

Analisis Kekuatan Kaca Pengaman Berlapis Untuk Bahan Bangunan

Muhammad Firdausi¹⁾ Febri Ubaidillah²⁾
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jl. Moh Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta 12640 - Indonesia
E-mail : mmfirdausi@istn.ac.id

ABSTRACT

The use of glass as a building material has been recognized since the 17th century. Glass can be a major component of building materials, although it still requires other supporting elements as a frame or reinforcement. Laminated safety glass is one of the glass commodities that concern the safety of its users, in case of damage it will be resisted by polyvinyl butyral (PVB) to keep the glass layer bonded even when broken, this results in a spider web cracking pattern. Layered safety glass is widely used in building parts such as walls, roofs, floors and stairs. Testing of safety glass for buildings refers to SNI 15-2609-2006. The tests carried out included resistance to impact pocket collisions and resistance to impact from steel balls. The results of the impact bag impact test from a collision height of 30 cm the test sample did not occur cracks and breaks and at a height of 75 cm the test sample cracked but the impact bag did not penetrate the test sample, so the test sample met the requirements to pass the test while at a height of 120 cm the test sample cracks and breaks then the coated safety glass does not meet the requirements to pass the test, at 2 collision heights and 2 drop heights the test sample balls meet the test requirements while at 1 impact height and 1 drop height the test sample balls do not meet the test pass requirements

Keywords: *coated safety glass, impact bag test, steel ball impact test.*

I. PENDAHULUAN

Kaca merupakan material yang sudah lama di kenal, bahkan sejak ribuan tahun yang lalu. Penggunaannya sebagai bahan untuk bangunan mulai di kenal sejak abad ke-17. pada abad ke-20 penggunaan kaca untuk bangunan di dukung oleh perkembangan industrialisasi dan penemuan teknologi dalam pengolahan dan produksi kaca.

Begitu kuat efek yang bisa di timbulkan oleh kaca membuat banyak perancang bangunan memilih kaca sebagai “pembungkus” dan atau “pengisi” sebuah bangunan atau gedung. Terlebih lagi dengan kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan kaca bisa menjadi elemen utama bangunan bahkan yang bersifat penahan beban atau *structural*, walaupun masih memerlukan elemen pendukung lainnya sebagai rangka atau penguatnya (dinding kaca, atap kaca, lantai dan tangga kaca), tetap tidak menutup kemungkinan

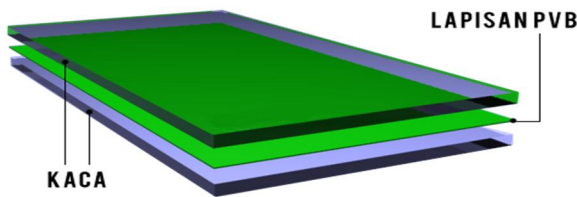
akan muncul penggunaan kaca *solid* sebagai penahan beban tanpa adanya elemen pendukung. Dengan demikian kaca dapat menggantikan peran material lainnya seperti batu bata. Adapun Jenis kaca yang dapat digunakan untuk bangunan atau gedung sebenarnya cukup beragam. Kaca bening, kaca warna, kaca es, kaca reflektif, kaca *tempered*, kaca *laminated*.

Pengujian dan analisa dilakukan terhadap kaca pengaman yang terdiri dari dua lembar kaca atau lebih, yang di rekatkan satu sama lain dengan menggunakan satu atau lebih lapisan plastik (*polyvinyl butyral film / PVB*) baik berwarna atau tidak. Pegujian dan analisa ini di harapkan mampu menghasilkan produk kaca pengaman dengan kekuatan dan ketahanan kaca yang sangat tinggi, karena lapisan plastik PVB menahan penetrasi dari benturan. Bahkan jika kaca pecah, serpihan akan menempel pada *polyvinyl butyral* dan tidak menyebar (tidak terpecah menjadi puing-puing).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kaca Pengaman Berlapis

Kaca pengaman berlapis merupakan salah satu komoditi kaca yang menyangkut keamanan penggunaannya, yang memerlukan perlindungan terhadap dampak buruk dari bencana alam seperti gempa bumi dan angin kecepatan tinggi. Penggunaan kaca pengaman berlapis untuk bangunan biasanya diaplikasikan pada bagian bangunan seperti, dinding, atap, lantai dan tangga dimana kaca pengaman berlapis adalah jenis kaca pengaman yang dapat disatukan saat hancur. Dalam hal pecah itu ditahan oleh *polyvinyl burtyral* (PVB) menjaga lapisan kaca tetap terikat bahkan ketika pecah, dan kekuatannya yang tinggi mencegah kaca tersebut pecah menjadi potongan - potongan besar yang tajam. Ini menghasilkan pola retak “jaring laba - laba” ketika dampaknya tidak cukup untuk menembus kaca sepenuhnya.



Gambar 2.1. Kaca pengaman berlapis
 Sumber : muranoglassindo.com



Gambar 2.2. Kaca pengaman berlapis terkena benturan
 Sumber: muranoglassindo.com

2.5. Klasifikasi Pengujian

Klasifikasi pengujian kaca pengaman berlapis untuk bangunan di klasifikasikan

berdasarkan bentuk permukaannya, ada dua bentuk permukaan yang di maksud yaitu kaca berlapis datar dan kaca berlapis lengkung. Dalam tahapan pengujian yang sudah dilakukan sesuai standar nasional 15-2609-2006 adalah kaca berlapis datar, seperti yang disajikan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Klasifikasi Pengujian

Klasifikasi	Lambang	Karakteristik
Kelas II-1	L II-1	Kaca laminated rata yang memenuhi persyaratan pada ketinggian 120 cm.
Kelas II-2	L II-2	Kaca laminated rata yang memenuhi persyaratan pada ketinggian 75 cm.
Kelas III	L III	Kaca laminated rata yang terdiri atas dua lembar kaca dengan jumlah tebal 16 mm atau kurang dan dapat memenuhi persyaratan pada ketinggian 30 cm.

Sumber : www.bbk.go.id

2.7. Metode uji

Metode yang digunakan untuk pengujian adalah metode perbandingan dengan standar nasional 15-2609-2006 (kaca pengaman berlapis untuk bangunan dan mebelair), metode perbandingan ini digunakan sebagai tolak ukur kualitas produk bagi perusahaan agar diketahui produk yang di inginkan mencapai hasil yang sesuai standar nasional.

III. METODOLOGI

3.1. Perencanaan Pengujian

Pengujian kaca pengaman untuk bangunan mengacu pada standar nasional 15-2609-2006 (kaca pengaman berlapis untuk bangunan dan mebelair).

Tabel 3.1 Spesifikasi sample uji

No.	Tipe/Jenis/Ukuran	Merek	Dikirim ke Lab. Uji	Arsip Perusahaan	Jumlah Contoh
1	Tebal (5,0+0,38+5,0)mm	MGM			
	- Kaca Sebenarnya		3 lembar	3 lembar	6 lembar
	- 610 x 610		5 lembar	5 lembar	10 lembar
	- 300 x 300		6 lembar	6 lembar	12 lembar
	- (865±3) x (1930±3)		5 lembar	5 lembar	10 lembar
2	Tebal (8,0+0,76+8,0)mm	MGM			
	- Kaca Sebenarnya		3 lembar	3 lembar	6 lembar
	- 610 x 610		5 lembar	5 lembar	10 lembar
	- 300 x 300		6 lembar	6 lembar	12 lembar
	- (865±3) x (1930±3)		5 lembar	5 lembar	10 lembar

Sumber : PT. Murano Glassindo Makmur

pengujian yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian ketahanan terhadap benturan kantung pembentur.

2. Pengujian ketahanan terhadap benturan bola baja.

3.2. Bahan dan Alat Uji

3.2.1. Bahan Uji

Clear glass / kaca bening dengan ketebalan kaca dan ketebalan *polyvinyl butyral* (5,0 + 0,38 + 5,0) mm, (6,0 + 0,38 + 6,0) mm, (8,0 + 0,76 + 8,0) mm, (10 + 0,76 + 10) mm.

3.2.2. Alat Uji

Untuk melakukan pengujian ini, alat uji yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Alat ukur ketebalan (*Thickness gauge*)



Gambar 2.9 Alat ukur Ketebalan (*thickness gauge*)
Sumber : infondt.wordpress.com

Gambar 2.9 Di atas menunjukkan cara kerja dari perangkat *thickness gauge* dengan menjepitkan perangkat ini ke benda yang hendak diuji atau ukur, lalu hasil dari ketebalan benda secara langsung dapat dilihat pada layar display perangkat *thickness gauge* tersebut.

b. Alat uji ketahanan benturan terhadap kantung pembentur.



Gambar 2.10 Bingkai Baja Dan Kantung Pembentur
Sumber : indonesian.test-machine.com

Gambar 2.10. Di atas menunjukkan cara kerja dari bingkai baja untuk menempatkan atau menjepit sampel uji dan kantung pembentur untuk uji benturan terhadap sampel uji dengan ketinggian benturan sesuai prosedur pengujian.

c. Alat uji benturan bola baja



Gambar 2.11 Bingkai Dan Bola Baja
Sumber : indonesian.test-machine.com

Gambar 2.11 Di atas menunjukkan cara kerja dari bingkai untuk menempatkan sampel uji dan bola baja untuk uji benturan jatuhnya bola terhadap sampel uji dengan ketinggian jatuhnya bola sesuai prosedur pengujian.

3.6. Pelaksanaan Pengujian.

3.6.1. Uji ketahanan terhadap benturan kantung pembentur

Pengujian ketahanan terhadap benturan kantung pembentur menggunakan lima lembar contoh kaca pengaman berlapis dengan ukuran 865 mm x 1930 mm berikut proses pengujian.

- Sebelum pengujian contoh harus di biarkan selama 4 jam dalam ruangan dengan suhu ($23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$).
- Secepatnya tempatkan contoh uji pada bingkai, jepit dengan sub bingkai dan kencangkan tidak lebih dari 15 % dari tebal aslinya.
- Periksa jarak antara diameter terbesar pembentur dalam keadaan tergantung bebas dengan contoh uji maksimum 13 mm pada radius 50 mm dari titik pusat contoh uji (Lampiran 2).
- Naikan pembentur (ketinggian di ukur dari pusat diameter terbesar dengan garis horizontal), 120 cm untuk kelas II-1, 75 cm untuk kelas II-2 dan 30 cm untuk kelas III.

- Waktu dari pengkondisian sampai dengan pengujian maksimum 10 menit.
- e. Perika hasil uji sesuai dengan prosedur pengujian.
 - f. Untuk kelas III bila tidak pecah, naikkan ketinggian sesuai tabel 3.2 dibawah ini sampai kedua lapisan kaca pecah, bila hanya satu lapis yang pecah lakukan benturan pada sisi sebaliknya.

Tabel 3.2 Kenaikan tinggi benturan

	Kenaikan tinggi benturan		
Tinggi benturan	30 cm	75 cm	120 cm

Sumber : www.bbk.go.id

Tabel 3.2. Di atas menunjukkan prosedur kenaikan tinggi benturan sesuai SNI 15-2609-2006.

3.6.2. Uji ketahanan terhadap benturan bola baja

Pengujian ketahanan benturan terhadap bola baja menggunakan lima lembar contoh kaca pengaman berlapis dengan ukuran 610 mm x 610 mm berikut proses pengujiannya.

- a. Contoh uji kaca berlapis adalah kaca datar yang sejenis dan mempunyai tebal seperti produk asli dan di buat dengan metode yang sama dengan produk aslinya. Kaca tersebut harus merupakan kaca berlapis yang berukuran 610 mm x 610 mm.
- b. Sebelum pengujian harus di biarkan minimum 4 jam dalam ruangan dengan suhu(27 °C ± 4°C).
- c. Contoh uji harus di sangga dengan suatu kerangka besi seperti pada lampiran 7, untuk menjaga agar permukaan kaca tetap pada kedudukn horizontal pada saat uji benturan.
- d. Suatu bola baja di tempatkan pada ketinggian sesuai prosedur pengujian dari permukaan contoh uji dan bola di jatuhkan bebas tanpa suatu tenaga dari keadaan diam ke permukaan contoh uji. Titik bentur bola harus di sekitar titik pusat permukaan contoh dan maksimum 25 mm pergeserannya. Benturan hanya

di lakukan satu kali terhadap 1 contoh uji dan uji di lakukan pada suhu kamar.

- e. Amati kondisi pecahannya bila satu atau lebih penyusun lembaran kaca berlapis pecah.
- f. Apabila tidak terjadi pecah, naikkan ketinggian benturannya sesuai tingkat ketinggian jatuhnya bola seperti tabel 3.3 dan amati kondisi pecahannya bila satu atau lebih penyusun lembaran kaca berlapis pecah.

Tabel 3.3 Ketinggian jatuhnya bola pada uji bola jatuh

	Ketinggian Jatuhnya Bola		
Tinggi bola baja	30 cm	75 cm	120 cm

Sumber : www.bbk.go.id

Tabel 3.3. menunjukkan prosedur ketinggian jatuhnya bola sesuai SNI 15-2609-2006.

3.7. Metode analisis hasil pengujian

Metode yang digunakan untuk mengetahui hasil pengujian adalah perbandingan dari pengujian - pengujian berupa pengujian benturan kantung pembentur, dan pengujian benturan bola baja menghasilkan data- data yang dapat di bandingkan dengan SNI 15-2609-2006. Metode perbandingan ini digunakan sebagai tolak ukur kualitas produk bagi perusahaan agar diketahui produk yang di inginkan mencapai hasil yang sesuai standar.

IV. PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian kaca pengaman berlapis sebagai bahan untuk bangunan didapatkan tingkat kekuatan dan ketahanan kaca berdasarkan SNI 15-2609-2006 (kaca pengaman berlapis untuk bangunan dan mebelair).

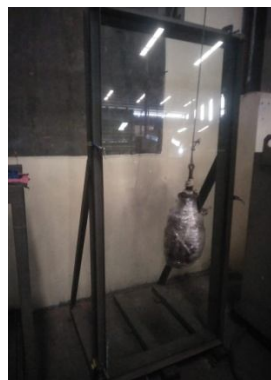
4.1.1. Data Hasil Uji Benturan Kantung Pembentur

Dari hasil uji benturan kantung pembentur pada kaca pengaman berlapis sebagai material

selubung untuk bangunan didapatkan hasil seperti yang di sajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil uji Benturan Kantung Pembentur.

Tinggi benturan	Tebal kaca	Tebal PVB	Hasil uji
30 cm	5.0 mm + 5.0 mm	0,38 clear	Lulus uji
30 cm	6.0 mm + 6.0 mm	0,38 clear	Lulus uji
30 cm	8.0 mm + 8.0 mm	0,76 clear	Lulus uji
30 cm	10 mm + 10 mm	0,76 clear	Lulus uji
75 cm	5.0 mm + 5.0 mm	0,38 clear	Lulus uji
75 cm	6.0 mm + 6.0 mm	0,38 clear	Lulus uji
75 cm	8.0 mm + 8.0 mm	0,76 clear	Lulus uji
75 cm	10 mm + 10 mm	0,76 clear	Lulus uji
120 cm	5.0 mm + 5.0 mm	0,38 clear	Tidak Lulus uji
120 cm	6.0 mm + 6.0 mm	0,38 clear	Tidak Lulus uji
120 cm	8.0 mm + 8.0 mm	0,76 clear	Tidak Lulus uji
120 cm	10 mm + 10 mm	0,76 clear	Tidak Lulus uji



Gambar 4.1. Uji benturan pada ketinggian 30 cm

Gambar 4.1. Menunjukkan hasil uji benturan kantung pembentur pada sampel uji dengan ketinggian benturan 30 cm.



Gambar 4.2. Uji benturan pada ketinggian 75 cm
Gambar 4.2. Menunjukkan hasil uji benturan kantung pembentur pada sampel uji dengan ketinggian benturan 75 cm.



Gambar 4.3. Uji benturan pada ketinggian 120 cm
Gambar 4.3. Menunjukkan hasil uji benturan kantung pembentur pada sampel uji dengan ketinggian benturan 120 cm.

Hasil uji benturan kantung pembentur dari ketinggian benturan 30 cm sampel uji tidak terjadi retak dan pecah dan pada ketinggian 75 cm sampel uji terjadi retak namun kantung pembentur tidak sampai menembus sampel uji, maka sampel uji tersebut memenuhi syarat lulus uji sedangkan pada ketinggian 120 cm sampel uji terjadi retak dan pecah maka kaca pengaman berlapis tersebut tidak memenuhi syarat lulus uji.

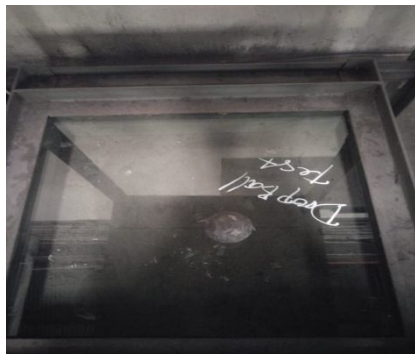
Tabel 4.2. Hasil Uji Benturan Bola Baja.

Tinggi benturan	Tebal kaca	Tebal PVB	Hasil uji
30 cm	5.0 mm + 5.0 mm	0,38 clear	Lulus uji
30 cm	6.0 mm + 6.0 mm	0,38 clear	Lulus uji
30 cm	8.0 mm + 8.0 mm	0,76 clear	Lulus uji
30 cm	10 mm + 10 mm	0,76 clear	Lulus uji
75 cm	5.0 mm + 5.0 mm	0,38 clear	Lulus uji
75 cm	6.0 mm + 6.0 mm	0,38 clear	Lulus uji
75 cm	8.0 mm + 8.0 mm	0,76 clear	Lulus uji
75 cm	10 mm + 10 mm	0,76 clear	Lulus uji
120 cm	5.0 mm + 5.0 mm	0,38 clear	Tidak Lulus uji
120 cm	6.0 mm + 6.0 mm	0,38 clear	Tidak Lulus uji
120 cm	8.0 mm + 8.0 mm	0,76 clear	Tidak Lulus uji
120 cm	10 mm + 10 mm	0,76 clear	Tidak Lulus uji

Tabel 4.2. Menunjukkan hasil pengujian benturan kantung pembentur dengan ketebalan kaca dan ketinggian benturan sesuai prosedur pengujian.

4.1.2. Data Hasil Uji Benturan Bola baja

Dari hasil uji benturan bola baja pada kaca pengaman berlapis sebagai bahan untuk bangunan didapatkan hasil seperti yang di sajikan pada tabel 4.2.



Gambar 4.4. Uji benturan pada ketinggian 30 cm.

Gambar 4.4. Menunjukkan hasil uji benturan bola baja pada sampel uji dengan ketinggian jatuhnya bola 30 cm.



Gambar 4.5. Uji benturan pada ketinggian 75 cm.

Gambar 4.5. Menunjukkan hasil uji benturan bola baja pada sampel uji dengan ketinggian jatuhnya bola 75 cm.



Gambar 4.6. Uji Benturan pada ketinggian 120 cm

Gambar 4.6 menunjukkan hasil uji benturan bola baja pada sampel uji dengan ketinggian jatuhnya bola 120 cm. Hasil dari uji benturan bola baja dengan ketinggian jatuhnya bola 30 cm sampel uji tidak terjadi retak dan pecah sampel uji tersebut memenuhi syarat lulus uji dan pada ketinggian 75 cm kaca pengaman berlapis terjadi retak dan pecah tetapi bola baja tidak sampai menembus sampel uji dan pecahannya tidak sampai terlepas dari lapisan plastik *polyvinyl butyral* tetap memenuhi syarat lulus uji, sedangkan pada ketinggian 120 cm kaca pengaman berlapis terjadi retak dan pecah dan bola baja menembus sampel uji maka sampel uji tersebut tidak memenuhi syarat lulus uji.

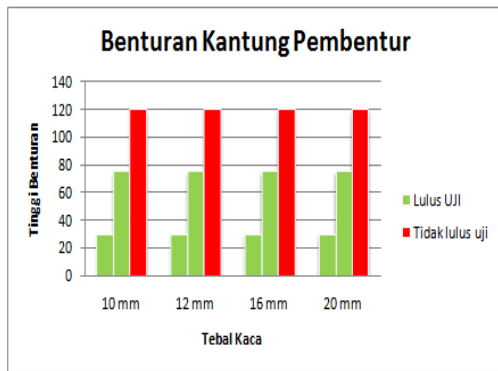
4.2. Analisis data hasil pengujian

Dilakukan studi atau analisis hasil pengujian sampel uji kaca pengaman berlapis menggunakan metode perbandingan, standar yang digunakan adalah SNI 15-2609-2006 dan

standar internal (perusahaan) ini mengacu kepada standar nasional.

4.2.1. Analisis hasil uji terhadap benturan kantung pembentur

Analisis hasil pengujian kaca pengaman berlapis yang dilakukan menggunakan alat uji benturan kantung pembentur dengan ketebalan kaca dan ketinggian benturan sesuai dengan prosedur pengujian.



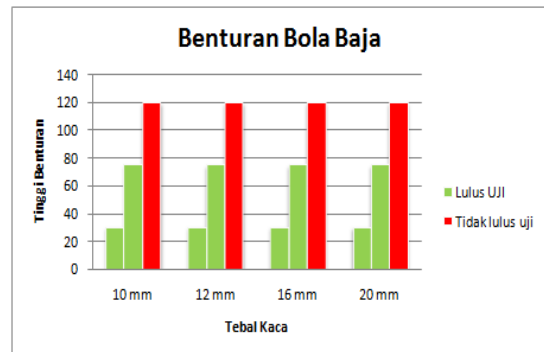
Gambar 4.7. Grafik Uji benturan kantung pembentur.

Menunjukkan hasil dari ketinggian benturan 30 cm sampel uji tidak terjadi retak dan pecah dan pada ketinggian 75 cm sampel uji terjadi retak namun kantung pembentur tidak sampai menembus sampel uji, maka sampel uji tersebut memenuhi syarat lulus uji sedangkan pada ketinggian 120 cm sampel uji terjadi retak dan pecah maka kaca pengaman berlapis tersebut tidak memenuhi syarat lulus uji. Hasil yang didapat dari pengujian benturan kantung pembentur dapat dibuat grafik variasi komposisi bisa dilihat pada gambar 4.7.

4.2.2. Analisis Hasil Uji ketahanan terhadap benturan bola baja

Analisis hasil pengujian sampel uji kaca pengaman berlapis yang dilakukan menggunakan alat uji benturan bola baja dengan ketinggian jatuhnya bola sesuai prosedur pengujian. Menunjukkan hasil dari ketinggian jatuhnya bola 30 cm sampel uji tidak terjadi retak dan pecah sampel uji tersebut memenuhi syarat lulus uji dan pada ketinggian 75 cm kaca pengaman berlapis

terjadi retak dan pecah tetapi bola baja tidak sampai menembus sampel uji dan pecahannya tidak sampai terlepas dari lapisan plastik *polyvinyl butyral* tetap memenuhi syarat lulus uji, sedangkan pada ketinggian 120 cm kaca pengaman berlapis terjadi retak dan pecah dan bola baja menembus sampel uji maka sampel uji tersebut tidak memenuhi syarat lulus uji. Hasil yang di dapat dari pengujian benturan bola baja dapat di buat grafik variasi komposisi bisa dilihat pada gamabar 4.8.



Gambar 4.8. Grafik Uji benturan bola baja.

5.1. SIMPULAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Pengujian sampel uji kaca pengaman berlapis ini sesuai prosedur SNI 15-2609-2006 (kaca pengaman berlapis untuk bangunan dan mebelair) berdasarkan uji benturan kantung pembentur dan uji benturan bola baja, dengan klasifikasi pengujian dimulai dari kelas III pada ketinggian 30 cm, kelas II-2 pada ketinggian 75 cm dan kelas II-1 pada ketinggian 120 cm.
- Sample uji kaca pengaman berlapis yang sudah dilakukan uji benturan kantung pembentur, benturan bola baja pada dua ketinggian benturan dan dua ketinggian jatuh bola sampel uji memenuhi syarat lulus uji. Sedangkan pada satu ketinggian benturan dan satu ketinggian jatuh bola sampel uji tidak memenuhi syarat lulus.

Daftar Pustaka

- Adryanta, Kaca Sebagai Struktur Pada Bangunan, Skripsi, 2008, Universitas Indonesia, Depok.

2. MGM *safety glass*.2019
<https://muranoglassindo.com> [di akses tanggal 12 juli 2020]
3. Polyvinyl Butyral (PVB) film untuk kaca laminated safety.
<http://m.id.reevo-industrial.com> [di akses pada tanggal 20 juli 2020]
4. SNI 15-2609-2006 - Kaca building laminated dan mebelair. Dokumen PT. Murano Glassindo Makmur.
5. Cara membuat kaca menjadi lebih aman (*safety glass*).
<https://himalayaabadi.com> [diakses pada tanggal 23 juli 2020]
6. Penerapan Material Kaca Dalam Arsitektur. Jurnal.untan.ac.id [Diakses pada tanggal 23 juli 2020]
7. Kaca Dalam Arsitektur. Journal.fp.unila.ac. id [diakses pada tanggal 27 November 2020]
8. Aplikasi Kaca pada Perancangan Desain Interior dan Arsitektur. Journal.binus.ac.id [Diakses pada tanggal 24 desember 2020]
9. Kuat Tekan Beton Serat Menggunakan Variasi Fibre Optic dan Pecahan Kaca. Journal.umy.ac.id [Diakses pada tanggal 24 desember 2020]
10. Sensasi Lantai dari Kaca, Inilah Kekuatan dan Spesifikasi Idealnya. Idea.grid.id [Diakses pada tanggal 27 desember 2020]