerusakan polymer dari pengaruh cahaya matahari, panas, oksigen, dan radiasi elektromagnetik.
- ✚ Sunroof : Atap yang berfungsi memasukkan cahaya matahari ke dalam bangunan.
- ✚ Tempered glass : Kaca yang diproduksi dengan cara memanaskan bagian permukaan kaca dengan tekanan tinggi.
- ✚ Transmisi : Proses menghantarkan cahaya dari satu sisi ke sisi yang lain melalui suatu media.