



Pedoman Desain Selubung Bangunan

PERAFI

Jakarta, Januari 2025

**PETUNJUK MINIMUM PERANCANGAN DESAIN
SELUBUNG BANGUNAN**
(Facade Design Guideline)

Diterbitkan oleh PERAFI

Minimum Perancangan Desain Selubung Bangunan ini yang boleh diperbanyak atau digunakan dalam bentuk apa pun dan dengan cara apa pun, baik elektronik maupun mekanis, termasuk fotokopi dan mikrofilm, tanpa izin tertulis dari **PERAFI**.

Dokumen ini harus dibaca dan dipahami secara keseluruhan. Pembaca dilarang menyalin, menggandakan, atau menggunakan hanya sebagian dari dokumen ini, karena penggunaan atau penafsiran secara parsial dapat menyebabkan kesalahpahaman atau penerapan yang tidak tepat.

Untuk memastikan pemahaman yang akurat dan kepatuhan yang benar terhadap regulasi ini, pembaca harus selalu merujuk pada dokumen lengkap dalam bentuk aslinya. Segala bentuk interpretasi atau penerapan yang hanya berdasarkan bagian tertentu dari dokumen ini dapat berakibat pada kesalahan atau konsekuensi yang tidak diinginkan.

Apabila terdapat ketidakjelasan atau diperlukan klarifikasi lebih lanjut, pembaca sangat dianjurkan untuk menghubungi penerbit secara langsung guna memperoleh panduan resmi.

Permohonan izin dapat dikirimkan ke: contact@perafi.org

Daftar isi

Daftar isi.....	3
Kata Pengantar 1	5
Kata Pengantar 2	6
Daftar Tabel.....	8
Daftar Gambar	8
Prakata.....	10
Daftar Singkatan.....	11
1.0 Umum	12
1.1 Ruang Lingkup	12
1.2 Daftar Rujukan Utama	13
1.3 Daftar Rujukan Tambahan	19
1.4 Definisi.....	19
2.0 Jenis dan Karakteristik Sistem Selubung Bangunan	21
2.1 Sistem Dinding Jendela (Window Wall)	21
2.2 Sistem Dinding Tirai (Curtain Wall)	22
2.3 Sistem Dinding Kaca (Glass Wall System)	23
2.4 Sistem Jendela Atap (Skylight)	25
2.5 Sistem Selubung Bangunan dengan Pemalutan Bahan Logam (Metal Cladding)	26
2.6 Sistem Selubung Bangunan dengan Pemalutan Batu (Stone Cladding)	28
2.7 Sistem Pemasangan: Sistem Stick (Stick System)	29
2.8 Sistem Pemasangan: Semi-unitized/Cassette System	31
2.9 Sistem Pemasangan: Unitized System	32
2.10 Jendela dan Ventilasi Terbuka	34
3.0 Kriteria Ketahanan Desain Selubung Bangunan Akibat Beban dan Lendutan	36
3.1 Umum.....	36
3.2 Kriteria Beban.....	36
3.3 Kriteria Batas Lendutan	41
4.0 Material Selubung Bangunan	43
4.1 Umum.....	43

4.2	Baja.....	43
4.3	Aluminium Extrusi	43
4.4	Aluminium Panel	44
4.5	Finishing Aluminium.....	45
4.6	Kaca	46
4.7	Sealant.....	56
4.8	Gasket.....	57
4.9	Hardware / Ironmongeries.....	58
4.10	Batu (Stone)	58
4.11	Pengencang dan Perekat (Fixings and Fasteners)	60
4.12	Material Lain	60
5.0	Kriteria Keselamatan Desain Selubung Bangunan	61
5.1	Umum.....	61
5.2	Kriteria Minimum Selubung Bangunan	63
6.0	Kriteria Kenyamanan Selubung Bangunan	69
6.1	Umum.....	69
6.2	Kenyamanan terhadap Panas (Thermal)	69
6.3	Kenyamanan Visual	69
6.4	Kenyamanan Akustik	70
7.0	Kriteria Daya Tahan dan Umur Selubung Bangunan	71
7.1	Umum.....	71
7.2	Kriteria Komponen Selubung Bangunan	71
8.0	Prosedur Uji Kinerja Selubung Bangunan.....	73
8.1	Umum.....	73
8.2	Pengujian Performa Fasad Prototipe (Performance Mock-up Test)	73
8.3	Pengujian di lapangan (Site Field Test).....	76
9.0	Perawatan dan Inspeksi Selubung Bangunan	78
9.1	Umum.....	78
9.2	Perawatan	78
9.3	Inspeksi (Audit).....	78
9.4	Perbaikan.....	82
10.0	Daftar Pustaka	83
	TIM PENYUSUN dan TIM PENGUJI.....	84
	PENUTUP	85
	Ucapan Terima kasih.....	85

Kata Pengantar 1

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah, Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, PERAFI dengan dukungan dari IAI Jakarta, telah menyelesaikan pembuatan EBook dengan topik Petunjuk Minimum Desain Selubung Bangunan.

Buku ini hadir sebagai panduan penting bagi para perencana bangunan dalam memahami lebih dalam tentang peran fasade, yang bukan hanya berperan sebagai elemen estetika, tetapi juga komponen krusial dalam meningkatkan performa bangunan dan lingkungan.

Di era arsitektur modern yang semakin menuntut efisiensi energi dan keberlanjutan, fasade bangunan memiliki peran strategis dalam mengatur suhu dalam ruangan, mengoptimalkan pencahayaan alami, serta mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan. Dengan perancangan yang tepat, selubung bangunan dapat menjadi solusi untuk menciptakan lingkungan binaan yang lebih nyaman, hemat energi, dan ramah lingkungan.

Saya berharap Petunjuk Minimum Desain Selubung Bangunan ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi para arsitek, insinyur, dan praktisi di bidang perancangan bangunan. Semoga informasi yang disajikan dapat menginspirasi lahirnya inovasi-inovasi baru dalam teknologi desain fasade, sehingga kita dapat terus berkontribusi dalam menciptakan bangunan yang lebih baik dan lebih aman bagi masyarakat dan lingkungan.

Selamat membaca dan berkarya!

Ar. Teguh Aryanto, IAI
Ketua Umum IAI Jakarta
Periode 2024 -

Kata Pengantar 2

Seiring dengan pertumbuhan bangunan gedung di Jakarta dan Indonesia, panduan minimum teknis selubung sangat dibutuhkan bagi pelaku bangunan, seperti Pemilik bangunan, tim perencana, pelaksana dan pemeliharaan. Selubung bangunan memiliki peran penting baik itu ke dalam bangunan dan ke lingkungan di luar bangunan.

Beberapa aspek penting berkaitan dengan keandalan selubung yang memberikan dampak bagi penghuni bangunan adalah keselamatan, keamanan, kesehatan dan kenyamanan. Sementara itu selubung bangunan juga memiliki kontribusi ke keindahan wajah kota, kesehatan keselamatan dan keseimbangan lingkungan.

1. Pengembang atau Pemilik Bangunan yang mempertimbangkan aspek biaya, nilai ekonomis bangunan sertaantisipasi sistem pemeliharaan dan operasionalnya;
2. Regulator dalam hal keselamatan penghuni terhadap kebencanaan kebakaran, angin rebut, gempa, keamanan dari perilaku manusia di selubung bangunan serta dampak efek gas rumah kaca/ pemanasan lingkungan atau *urban heat island*;
3. Perencana dalam mengeksplorasi desain, bentuk, seleksi material dan perhitungan struktur/engineering serta konservasi energi ;
4. Akademisi, melalui kajian/risetnya;
5. Pelaksana bangunan dalam hal mengelola aspek biaya melalui seleksi material dan metoda konstruksi optimum;
6. Industri material selubung bangunan gedung dan lingkungan berkaitan, dengan inovasi dan keandalan/*performance* material dan biaya.

Peraturan berkaitan dengan selubung bangunan ini telah diterapkan di beberapa negara, termasuk Singapura, berikut manual asesmen pemeliharaan untuk menjamin keandalan. Dalam upaya menambahkan dan melengkapi lingkup spesifik dari peraturan bangunan gedung yang ada saat ini, Persatuan Ahli Façade Indonesia (PERAFI) sebagai Spesialis / Tenaga Ahli Selubung Bangunan mendukung kegiatan ini secara konsisten, yang dijalankan selama lebih dari 3 (tiga) tahun. Di tahun 2019-2021, membangun kesadaran melalui seminar diskursus Façade dan Arsitektur, 2021-2024 kajian Panduan Minimum Teknis Selubung bangunan digulirkan dan dirampungkan sebagai *technical living document*. Tujuan utama / *ultimate* dari panduan teknis minimum ini sendiri adalah Peraturan Teknis Perencanaan, Pelaksanaan dan Pemeliharaan Selubung Bangunan yang bersifat Regulasi, sebagai upaya menjamin terlaksananya sistem selubung bangunan yang andal dan dapat dipertanggungjawabkan bagi keselamatan, keamanan, kenyamanan penghuni serta mendukung isu keberlanjutan.

Apresiasi besar kami kepada upaya yang telah dilaksanakan rekan-rekan PERAFI , didukung bersama Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Pemerintah Provinsi Jakarta, Ikatan Arsitek Indonesia Jakarta, Asosiasi Kaca Lembaran dan Pengaman, Akademisi dan pemangku kajian lainnya. Panduan ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi semua pihak dalam meningkatkan kualitas selubung bangunan di Jakarta dan Indonesia.

Semoga menjadi manfaat dan inspirasi inovasi. Terimakasih.

Salam Lestari,
Ar. Doti Windajani, IAI, AA
Ketua Umum IAI Jakarta
Periode 2021 - 2024

Daftar Tabel

Tabel 1 Daftar berat jenis *material selubung bangunan	37
Tabel 2 Desain *kecepatan angin	38
Tabel 3 Jenis Batu dan Ketebalan Minimum.....	59

Daftar Gambar

Gambar 1 - Sistem <i>Dinding jendela</i>	21
Gambar 2 - Sistem <i>Curtain wall</i>	22
Gambar 3 - Sistem Dinding Kaca dengan dukungan <i>glass fin</i>	24
Gambar 4 - Sistem Dinding Kaca dengan dukungan kabel jaring (<i>cable net</i>)	24
Gambar 5 - Sistem Jendela Atap (<i>Skylight</i>).....	25
Gambar 6 - Sistem Selubung Bangunan dengan Pemalutan Bahan Logam (<i>Metal Cladding</i>)	27
Gambar 7 - Sistem <i>Stone Cladding</i>	28
Gambar 8 - Sistem <i>stick curtain wall</i>	29
Gambar 9 - Sistem semi-unitized curtain wall.....	31
Gambar 10 - Sistem Unitized Curtain Wall	32
Gambar 11 - Sistem Jendela dan Ventilasi Terbuka.....	34
Gambar 12 – Efek Penurunan Struktur Lantai Pada Selubung Bangunan (CWCT TN56, 2007).....	40
Gambar 13 – Efek Goyangan Struktur Pada Selubung Bangunan (CWCT TN56, 2007)	40
Gambar 14 - Gambar pecahan kaca diperkuat.....	48
Gambar 15 - Gambar pecahan kaca diperkeras	48
Gambar 16 – Contoh Penggunaan kaca diperkeras.....	49
Gambar 17 – Gambar Kaca Berlapis.....	50
Gambar 18 - Area yang wajib menggunakan kaca berlapis.....	51
Gambar 19 – Kaca Isolasi.....	52
Gambar 20 – Gambar Kaca Tahan Api	53
Gambar 21 – Gambar Kaca Tahan Api dengan metode multiple glass dan silicate layer atau clear fire resisting gel.....	54
Gambar 22 – Gambar Kaca Tahan Api	54
Gambar 23 – Gambar Kaca Anti Peluru	55

Gambar 24 – Penggunaan Sealant Cuaca dan Sealant Struktur pada Frame Aluminium	56
Gambar 25 – Skenario Kebakaran pada Selubung Bangunan (Dr. Ankit Sharma et al, 2024).....	61
Gambar 26 – Mekanisme perambatan api & termal pada selubung bangunan melalui celah perimter dan celah antar selubung bangunan eksterior (Dr. Ankit Sharma et al, 2024).....	62
Gambar 27 – Material Komposit Logam.....	64
Gambar 28 – Sistem Insulasi dan Finishing Eksterior serta Sistem Komposit Insulasi Eksterior.....	64
Gambar 29 – Panel Berlapis	65
Gambar 30 – GRC / GFRC / GFRP	65
Gambar 31 – Batu Alam atau Panel Terakota	65
Gambar 32 - Ilustrasi Penyetop Api, Isolasi berbahan <i>Mineral Wool</i> (Kuning) dengan <i>Smoke Seal</i> (Putih).....	66
Gambar 33. Mekanisme Perambatan Api pada Rongga selubung bangunan eskternal (Dr. Ankit Sharma et al, 2024)	67
Gambar 34 . Penggunaan Penghalang Rongga (<i>Cavity Fire Barrier</i>) berbasis Intumescent	68
Gambar 35 - Ilustrasi Pantulan <i>Specular</i> pada Selubung Bangunan.....	70
Gambar 36 – Penyusunan Umum Pengujian Kebocoran Udara (ASTM E 283, 2019). 74	
Gambar 37 – Penyusunan Umum Pengujian Kebocoran Air (ASTM E 331, 2023).....	75
Gambar 38 – Penyusunan Umum Pengujian Perbedaan Tekanan Udara (ASTM E 330, 2021).....	76
Gambar 39 – Ilustrasi Denah Gedung A	81
Gambar 40 – Ilustrasi Denah Gedung B	81

Prakata

Petunjuk Minimum Perancangan Selubung Bangunan Gedung ini disusun dengan tujuan untuk memberikan arahan mengenai hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam proses perencanaan selubung bangunan. Dua kriteria utama yang menjadi fokus dalam perencanaan dan perancangan selubung bangunan meliputi aspek keselamatan, yang memastikan ketahanan dan stabilitas terhadap berbagai beban, serta aspek kenyamanan, yang menjamin kondisi ideal bagi penghuni dan pengguna bangunan. Dengan panduan ini, diharapkan setiap elemen selubung bangunan dapat memenuhi standar yang diperlukan untuk mendukung keamanan dan kenyamanan secara optimal.

Daftar Singkatan

- AAMA - American Architectural Manufacturers Association
- AS - Australian Standard
- ASTM - American Society for Testing and Materials
- BCA - Building and Construction Authority
- BS - British Standard
- DKI - Daerah Khusus Ibukota
- EN - European Norm
- KBBI - Kamus Besar Bahasa Indonesia
- PFI - Periodic Facade Inspection
- PUPR - Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- SEM - Surat Edaran Menteri
- SNI - Standar Nasional Indonesia
- SS - Singapore Standard
- TKA - Tingkat Ketahanan Api

1.0 Umum

Petunjuk Minimum Perancangan Desain Selubung Bangunan adalah daftar acuan minimum yang harus dipertimbangkan dan dipenuhi dalam proses perencanaan serta perancangan desain selubung bangunan untuk kategori bangunan tertentu yang dijelaskan dalam sub-bab Ruang Lingkup. Penjelasan lebih detail yang berkaitan dengan perancangan selubung bangunan dapat mengacu pada lampiran. Rujukan tambahan yang digunakan dalam petunjuk ini dapat dilihat pada Daftar Pustaka.

1.1 RUANG LINGKUP

Petunjuk Minimum Perancangan Desain Selubung Bangunan wajib diterapkan untuk bangunan yang memerlukan perizinan dalam penyelenggaraan bangunan gedung, bangunan gedung baru yang difungsikan dan digunakan oleh masyarakat umum, seperti perkantoran, hunian dengan multi pengguna, pusat perbelanjaan, tempat ibadah, pelayanan kesehatan, atau tempat pertemuan dengan luas lantai minimal 2.500 m², maupun bangunan gedung baru dengan ketinggian lebih dari empat lantai atau lebih dari lima belas meter dari permukaan tanah. Bangunan yang dimaksud selanjutnya merujuk pada bangunan dalam ruang lingkup ini.

Petunjuk minimum perancangan desain selubung bangunan melingkupi dua aspek utama, yaitu keselamatan dan kenyamanan. Dalam aspek keselamatan terdapat empat hal yang perlu dipertimbangkan, antara lain adalah:

- besar pembebanan
- besar lendutan akibat pembebanan
- penggunaan kaca keselamatan, dan
- perlindungan dari kebakaran.

Sementara itu, aspek kenyamanan berfokus untuk mengurangi efek negatif penggunaan kaca terhadap lingkungan sekitarnya dan kenyamanan di dalam bangunan.

Bab dua menjelaskan berbagai karakteristik sistem selubung bangunan *curtain wall* (dinding tirai) yang meliputi *stick system*, *semi-unitized system*, dan *unitized system*. Bab tiga membahas aspek keselamatan dari pembebanan dan lendutan dengan lebih rinci. Selanjutnya, bab empat menerangkan perihal material, termasuk penggunaan kaca maupun material lain yang biasa digunakan sebagai selubung bangunan. Pada bab lima dibahas lebih lanjut keselamatan terhadap kebakaran, dengan capaian dari aspek ini untuk mengurangi kerugian ataupun korban yang disebabkan oleh bencana kebakaran. Bab enam mencantumkan penjelasan lebih detail terkait kriteria

kenyamanan selubung bangunan, sementara kriteria daya tahan selubung bangunan dielaborasikan pada bab tujuh.

Untuk mendukung aspek keselamatan dan kenyamanan dari selubung bangunan, bab delapan menjelaskan proses pengujian yang perlu dilakukan dalam proses konstruksi selubung bangunan, dan bab sembilan menerangkan perawatan serta inspeksi selubung bangunan.

1.2 **DAFTAR RUJUKAN UTAMA**

Daftar rujukan utama dalam negeri adalah Standar Nasional Indonesia (SNI) terbitan terbaru dan peraturan yang berlaku

- SNI 03-0573 Syarat umum jendela aluminium paduan
- SNI 03-1736 Tata cara perencanaan sistem proteksi pasif untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung
- SNI 03-6389 Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan gedung
- SNI 03-6197 Tata cara perancangan sistem Pencahayaan Alami dan Buatan
- SNI 15-0047 Kaca Lembaran
- SNI 1726 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
- SNI 1727 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.
- SNI 4756 Kaca cermin lemaran untuk penggunaan umum
- SNI 6197 Konservasi energi pada sistem pencahayaan
- SNI 8801 Kaca isolasi untuk ruang dan lemari pendingin
- SNI 9144 Kaca pengaman untuk bangunan dan panel
- SNI ISO 25537 Cermin kaca lembaran berlapis perak
- SNI ISO 21690 Kaca untuk bangunan – Blok kaca

- | | |
|---|---|
| ▪ SNI ISO 20492 | Kaca isolasi untuk bangunan |
| ▪ UU No. 2 tahun 2002 | Bangunan Gedung |
| ▪ Peraturan
Pemerintah No. 16
tahun 2021 | Penyelenggaraan Bangunan Gedung |
| ▪ SEM PUPR No 1 tahun
2022 | Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau |
| ▪ Peraturan Menteri
PUPR No. 2 tahun
2015 | Bangunan Gedung Hijau |
| ▪ Peraturan Menteri
PUPR No 21 tahun
2021 | Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau |

Daftar rujukan utama luar negeri:

- | | |
|-----------------|---|
| ▪ AAMAA TIR-A11 | <i>Maximum allowable deflection of framing systems for building cladding components at design wind</i> |
| ▪ AAMA 501.1 | <i>Standard test method for water penetration of windows, curtain walls and doors using dynamic pressure</i> |
| ▪ AAMA 501.2 | <i>Quality assurance and diagnostic water leakage field check of installed storefronts, curtain walls, and sloped glazing systems</i> |
| ▪ AAMA 2604 | <i>Voluntary specification, performance requirements and test procedures for high performance organic coatings on aluminium extrusions and panels (with coil coating appendix)</i> |
| ▪ AAMA 2605 | <i>Voluntary specification, performance requirements and test procedures for superior performing organic coatings on aluminium extrusions and panels (with coil coating appendix)</i> |
| ▪ AS 1288 | <i>Glass in Buildings - Selection and Installation</i> |
| ▪ ASCE-7-22 | <i>Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures</i> |
| ▪ AS HB 212 | <i>Design windspeed for the Asia-Pacific Region</i> |

- AS 1665 *Welding of aluminium structures*
- AS/NZS 1664 *Aluminium structures*
- AS/NZS 4284 *Testing of building facades*
- ASTM A240 *Standard specification for chromium and chromium-nickel stainless steel plate, sheet, and strip for pressure vessels and for general applications*
- ASTM C97 *Standard test methods for absorption and bulk specific gravity of dimension stone*
- ASTM C170 *Standard test method for compressive strength of dimension stone*
- ASTM C880 *Standard test method for flexural strength of dimension stone*
- ASTM C1036 *Standard specification for flat glass*
- ASTM C1048 *Standard specification for heat-strengthened and fully tempered glass*
- ASTM C1172 *Standard specification for laminated architectural flat glass*
- ASTM E 283 *Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Skylights, Curtain walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen*
- ASTM E330 *Structural Performances of Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors by Uniform Static Air Pressure Difference.*
- ASTM E 331 *Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference*
- ASTM E773 *Standard test method for accelerated weathering of sealed insulating glass units*
- ASTM E774 *Standard specification for the classification of the durability of sealed insulating glass units*
- ASTM E783 *Standard test method for field measurement of air leakage through installed exterior windows and doors*

- ASTM E2307 *Standard test method for determining fire resistance of perimeter fire barriers using intermediate-scale, multi-story test apparatus*

- BCA *Guidelines on Periodic Façade Inspection*

- BS 476 *Fire tests on building materials and structures*

Bagian 6 Method of test for fire propagation for products

Bagian 7 Method of test to determine the classification of the surface spread of flame of products

- BS 6262-4 *Glazing for buildings*

- BS 6399 *Loadings for buildings*

- BS 8414 *Test method for non-loadbearing external cladding systems applied to the face of the building*

- BS 952 *Glass for glazing*

Bagian 1 - Classification

Bagian 2 - Terminology for work on glass

- BS 1449 *Steel plate, sheet and strip. Carbon and carbon-manganese plate, sheet and strip.*

- BS 3987 *Specification for anodic oxidation coatings on wrought aluminium for external architectural applications*

- BS 6180 *Barriers in and about buildings. Code of practice*

- BS 6262 *Glazing for buildings*

- BS 6338 *Specification for chromated conversion coatings on electroplated zinc and cadmium coatings*

- BS EN 485-3 *Aluminium and aluminium alloys. Sheet, strip and plate. Tolerances on dimensions and form for hot-rolled products*

- BS EN 755 *Aluminium and aluminium alloys. Extruded rod/bar, tube and profiles*

Bagian 1 - Technical conditions for inspection and delivery

Bagian 2 - Mechanical properties

- Bagian 3 - Round bars, tolerances on dimensions and form*
 - Bagian 4 - Square bars, tolerances on dimensions and form*
 - Bagian 5 - Rectangular bars, tolerances on dimensions and form*
 - Bagian 6 - Hexagonal bars, tolerances on dimensions and form*
 - Bagian 7 - Seamless tubes, tolerances on dimensions and form*
 - Bagian 8 - Porthole tubes, tolerances on dimensions and form*
 - Bagian 9 - Profiles, tolerances on dimensions and form*
- BS EN 1011
 - Welding. Recommendations for welding of metallic materials.*
 - Bagian 1 - General guidance for arc welding*
 - Bagian 2 - Arc welding of ferritic steels*
 - Bagian 3 - Arc welding of stainless steels*
 - Bagian 4 - Arc welding of aluminium and aluminium alloys*
 - Bagian 5 - Welding of clad steel*
 - Bagian 6 - Laser beam welding*
 - Bagian 7 - Electron beam welding*
 - Bagian 8 - Welding of cast irons*
- BS EN 10025
 - Hot rolled products of structural steels. General technical delivery conditions*
- BS EN 10088
 - Stainless steels*
 - Bagian 1 - List of stainless steels*
 - Bagian 2 - Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for general purposes*

Bagian 3 - Technical delivery conditions for semi-finished products, bars, rods, wire, sections and bright products of corrosion resisting steels for general purposes

- BS EN 10219 *Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels. Technical delivery requirements*
- BS EN 12206 *Paints and varnishes. Coating of aluminium and aluminium alloys for architectural purposes. Coatings prepared from coating powder*
- BS EN 12844 *Zinc and zinc alloys. Castings. Specifications*
- BS EN 1999 *Eurocode 9: Design of aluminium structures. General structural rules*
- BS EN ISO 1456 *Metallic and other inorganic coatings. Electrodeposited coatings of nickel, nickel plus chromium, copper plus nickel and of copper plus nickel plus chromium*
- BS EN ISO 2063 *Thermal spraying. Zinc, Aluminium and their alloys*
- BS EN ISO 3506 *Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners. Bolts, screws and studs*
- BS EN ISO 6892 *Metallic materials. Tensile testing. Method of test at room temperature*
- ISO 11600 *Building construction – Jointing products – Classification and requirements for sealants*
- EN 13051-1 *Fire classification of construction products and building elements*
- ISO 1461 *Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specifications and test methods*
- SS 212 *Specification for aluminium alloy windows*
- SS 341 *Safety glazing materials for use in buildings (human impact considerations)*
- SS 555 *Code of practice for protection against lightning*

Bagian 1 - General principles

Bagian 2 - Risk management

Bagian 3 - Physical damage to structures and life hazard

Bagian 4 - Electrical and electronic systems within structures

- SS 653 *Code of practise for glazing in buildings – Safety related to human impact*
- SS 654 *Code of practice for curtain walls*

1.3 DAFTAR RUJUKAN TAMBAHAN

Daftar rujukan tambahan dalam negeri:

- SNI 03-6386 Spesifikasi tingkat bunyi dan waktu dengung dalam bangunan Gedung dan perumahan (kriteria desain yang direkomendasikan)

Daftar rujukan tambahan luar negeri:

- ASTM E966 *Standard Guide for Field Measurements of Airborne Sound Attenuation of Building Facades and Facade Elements*
- BS EN ISO 10140 *Acoustics — Laboratory measurement of sound insulation of building elements*
- BS 8233 *Guidance on sound insulation and noise reduction for buildings*

1.4 DEFINISI

Beban adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi (SNI 1727).

Dinding tirai (*curtain wall*) adalah selubung bangunan yang sebagian besar tersusun dari material kaca dengan frame aluminium atau bahan lain yang digunakan sebagai tampilan selubung bangunan, dan diletakkan di depan struktur bangunan.

Keselamatan adalah keadaan terbebas dari bahaya tanpa gangguan ataupun kerusakan (KBBI). Persyaratan keselamatan secara lengkap dapat ditemukan pada Peraturan Daerah Jakarta Nomor 7 Tahun 2010 tentang bangunan gedung, Paragraf 2 dari Pasal 55 sampai dengan Pasal 77.

Kenyamanan adalah keadaan nyaman, segar, sejuk (KBBI). Karyono (2008) dengan latar belakang arsitektur mendefinisikan kenyamanan dalam bangunan harus memenuhi aspek ruang, penglihatan atau estetika, pendengaran, dan suhu.

Kompartemen kebakaran adalah berdasarkan persyaratan teknis adalah bagian dari bangunan yang dipisahkan oleh dinding atau lantai yang mempunyai tingkat ketahanan api (TKA) tertentu (SNI 03-1736).

Lendutan adalah perubahan bentuk yang diakibatkan oleh beban. Lendutan dapat diartikan sebagai perubahan bentuk elemen struktur akibat pembebanan pada elemen tersebut.

Material adalah bahan yang digunakan untuk bangunan, khususnya selubung bangunan.

Mullion adalah elemen vertikal dari selubung bangunan (*curtain wall, window wall*).

Penyetop api (*firestop*) adalah segel yang digunakan untuk menutup celah dari sambungan apa pun antar elemen, komponen atau konstruksi dalam suatu bangunan untuk mencegah dan membatasi penetrasi asap dan api melalui celah sambungan tersebut.

Sealant adalah material yang digunakan untuk menutup celah pada selubung bangunan dan berfungsi untuk mencegah air masuk ke dalam bangunan

Selubung bangunan (*fasad*) adalah elemen bangunan yang menyelubungi bangunan gedung, yaitu dinding dan atap tembus atau yang tidak tembus cahaya dimana sebagian besar energi termal berpindah melalui elemen tersebut (SNI 03-6386).

Spandrel adalah bagian selubung bangunan (*fasad*) di depan struktur lantai, dan biasanya tidak dapat menyalurkan cahaya ke dalam bagian dalam bangunan.

Transom adalah elemen horizontal dari selubung bangunan (*curtain wall, window wall*).

2.0 Jenis dan Karakteristik Sistem Selubung Bangunan

2.1 *SISTEM DINDING JENDELA (WINDOW WALL)*

Dinding jendela adalah sistem dinding yang terdiri dari jendela-jendela yang dihubungkan atau dipasang bersama-sama untuk membentuk dinding eksterior atau interior bangunan (Gambar 1).



Gambar 1 - Sistem *Dinding jendela*

2.1.1 *Karakteristik*

Sistem dinding jendela harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Unit modular: Dinding jendela terdiri dari unit-unit modular yang dipasang satu per satu, sehingga memungkinkan fleksibilitas desain, pemeliharaan, dan memudahkan proses pemasangan.

- b. Material: Pada umumnya, dinding jendela menggunakan bingkai aluminium yang ringan dan tahan lama untuk menahan material pengisi (*infill material*) seperti kaca atau panel lainnya
- c. Pemasangan di atas lantai: *Mullion* dan transom pada dinding jendela dipasang dari lantai ke lantai, diletakkan di atas lantai bangunan sehingga dapat menyesuaikan dengan tinggi setiap lantai.

2.2 SISTEM DINDING TIRAI (CURTAIN WALL)

Dinding tirai adalah sistem dinding eksterior non-struktural yang digantungkan di luar struktur utama bangunan (Gambar 2).



Gambar 2 - Sistem *Curtain wall*

2.2.1 Karakteristik

Sistem dinding tirai harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Non-Struktural: Dinding tirai tidak mendukung beban struktural bangunan. Beban angin dan gravitasi yang diterima dinding tirai ditransfer ke struktur utama bangunan.
- b. Material: Dinding tirai biasanya terbuat dari bingkai aluminium dan panel-panel kaca, tetapi juga bisa menggunakan bahan lain seperti batu tipis, logam, atau material komposit.

- c. Pemasangan Eksternal: Dinding tirai dipasang di luar struktur bangunan, sehingga menciptakan penampilan yang bersih dan modern tanpa terlihat adanya penopang struktural yang mendukungnya.

2.3 **SISTEM DINDING KACA (GLASS WALL SYSTEM)**

Sistem dinding kaca adalah struktur dinding yang menggunakan panel kaca besar yang didukung pada titik-titik tertentu dengan pengikat khusus, seperti *spider fitting*, tanpa menggunakan bingkai. **Jenis sistem ini sering disebut sebagai sistem kaca tanpa bingkai karena penekanan visualnya pada tampilan kaca yang bersih dan terbuka.**

Jenis-jenis sistem dinding kaca adalah:

- **Dinding kaca tanpa bingkai:** Jenis ini mengandalkan sepenuhnya pada pengikat titik dan sambungan antar kaca sebagai tumpuan dan tempat transfer beban. Fokus visualnya ada pada kaca, tanpa adanya bingkai yang terlihat di tepi-tepinya.
- **Dukungan sirip (*fin*) kaca:** Pada jenis ini, sirip kaca vertikal tipis digunakan untuk memberikan dukungan tambahan pada panel kaca, memungkinkan bentangan kaca yang lebih tinggi. Sirip biasanya ditempatkan di belakang panel kaca utama untuk menjaga tampilan selubung bangunan yang transparan (Gambar 3).
- **Sistem kaca kabel jaring (*cable-net*):** Sistem ini menggunakan kabel baja tahan karat untuk menggantung kaca, membentuk struktur penopang seperti jaring. Sistem ini sering digunakan pada proyek-proyek premium, seperti terminal bandara atau atrium besar, yang memerlukan desain minimalis dan terbuka (Gambar 4).
- **Sistem batang tegang (*tension rod system*):** Sistem ini menggunakan batang tegang yang terbuat dari baja tahan karat atau bahan berkekuatan tinggi lainnya memberikan tumpuan pada kaca, memungkinkan tampilan bangunan yang tipis dan ramping.



Gambar 3 - Sistem Dinding Kaca dengan dukungan *glass fin*



Gambar 4 - Sistem Dinding Kaca dengan dukungan kabel jaring (*cable net*)

2.3.1 Karakteristik

Sistem dinding kaca atau *glass wall* harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Material Utama: Kaca ditopang oleh besi tahan karat atau fin kaca struktural (*structural glass fin*) atau jejaring kabel (*cable-net*) atau batang tegang (*tension rod*)
- b. Transparansi: Dengan material utama kaca, memungkinkan masuknya cahaya alami ke dalam bangunan, sehingga menciptakan lingkungan yang terang dan terbuka. Hal ini membantu penggunaan pencahayaan buatan dan menciptakan hubungan visual antara ruang interior dan exterior.

2.4 SISTEM JENDELA ATAP (SKYLIGHT)

Jendela atap (*skylight*) adalah jenis jendela yang dipasang di atap atau langit-langit bangunan, dirancang khusus untuk yang memungkinkan cahaya alami masuk ke dalam bangunan dari atas (Gambar 5). Skylight dapat terbuat dari kaca atau bahan transparan seperti akrilik atau polikarbonat. Skylight digunakan untuk menerangi ruang dalam, mengurangi kebutuhan pencahayaan buatan, dan meningkatkan estetika ruangan dengan menciptakan koneksi ke lingkungan luar.



Gambar 5 - Sistem Jendela Atap (*Skylight*)

2.4.1 Karakteristik

Sistem jendela atap harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Material Utama: Jendela atap umumnya terbuat dari kaca, akrilik, atau polikarbonat.
- b. Bingkai: Biasanya terbuat dari baja, aluminium, kayu, atau PVC.
- c. Transmisi Cahaya:
 - Jendela atap t menyediakan cahaya alami, mengurangi kebutuhan akan pencahayaan buatan.
 - Transparansi dan jenis kaca mempengaruhi jumlah cahaya yang masuk; beberapa jendela atap dirancang untuk menyebarkan cahaya agar tidak menyilaukan.
- d. Ventilasi
 - Jendela atap tetap: Tidak dapat dibuka, hanya memberikan cahaya.
 - Jendela atap berventilasi: Dapat dibuka secara manual atau otomatis untuk aliran udara dan ventilasi alami, meningkatkan kualitas udara dalam ruangan.
- e. Performa Termal
- f. Isolasi: Jendela atap bisa berlapis ganda atau tiga dengan lapisan khusus untuk mengurangi perpindahan panas dan meningkatkan efisiensi energi.
- g. Perlindungan UV: Jendela atap sering dilengkapi dengan lapisan atau kaca yang dapat memblokir sinar UV, mengurangi panas berlebih dan mencegah kerusakan interior.

2.5 SISTEM SELUBUNG BANGUNAN DENGAN PEMALUTAN BAHAN LOGAM (METAL CLADDING)

Sistem selubung bangunan dengan pemalutan bahan logam (*metal cladding*) adalah material finishing eksterior yang populer digunakan dalam konstruksi bangunan. Sistem ini melibatkan penerapan lapisan tipis logam pada bagian luar bangunan untuk meningkatkan daya tahan terhadap cuaca dan polusi, memperindah tampilan eksterior, serta terkadang meningkatkan efisiensi energi.

Sistem pemalutan logam dapat terbuat dari berbagai jenis logam, seperti aluminium, baja tahan karat (*stainless steel*), tembaga (*copper*), seng (*zinc*), baja lapuk (*corten steel*), dan lain-lain, yang masing-masing menawarkan keunggulan estetika dan kinerja yang unik.



Gambar 6 - Sistem Selubung Bangunan dengan Pemalutan Bahan Logam (*Metal Cladding*)

2.5.1 Karakteristik

Sistem selubungan bangunan dengan pemalutan bahan logam (*metal cladding*) harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Tahan lama (*durabilitas*):
 - Logam seperti aluminium, baja tahan karat (*stainless steel*), dan seng (*zinc*) memiliki ketahanan yang tinggi terhadap cuaca, korosi, serta benturan.
 - Cocok untuk bangunan di berbagai iklim, terutama yang mengalami kondisi cuaca ekstrem.
- b. Ringan: Beberapa jenis pemalutan logam, seperti aluminium, memiliki bobot yang ringan namun tetap kuat, memudahkan instalasi tanpa membebani struktur bangunan.
- c. Tahan karat (*anti-korosi*): Material seperti aluminium dan tembaga memiliki ketahanan alami terhadap karat, sementara baja tahan karat dan seng dirancang khusus untuk mencegah korosi.
- d. Perawatan rendah (*low maintenance*)
- e. Ketahanan api:
 - Banyak material logam yang memiliki tingkat ketahanan terhadap api yang tinggi, sehingga sering digunakan pada bangunan dengan standar keamanan tinggi.
 - Aspek keselamatan dan ketahanan api diatur pada bab lima.
- f. Fleksibilitas desain (*design flexibility*):
 - Cladding logam dapat dibentuk, dipotong, dan di-finishing dengan berbagai gaya. Misalnya, bisa dipoles, dianodisasi, atau dilapisi cat dengan warna yang beragam.

- Beberapa jenis logam seperti aluminium dapat dibuat dalam bentuk lembaran atau panel yang lebih besar untuk menciptakan tampilan yang mulus dan modern.
- g. Ramah lingkungan dan berkelanjutan (*sustainable*):
 - Beberapa jenis logam seperti aluminium dan seng dapat didaur ulang sepenuhnya, sehingga mendukung konsep bangunan berkelanjutan (*sustainable architecture*).

2.6 SISTEM SELUBUNG BANGUNAN DENGAN PEMALUTAN BATU (*STONE CLADDING*)

Selubung bangunan dengan pemalutan batu (*stone cladding*) adalah teknik pemasangan pelapis batu pada permukaan bangunan yang berfungsi untuk menambah estetika serta memberikan perlindungan. Penggunaan material batu sering digunakan di dinding eksterior maupun interior untuk memberikan tampilan alami dan elegan.



Gambar 7 - Sistem *Stone Cladding*

2.6.1 Karakteristik

Sistem selubung luar dengan pemalutan batu (*stone cladding*) harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Material Utama: Batu dengan jenis-jenis:
 - Batu alam (*natural stone cladding*)
Terbuat dari batu alam seperti granit, marmer, *sandstone*, dan *slate*. Setiap jenis batu memiliki karakteristik unik, termasuk warna, tekstur, dan daya tahan.
 - Batu buatan (*manufactured stone cladding*)
Terbuat dari campuran bahan beton dan agregat yang dirancang untuk meniru tampilan batu alami. Tipe batu buatan ini lebih ringan dan lebih mudah dipasang dibandingkan batu alam.
- b. Bingkai: Biasanya terbuat dari aluminium atau baja.

2.6.2 *Pertimbangan*

- a. Berat: Batu bisa sangat berat, jadi penting untuk mempertimbangkan kekuatan struktur bangunan sebelum pemasangan.
- b. Jenis batu: Beberapa jenis batu dapat lebih baik untuk iklim tertentu, jadi pemilihan material yang tepat sangat penting untuk mempertahankan kualitas dan daya tahannya dalam jangka panjang.

2.7 *SISTEM PEMASANGAN: SISTEM STICK (STICK SYSTEM)*



Gambar 8 - Sistem *stick curtain wall*

2.7.1 Karakteristik

Sistem *stick* (Gambar 8) harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

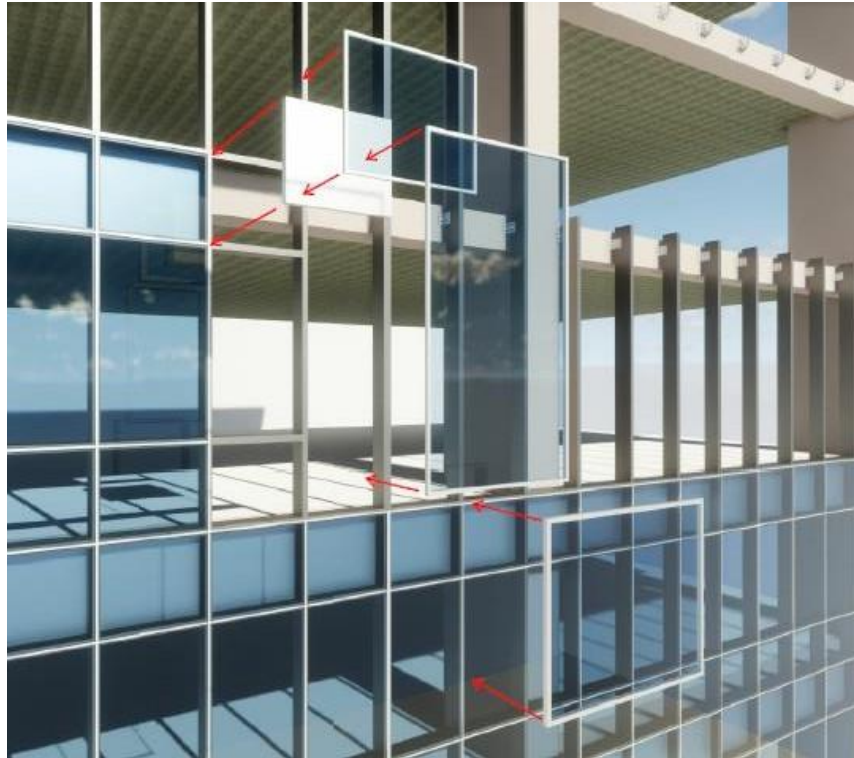
- a. Fasad tidak mendukung beban struktural bangunan. Beban angin dan gravitasi yang diterima curtain wall ditransfer ke struktur utama bangunan.
- b. *Mullion* dan transom dipasang di depan pelat lantai dan celah antara rangka dan pelat lantai wajib ditutup dengan material tahan api sesuai persyaratan di bab lima.
- c. Pertemuan antara *mullion* dan *transom* menggunakan gasket atau sealant berdasarkan kebutuhan.
- d. Sistem mengakomodasi pergerakan vertikal antar lantai.
- e. Kaca dipasang di lokasi, dengan minimal penggunaan sealant.

2.7.2 Kebutuhan Sistem

Sistem *stick* harus/memiliki hal-hal sebagai berikut:

- a. *Mullion* dan transom dikirim langsung ke lokasi.
- b. Pertemuan antar *mullion* harus sepenuhnya tersambung dan tersegel, atau dapat digunakan *stack joints/gutter* pada setiap lantai. Sambungan *mullion* harus memungkinkan pergerakan yang telah diperhitungkan untuk mengakomodasi gaya atau perubahan dimensi.
- c. Penyediaan pergerakan pada perimeter panel yang melintasi sambungan pada pergerakan *mullion* harus dipastikan untuk mengakomodasi pergerakan yang terjadi pada struktur bangunan.
- d. Adanya toleransi untuk ekspansi panas dan pergerakan bangunan pada sambungan *mullion*.
- e. *Glazing support* dan *back-pan* menggunakan sambungan yang konsisten dengan pergerakan yang telah diperhitungkan pada sambungan *mullion*.
- f. Penutup dan klip pada sambungan yang sesuai dengan pergerakan yang telah dipehitungkan.
- g. *Sub-sills* dan *sub-heads* disediakan pada pertemuan antara pelat lantai dan soffit.

2.8 SISTEM PEMASANGAN: SEMI-UNITIZED/CASSETTE SYSTEM



Gambar 9 - Sistem semi-unitized curtain wall

2.8.1 Karakteristik

Sistem *semi-unitized* (Gambar 9) harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Panel kaca prefabrikasi dipasang pada sub-bingkai yang dipasang di lokasi pemasangan.
- Sub-bingkai terdiri dari *mullion*, dan terkadang transom, yang dipasang pada posisi di depan pelat lantai.
- Sistem mencakup pemasangan antar lantai atau bahkan melintasi beberapa lantai, memberikan tampilan yang kontinu pada fasad bangunan.
- Pergerakan vertikal antar lantai diakomodasi dalam sambungan geser pada *mullion*.
- Kaca dilapisi menjadi bingkai kaset yang membentuk segel udara pada sub-bingkai.
- Kaset dipasang pada sub-bingkai dengan menggunakan klip dan pengikat.

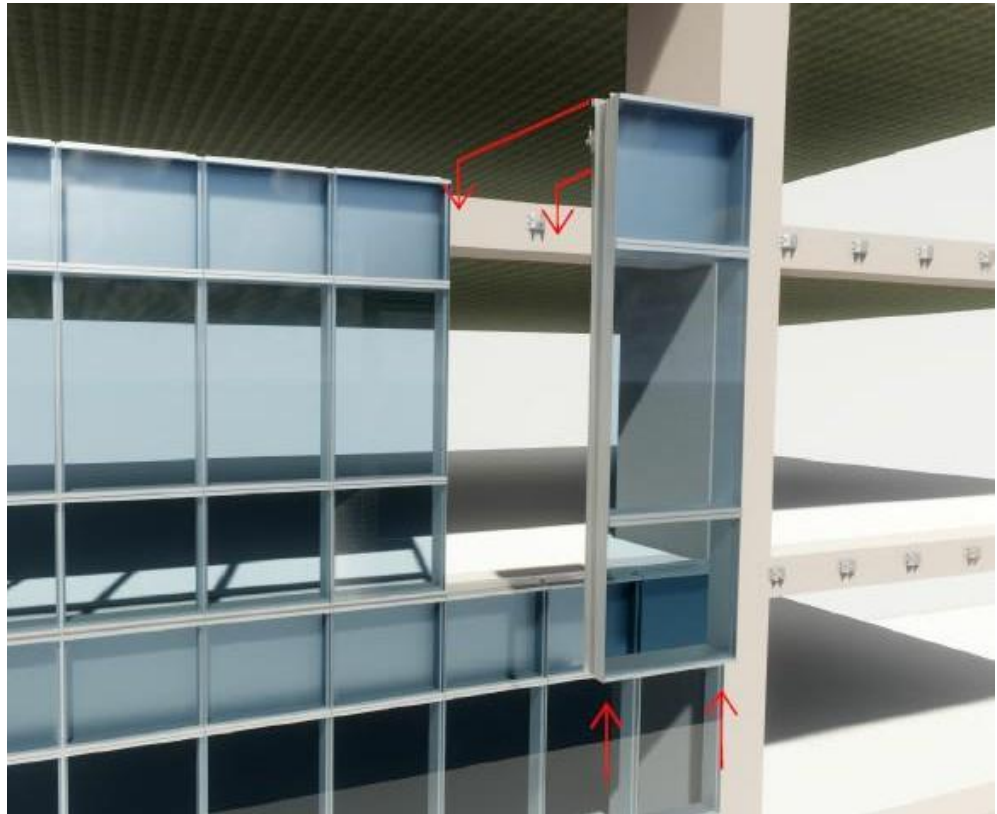
2.8.2 Kebutuhan Sistem

Sistem *semi-unitized* harus memiliki hal-hal sebagai berikut:

- Celah antara elemen kaset dengan *pressure-equalised* (penyetaraan tekanan).

- b. Sambungan pada *mullion* yang telah disambung dan disegel seluruhnya. Segel harus memungkinkan pergerakan yang telah diprediksi.
- c. Kaset yang menahan adanya pergerakan yang dapat diantisipasi, khususnya yang terkait dengan sambungan pada *mullion*.
- d. Rangka kaset yang dirancang dengan kekuatan dan kekakuan yang cukup sesuai dengan segel udara belakang dan posisi penahan.

2.9 SISTEM PEMASANGAN: UNITIZED SYSTEM



Gambar 10 - Sistem Unitized Curtain Wall

2.9.1 Karakteristik

Sistem *unitized* (Gambar 10) yang diprefabrikasi di pabrik, termasuk material pengisi seperti kaca, panel aluminium atau material lain dan sealant harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Sambungan horizontal atau *stack joints* terdiri dari bagian ambang atas (*upper sill section*) yang berada di dalam kepala talang bawah (*lower gutter head*).
- b. Bagian keliling panel terdiri dari: *male mullion*, *female mullion*, kepala talang (*gutter head*) – di bagian atas panel, dan bagian ambang (*sill section*) – pada kaki panel.

- c. Bagian dasar *curtain wall* harus berakhir dengan *sub-sill*, dan bagian atas dengan *sub-head*.
- d. Sistem mencakup antar lantai atau dapat mencakup beberapa lantai.

2.9.2 Kebutuhan Sistem

Sistem *unitized* harus/memiliki hal-hal sebagai berikut:

- a. *Mullion*, *stack joints*, dan zona *spandrel* memiliki prinsip desain penyetaraan tekanan yang telah ditetapkan (*pressure equalized system*).
- b. *Mullion* mengakomodasi toleransi dan perbedaan antar panel akibat efek panas (*thermal effect*) dan pergerakan bangunan.
- c. *Stack joints* mengakomodasi adanya perbedaan pergerakan antar panel akibat pergerakan bangunan serta pergerakan antar lantai.
- d. Sambungan talang antar panel dilengkapi dengan bagian sambungan aluminium yang tertutup rapat.
- e. Perkuatan untuk bagian *female split mullion section*, dengan menggunakan blok, siku, braket tambahan, atau sambungan talang struktur bila berat panel berlebihan.
- f. Panel sudut berbentuk L atau dilengkapi dengan *split corner mullion*. Apabila *split corner mullion* digunakan, diperlukan penilaian secara menyeluruh terhadap kemampuan panel untuk mengakomodasi goyangan bangunan dari dua arah.
- g. *Extruded mullion* dirancang atas dasar bahwa beban didistribusikan sebanding dengan kekakuannya.
- h. *Extruded mullion* dapat diperkuat dengan sisipan nonkorosif di area tertentu dimana beban angin melebihi kapasitasnya. Perhitungan harus dilakukan untuk menunjukkan kecukupan penguatan tersebut.

2.10 JENDELA DAN VENTILASI TERBUKA



Gambar 11 - Sistem Jendela dan Ventilasi Terbuka

2.10.1 Karakteristik

Sistem jendela (Gambar 11) harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Panel jendela dibuat secara prefabrikasi dengan *mullion* membentuk bingkai vertikal. Bingkai horizontal terbuat dari ekstrusi aluminium.
- b. Panel prefabrikasi digantung pada *sub-head* sementara kaca telah terpasang pada posisinya dengan toleransi pergerakan pada *sub-sill* untuk memungkinkan ekspansi dan kontraksi material secara fleksibel.
- c. Penghalang akustik yang berada pada pertemuan antara *curtain wall* dan jendela harus memungkinkan terjadinya defleksi pada *mullion*.
- d. Untuk keamanan, bukaan jendela dibatasi hingga 100 mm secara vertikal sesuai SNI 03-0573, kecuali ada pembatas untuk keamanan.
- e. Mekanisme penahan bukaan yang memungkinkan bukaan cahaya tetap terbuka secara bertahap hingga posisi terbuka secara maksimum.
- f. Dilengkapi dengan mekanisme penutup yang tidak boleh menonjol ke dalam ruangan ketika jendela tertutup.
- g. Dilengkapi dengan mekanisme penahan yang diikatkan pada panel pembuka dan rangka yang dapat dilepas.

2.10.2 Kebutuhan Sistem (Ventilasi Terbuka)

Sistem ventilasi terbuka harus/memiliki hal-hal sebagai berikut:

- a. Sistem menggunakan penyetaraan tekanan dengan rongga yang dikeringkan. Sistem yang tertutup rapat tidak dapat diterima.
- b. Sistem drainase sekunder di belakang *weathering seals* yang mengalirkan air ke arah luar.
- c. Drainase air dari dalam ke luar.
- d. Ventilasi pada tepi unit kaca ganda dan panel.
- e. Segel udara internal dan penghalang uap.
- f. Sistem memungkinkan pengurasan sisa air yang masuk sepenuhnya ke arah luar.
- g. Genangan air di/sekitar tepi unit kaca ganda dan panel harus dapat keluar dengan mudah setelah hujan selesai.
- h. Penutup tepi yang memadai pada semua kaca dan panel untuk mencapai:
 - Kecedapan pada area tepian;
 - Jarak bebas yang dapat diterima antara rangka logam dan tepi kaca.
- i. Unit bukaan harus bisa diganti tanpa membongkar rangka utama.
- j. Material engsel, sekrup, penahan, mekanisme dan kunci dari baja tahan karat (*stainless steel*), serta material *die cast* dari ataupun aluminium alloy.
- k. Kunci menggunakan material baja tahan karat atau kuningan.
- l. Bagian atas digantung hingga batas 100mm dari vertikal. Perangkat hanya dapat dilepas oleh personel yang berwenang.
- m. Mekanisme tipe penahan operasi dengan fitur-fitur sebagai berikut:
 - Biarkan jendela pada posisi terbuka secara bertahap hingga mencapai posisi terbuka maksimum;
 - Sekrup pengatur gesekan untuk mengatur tingkat gesekan yang diperlukan, memungkinkan jendela tetap terbuka secara bertahap;
 - Ketika jendela ditutup, mekanismenya tidak boleh menonjol ke dalam ruangan;
 - Mekanisme penahan harus dilekatkan pada bukaan cahaya dan rangka serta hanya dapat dilepaskan dengan sengaja.
- n. Material pengisi, misal kaca atau aluminium panel atau material lain pada panel yang dapat dibuka dipasang ke bingkainya di pabrik.

3.0 Kriteria Ketahanan Desain Selubung Bangunan Akibat Beban dan Lendutan

3.1 UMUM

Perancangan selubung bangunan harus memerhatikan pembebanan yang berasal dari beban mati, beban angin, dan beban hidup sebagai bagian dari aspek keselamatan dalam bangunan. Merujuk pada SS 654, setiap elemen selubung bangunan dengan lebar lebih dari 300 mm harus diperhitungkan kekuatannya. Besar kombinasi beban harus sesuai dengan pembebanan dasar dan kombinasi dalam SNI 1727.

Selain pembebanan, besar lendutan dari setiap elemen selubungan bangunan wajib diperhitungkan dan memenuhi standar kriteria untuk memenuhi faktor keselamatan dan keamanan dalam bangunan. Besar lendutan yang diatur dalam petunjuk ini mencakup material yang umum digunakan dalam sistem selubung bangunan, yaitu baja, aluminium, dan kaca.

Tidak terbatas pada pembebanan dan lendutan, selubung bangunan juga harus mengakomodasi pergerakan pada bangunan yang diakibatkan oleh bangunan itu sendiri, beban gempa, dan pemuaian akibat panas. Besaran pergerakan pada bangunan wajib dikoordinasikan dengan tim struktur untuk mencapai hasil yang optimal.

3.2 KRITERIA BEBAN

3.2.1 Beban Mati

Pengertian beban mati merujuk pada definisi yang ditetapkan dalam SNI 1727:

“Berat seluruh bahan konstruksi bangunan Gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding bagian isi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran”.

Khusus untuk selubung bangunan, beban mati yang dimaksud hanya mencakup beban mati dari komponen selubung bangunan yang bukan merupakan dinding bata, bata ringan, ataupun dinding struktural.

¹Tabel 1 Daftar berat jenis *material selubung bangunan

Material	Berat Jenis (kg/m ³)
Kaca	2,500
Aluminium	2,700
Baja	7,850
Mineral wool insulation	120-140
Beton precast	2,200-2,400
GFRC	1,800-2,100
Granit atau Batu Alam	2,700-2,900

*Berat jenis material lain dapat mengacu ke petunjuk teknis yang disediakan oleh produsen material.

3.2.2 Beban Angin

Pembebanan akibat beban angin dapat mengacu pada Pasal 26 sampai dengan 31 SNI 1727. Perancangan beban angin untuk komponen dan klading (selubung bangunan) dapat dilakukan dengan menggunakan prosedur analitis maupun terowongan angin. Beban angin harus memperhitungkan ketinggian bangunan, letak bangunan, dan efek terowongan angin (*funneling effect*) dari bangunan sekitarnya.

Desain beban angin minimum untuk bangunan tidak boleh kurang dari 0,80 kPa untuk gedung di bawah 100 m. Untuk gedung dengan ketinggian lebih dari 100 m disarankan menggunakan uji terowongan angin (*wind tunnel test*) untuk menentukan besar beban angin.

¹ Lihat daftar pustaka untuk sumber referensi Tabel 1, urutan dari atas ke bawah

Dalam prosedur analitis, besar kecepatan angin dapat mengacu pada Tabel 2 berikut:

²Tabel 2 Desain *kecepatan angin

Periode Kembali Nominal Angin (MRI - 3-sec. gust)*					
Basic Wind Speed	per-50 tahun**	per-300 tahun	per-700 tahun	per-1700 tahun	per-3000 tahun
Value (m/s)	32	36.5	39.1	43.38	45.09
Kategori Resiko***	-	I	II	III	IV

*MRI (Mean Recurrence Interval) = periode ulang rata-rata. Kecepatan angin diukur berdasarkan kriteria hembusan angin terkuat selama tiga detik pada ketinggian 10 meter dan area kontur terbuka.

**Periode MRI 50 tahun digunakan untuk nilai minimum dalam penentuan masa layan/servis komponen (SLS = Serviceability Limit State)

***Periode ulang nominal angin dipengaruhi oleh pemilihan resiko kategori bangunan sesuai SNI 1727:2020 (atau terbaru) tabel 1.5-1 Serta referensi ASCE-7-22 (atau terbaru) bab 25.5 *wind hazard map* sebagai dasar referensi

3.2.3 Beban Hidup

Beban hidup dalam Pasal 4 SNI 1727 didefinisikan sebagai:

“Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.”

Beban hidup wajib dipertimbangkan pada elemen selubung bangunan (fasad) yang mungkin diakses oleh pengguna atau penghuni secara langsung, di antaranya (tidak terbatas pada) adalah *balustrade* atau *railing* dan kanopi. Beban hidup juga disyaratkan untuk kaca di ketinggian 0 hingga 1100 mm dari permukaan lantai, terutama area lantai dasar ataupun yang banyak dilalui oleh masyarakat (BS 6262-4).

² ASCE-7-22 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures

- a. Pengangan tangga dan sistem pagar pengaman harus dirancang untuk memikul beban terpusat tunggal sebesar $LL-1 = 0,89 \text{ kN}$.
- b. Pegangan tangga dan sistem pagar pengaman juga harus dirancang untuk menahan beban $LL-2 = 0,73 \text{ kN/m}$.
- c. Atap datar, berbubung, dan lengkung $LL-3 = 0,96 \text{ kPa}$.
- d. Atap untuk tempat berkumpul $LL-4 = 4,70 \text{ kPa}$.

$LL-1$ merupakan pembenanan garis horizontal yang terdistribusi merata. $LL-2$ adalah pembebanan merata yang mengenai material pengisi. $LL-3$ merupakan beban titik yang mengenai material pengisi.

3.2.4 *Beban Gempa*

Desain gaya gempa pada fasad harus mengikuti kriteria desain yang tercantum dalam SNI 1726 edisi terbaru. Beban gempa yang diperhitungkan untuk komponen fasad mencakup perpindahan maksimum bangunan utama pada kondisi servis dan kondisi ultimit.

Pada kondisi servis, fasad wajib dirancang agar dapat berfungsi secara optimal tanpa mengalami gangguan yang memengaruhi operasional maupun kenyamanan pengguna. Sementara itu pada kondisi ultimit, desain fasad harus mampu mencegah kegagalan atau keruntuhan total guna menjamin keselamatan penghuni dan pengguna bangunan.

Informasi lebih lanjut mengenai perpindahan maksimum bangunan utama akibat gaya gempa dapat diperoleh melalui konsultasi dengan desainer struktur bangunan yang bersangkutan.

3.2.5 *Beban Lain-lain*

Desain selubung gedung harus mampu menahan semua beban penanganan dan instalasi tanpa menyebabkan tegangan berlebihan, lendutan permanen, atau perubahan bentuk.

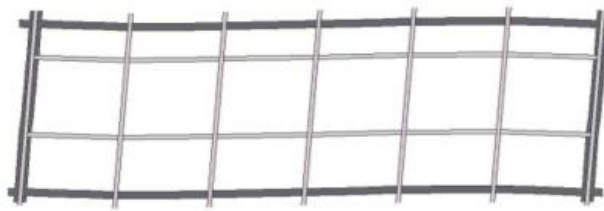
3.2.6 *Pergerakan pada Bangunan*

Desain sistem fasad harus memperhitungkan lendutan, perpindahan, dan gerakan lainnya yang terjadi, baik dalam sistem fasad itu sendiri maupun dalam interaksi antara sistem fasad dengan bangunan utama (termasuk sambungan *fire stop* dan *smoke flashing*). Pertimbangan ini mencakup gerakan yang disebabkan oleh beban, termasuk: perubahan suhu lingkungan, beban angin, beban mati, beban hidup, penyusutan, dan

penurunan tanah, serta toleransi bangunan termasuk: toleransi manufaktur hingga toleransi pemasangan di lokasi.



Gambar 12 – Efek Penurunan Struktur Lantai Pada Selubung Bangunan (CWCT TN56, 2007)



Gambar 13 – Efek Goyangan Struktur Pada Selubung Bangunan (CWCT TN56, 2007)

Ruang yang disediakan (*allowance*) untuk pergerakan fasad akibat beban harus ditambahkan di luar ruang yang disediakan (*allowance*) untuk toleransi bangunan pada arah tinjauan yang sama.

$$A_t = A_f + A_b$$

Dimana A_t merupakan *allowance* total, A_f ialah *allowance* untuk gerakan fasad dan A_b adalah *Allowance* untuk toleransi bangunan.

Sambungan harus mampu menahan kombinasi efek terburuk untuk mencegah segala jenis beban berpindah dari bangunan ke sistem fasad, gerakan sambungan yang berlebihan, atau kegagalan segel cuaca.

Sistem fasad harus mampu mengakomodasi gerakan dalam *allowance* gerakan yang telah ditunjukkan pada gambar kerja yang disetujui, tanpa suara dan tanpa kegagalan sistem, deformasi permanen, penurunan kinerja, gerakan yang terlihat pada sambungan, atau efek merugikan lainnya.

Semua *allowance* gerakan harus konsisten dan diterapkan di seluruh sambungan atau komponen untuk setiap sistem sambungan ekspansi atau rakitan.

Desain sistem fasad harus memastikan tidak ada kegagalan elemen struktural atau arsitektural, sambungan, atau segel cuaca yang terjadi akibat gerakan lateral antara lantai yang berurutan.

Desain sistem fasad harus mampu mengakomodasi lendutan vertikal absolut relatif dan gerakan horizontal yang mungkin terjadi akibat rotasi panel, disebabkan oleh perpindahan berikut yang terjadi antara lantai yang berurutan:

- a. Pemendekan kolom dan inti secara diferensial
- b. Perpindahan balok atau tepi pelat
- c. Pemendekan aksial balok tepi
- d. Pergeseran antar lantai pada bangunan
- e. Pemendekan aksial balok tepi jangka panjang

Informasi lebih detail mengenai pergerakan bangunan utama dapat diperoleh dari insinyur struktur dari gedung bersangkutan.

3.3 Kriteria Batas Lendutan

3.3.1 Lendutan pada Baja

Mengacu pada Pasal 6 SNI 1729, besar lendutan maksimal yang diizinkan pada baja dapat dihitung sebagai berikut:

- a. Panjang/360 untuk lendutan akibat beban mati.
- b. Panjang/240 untuk lendutan akibat beban angin dan beban hidup.
- c. Panjang/180 untuk kantilever.

3.3.2 Lendutan pada Aluminium

Batas lendutan pada aluminium terbagi dalam dua kategori berdasarkan panjang elemen mengacu ke AAMA TIR-A11, dapat dihitung sebagai berikut:

Defleksi di luar bidang (*out-of-plane deflection*)

- a. Panjang/175 untuk bentang kurang dari 4.110 mm.
- b. Panjang/240 + 6,35mm untuk bentang lebih dari 4.110 mm.
- c. Panjang/180 untuk kantilever

Defleksi dalam bidang (*in-plane deflection*)

- a. Panjang/300 atau 3 mm untuk profile pada rangka mati.
- b. Panjang/300 atau 1,5 mm untuk profile pada rangka yang dapat dioperasikan.

3.3.3 Lendutan pada Kaca

Batas lendutan pada kaca dikategorikan berdasarkan sistem pendukung yang digunakan, mengacu ke AAMA TIR-A11/AS 1288/ASTM E1300/SS 654, meliputi sistem pendukung empat sisi dan sistem kantilever. Besar maksimal lendutan yang diizinkan pada kaca dapat ditentukan sebagai berikut:

- a. Panjang/60 untuk kaca dengan sistem pendukung dua, tiga, atau empat sisi. Sebagai tambahan, untuk kaca dengan sistem pendukung dua sisi, lendutan pada pinggiran panel tidak boleh melebihi panjang/125 untuk kaca monolitik dan laminasi, serta panjang/175 untuk kaca insulated.
- b. Panjang/30 untuk kaca dengan sistem kantilever atau 25 mm untuk meminimalisir goyangan pada kaca terpasang.

4.0 Material Selubung Bangunan

4.1 *UMUM*

Bab ini membahas standar penggunaan berbagai material yang lazim digunakan sebagai selubung bangunan. Material selubung berfungsi sebagai pelindung utama terhadap faktor eksternal seperti cuaca, angin, dan suhu. Dengan demikian, kualitas dan ketahanan material ini sangat penting untuk menjaga integritas struktural dan estetika bangunan. Standar yang disajikan di bab ini mencakup persyaratan minimum untuk jenis material, aplikasi lapisan pelindung, serta ketahanan terhadap lingkungan luar.

Lapisan penutup atau finishing wajib diaplikasikan pada material selubung bangunan untuk menjaga sifat dan ketahanannya. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa material selubung tidak mudah rusak atau terdegradasi akibat paparan cuaca dan kondisi udara luar yang ekstrem.

4.2 *BAJA*

Pekerjaan baja harus terdiri dari baja struktural yang dapat dilas sesuai dengan EN 10025 1.0044 (S275-baja lunak) atau 1.0060 (E335) atau 1.0553 (S355-baja tegangan tinggi).

Dimensi, massa, dan toleransi dari profil baja harus sesuai dengan standar SNI 1729.

Baja wajib menggunakan lapisan anti karat seperti *zincromate* atau *galvanized* agar elemen dapat bertahan selama 10 tahun (EN ISO 14713).

Setiap pertemuan dua jenis material logam yang berbeda wajib diberi material pemisah sehingga dua logam tidak bersentuhan secara langsung untuk menghindari terbentuknya karat akibat kontak material yang berbeda.

4.3 *ALUMINIUM EXTRUSI*

Merujuk ke SNI 03-0573, aluminium ekstrusi diproduksi dengan *alloy* 6005, 6061, 6063, atau 6082, dalam temper yang sesuai untuk jenis aplikasi tertentu.

Profil aluminium yang digunakan dalam konstruksi selubung bangunan harus memiliki ketebalan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Profil aluminium ekstrusi dari rangka struktural, khususnya *mullion* dan *transom*, harus memiliki ketebalan tidak kurang dari 1,2 mm, dengan toleransi maksimum 0,15 mm. Jika pengencang (*fixing*), braket, pengait gesekan (*friction stay*) dan engsel dipasangkan pada bagian rangka, bagian yang menerima beban langsung harus memiliki ketebalan tidak kurang dari 2,5 mm, dengan toleransi maksimum 0,15 mm.
- b. Profil aluminium ekstrusi dari rangka non-struktural, termasuk nib, manik kaca (*glass bead*) dan fitur non-struktural serupa, harus memiliki ketebalan tidak kurang dari 0,9 mm, dengan toleransi maksimum 0,15 mm.

4.4 ALUMINIUM PANEL

Aluminium panel diproduksi dengan *alloy* 1100, 3003, 3105, 5005 atau panduan lain dalam temper yang sesuai untuk jenis aplikasi tertentu.

4.4.1 Aluminium Solid Panel

Aluminium solid panel yang digunakan dalam konstruksi selubung bangunan harus memiliki ketebalan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Aluminium solid panel untuk bagian luar bangunan (eksterior) harus memiliki ketebalan tidak kurang dari 3,0 mm, dengan toleransi maximum 0,2 mm.
- b. Aluminium solid panel untuk bagian dalam bangunan (interior), termasuk *back-pan* dalam area *spandrel*, harus memiliki ketebalan tidak kurang dari 1,5 mm, dengan toleransi maksimum 0,2 mm.
- c. Aluminium solid panel yang tidak terlihat dan digunakan untuk penahan air (*flashing*), harus memiliki ketebalan tidak kurang dari 0,6mm.

4.4.2 Aluminium Komposit Panel

Aluminium komposit panel harus terdiri dari dua lembar logam yang menyelimuti inti padat dari bahan serat mineral yang dibentuk melalui proses kontinu tanpa menggunakan lem atau perekat di antara material yang berbeda.

Material inti harus berupa inti yang terisi mineral yang tidak dapat terbakar dan harus bebas dari rongga dan/atau ruang udara serta tidak mengandung insulasi berbusa. Produk yang dilaminasi lembar demi lembar dalam proses batch menggunakan lem atau perekat di antara material tidak dapat diterima.

Aluminium komposit panel wajib memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Aspek keselamatan pada Bab Lima.
- b. Harus memiliki ketebalan total tidak kurang dari 4,0 mm dengan toleransi maksimum 0,2 mm.
- c. Aluminium pada bagian luar dan bagian dalam harus memiliki ketebalan minimum 0,5mm dan menggunakan aluminium dengan alloy series AA3000 atau AA5000.

4.5 FINISHING ALUMINIUM

Finishing Aluminium adalah proses penerapan perlakuan permukaan aluminium untuk meningkatkan penampilan, daya tahan, dan kinerja produk aluminium.

Finishing aluminium harus dilakukan di pabrik oleh aplikator khusus yang telah disetujui oleh pembuat lapisan cair atau pembuat lapisan serbuk organik.

Beberapa finishing aluminium yang dapat digunakan adalah:

- a. Anodisasi atau
- b. Pelapisan Cat Serbuk (*Powder Coating*) atau
- c. Pelapisan Cat Cair (*Liquid Coating*)

4.5.1 Anodisasi

Anodisasi adalah proses elektrokimia yang mempertebal lapisan oksida alami pada permukaan aluminium. Ketebalan lapisan anodisasi adalah sebagai berikut:

- a. Area yang terkena cahaya matahari langsung dan udara luar yang bersifat korosif sedang sekurang-kurangnya menggunakan lapisan *anodized* setebal 18 μm .
- b. Area yang terkena cahaya matahari langsung dan udara luar yang bersifat korosif rendah sekurang-kurangnya menggunakan lapisan *anodized* setebal 10 μm
- c. Area dalam ruangan tertutup dan tidak terpengaruh korosi sekurang-kurangnya menggunakan lapisan *anodized* setebal 5 μm .

Pengukuran ketebalan anodisasi harus dilakukan dengan metode arus Eddy (*Eddy Current Method*) sesuai dengan ISO 7599.

4.5.2 Cat Serbuk (*Powder Coating*)

Pelapisan cat serbuk (*powder coating*) adalah proses *finishing* kering di mana serbuk cat diaplikasikan secara elektrostatis ke permukaan aluminium yang dilakukan di pabrik, kemudian dipanaskan untuk membentuk lapisan pelindung.

- a. Semua sistem pelapisan cat serbuk (*powder coating*) harus diterapkan oleh aplikator spesialis yang disetujui oleh produsen cat serbuk (*powder coating*).
- b. Lapisan organik cat serbuk (*organic powder coating*) harus menggunakan serbuk cat poliester (*polyester powder*) untuk aplikasi arsitektur dan harus sesuai dengan standar BS EN 12206-1, AAMA 2603 atau AAMA 2604 atau AAMA 2605 atau *Qualicoat Class 1* atau *Qualicoat Class 2* atau *Qualicoat Class 3*.
- c. Permukaan aluminium harus dibersihkan terlebih dahulu sesuai dengan prosedur yang direkomendasikan oleh produsen cat. Permukaan aluminium harus melalui proses *pre-treatment chromate* sesuai dengan EN ISO 10546 atau ASTM B449 Kelas 1.
- d. Serbuk cat yang digunakan harus berupa jenis thermosetting dan memiliki lapisan ramah lingkungan yang benar-benar kering, yang tidak mengandung pelarut dan tidak melepaskan senyawa organik volatil (VOC). Bubuk tersebut juga harus bebas dari timbal, kadmium, dan TGIC (triglycidyl isocyanurate) untuk kepatuhan lingkungan yang ketat. Produsen bubuk harus memberikan konfirmasi tertulis mengenai hal-hal ini.

4.5.3 Cat Cair (*Liquid Coating*)

Pelapisan cat cair (*liquid coating*) adalah proses finishing dengan menggunakan bahan cat cair dengan metode semprot atau roll coating dalam bentuk cair, setelah itu diberi pelapis dan dikeringkan dan dipanaskan.

- a. Semua sistem pelapisan cat cair (*liquid coating*) harus diterapkan oleh aplikator spesialis yang disetujui oleh produsen cat cair (*liquid coating*).
- b. Lapisan organik cat cair (*liquid coating*) harus terdiri dari lapisan konversi kromat, lapisan warna dan lapisan *top coating* bening, dengan kandungan resin tidak kurang 70% resin polyvinylidene fluoride.
- c. Permukaan aluminium harus dibersihkan terlebih dahulu sesuai dengan prosedur yang direkomendasikan oleh produsen cat. Permukaan aluminium harus melalui proses *pre-treatment chromate* sesuai dengan EN ISO 10546 atau ASTM B449 Kelas 1.
- d. Lapisan cair harus sesuai dengan standar AAMA 2605.

4.6 KACA

4.6.1 Umum

Kaca yang digunakan harus mengacu pada standar SNI 15-0047.

Kaca keselamatan wajib digunakan pada fasad bangunan yang dimaksudkan dalam ruang lingkup petunjuk ini. Jenis kaca yang dapat difungsikan sebagai kaca keselamatan adalah kaca diperkeras (disarankan dengan *heat soak test*), dan kaca laminasi.

4.6.2 Kriteria Kaca

Jenis dan kualitas kaca dapat mengacu pada standar SNI 15-0047; BS 952; Bagian 1 dan 2, BS 6262, ASTM C1036, ASTM C1048, atau ASTM C1172. Kaca dapat dilapisi atau diberi warna (*coated*).

Ketebalan kaca harus mengacu pada standar SNI 15-0047. Jika analisis elemen hingga atau metode komputasi lainnya digunakan untuk menentukan tegangan dan defleksi pelat kaca, metode analisis harus nonlinier.

Perhatian khusus harus diberikan pada ketebalan kaca cukup untuk menahan tekanan angin yang dihitung dan sesuai dengan jenis lokasi untuk memenuhi rekomendasi keselamatan.

4.6.3 Jenis Kaca

a. KACA DIPERKUAT (HEAT STRENGTHENED GLASS)

³Kaca dengan kuat tekan permukaan permanen, selain kekuatan mekanik dasar, diinduksi melalui proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol untuk meningkatkan ketahanan terhadap tegangan panas dan mekanik serta memberikan karakteristik fragmentasi yang ditentukan.

Kaca diperkuat harus memiliki tekanan kompresi permukaan antara 28–52 MPa.

Hasil akhir dari proses tersebut adalah kaca dengan kekuatan kurang lebih dua kali lipat kekuatan kaca lembar biasa. Kriteria kaca keselamatan untuk kaca diperkuat adalah kaca yang, ketika pecah, jumlah pecahan harus di antara lima sampai dengan tujuh keping dan tidak terdapat “pulau” di tengah kaca.

³ SNI

Jenis dan kualitas kaca dapat mengacu pada standar SNI 15-6353.



Gambar 14 - Gambar pecahan kaca diperkuat

Kaca harus digunakan pada bagian-bagian bangunan sebagai berikut:

- Kaca area spandrel atau yang menutupi balok dan elemen mekanikal.
- Kaca area vision atau kaca yang terpapar tekanan suhu tinggi.

b. KACA DIPERKERAS (TEMPERED GLASS)

⁴Kaca diperkeras merupakan kaca yang telah diolah menjadi kaca pengaman dengan suatu proses pemberian prategangan, sehingga apabila pecah, kaca tersebut berhamburan menjadi kepingan kecil yang tidak tajam, bentuk kaca pengaman ini dapat rata ataupun lengkung baik dari jenis kaca lembaran (*flat glass*), kaca berpola (*patterned glass*) ataupun kaca reflektif (*reflective glass*).



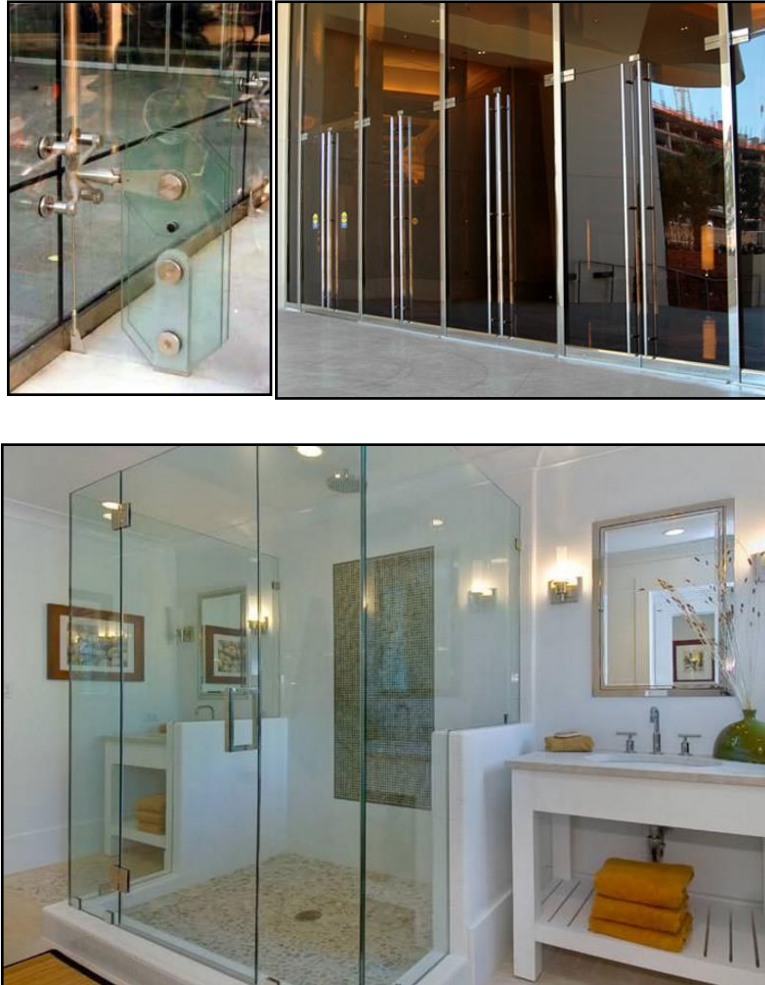
Gambar 15 - Gambar pecahan kaca diperkeras

Kaca diperkuat harus memiliki tekanan kompresi permukaan di atas 70 MPa.

Proses pendinginan yang berlangsung cepat menyebabkan kaca tempered lebih rentan pecah dibandingkan kaca diperkuat. Oleh karena itu, untuk memenuhi

kriteria kaca keselamatan, kaca tempered disarankan melalui ⁴*heat soak test*. Tujuan dari pengujian tersebut adalah untuk mengurangi kaca pecah secara tiba-tiba akibat kandungan nikel sulfida (NiS) dalam kaca yang menyebabkan tekanan internal yang besar tanpa adanya tambahan gaya dari luar.

Kaca diperkeras harus digunakan pada bagian-bagian bangunan yang membutuhkan kekuatan yang tinggi, misalnya pada kaca-kaca yang dilubangi atau pada area pintu kaca tanpa bingkai (*frameless glass door*)

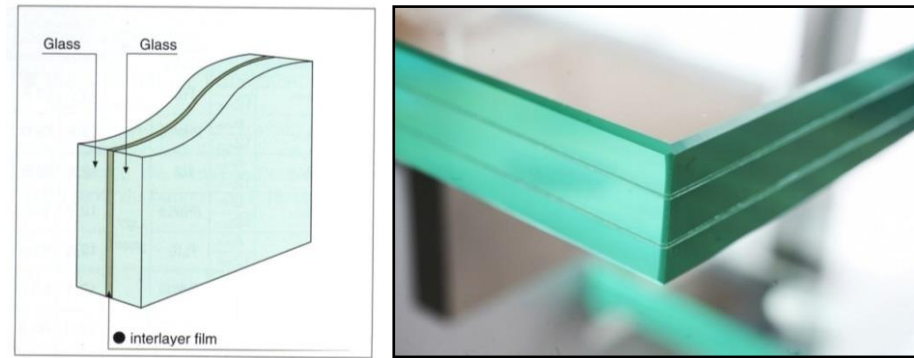


Gambar 16 – Contoh Penggunaan kaca diperkeras

⁴ <https://www.careyglass.com/heat-soak-test/>

c. KACA BERLAPIS (LAMINATED GLASS)

Kaca berlapis adalah kaca pengaman yang terdiri dari dua lembar kaca atau lebih, yang dilekatkan satu sama lain dengan menggunakan satu atau lebih lapisan plastis (*interlayer*) baik berwarna atau tidak. Jika pecah, pecahannya akan tetap menempel pada *interlayer* tersebut, digunakan untuk komponen bangunan dan panel.



Gambar 17 – Gambar Kaca Berlapis

Untuk kaca berlapis yang menanggung material lain, seperti lantai kaca dan kaca fin (*fin glass*), harus menggunakan *interlayer* dengan kapasitas struktur yang lebih tinggi (*structural interlayer*).

Kaca berlapis harus digunakan pada bagian-bagian bangunan sebagai berikut:

- Balustrade kaca tanpa bingkai yang terletak di area eksterior (Gambar 18a).
- Kaca yang terletak di atas kepala manusia seperti kanopi ataupun *skylight* (Gambar 18b).
- Kaca yang memiliki kemiringan lebih dari 15° dari garis vertikal (Gambar 18c).
- Kaca yang digunakan untuk menahan beban, misal lantai kaca (Gambar 18d).
- Kaca fin dari sistem dinding kaca (*glass wall system*) yang menggunakan fin sebagai struktur utama (Gambar 18e).



Gambar 18a - Balustrade kaca tanpa frame



Gambar 18b - Kanopi atau skylight



Gambar 18c - Kaca dengan kemiringan lebih dari 15° dari garis vertical



Gambar 18d – Lantai kaca



Gambar 18e – Kaca Fin untuk Sistem Dinding Kaca

⁵Gambar 18 - Area yang wajib menggunakan kaca berlapis.

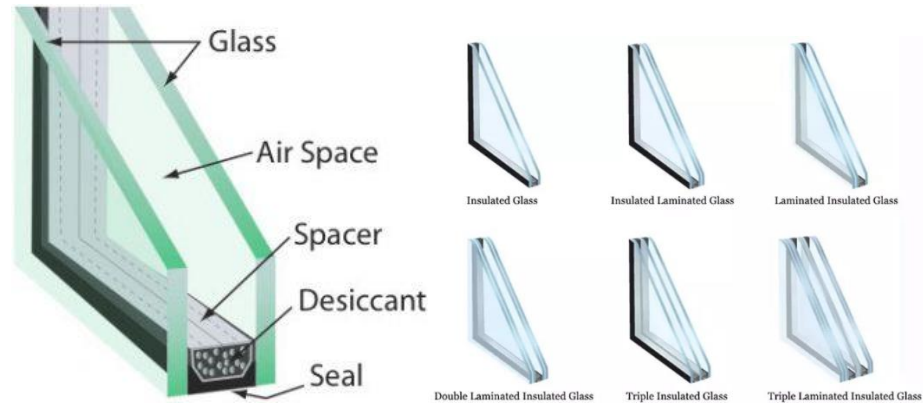
d. KACA ISOLASI (INSULATED GLASS UNIT – IGU)

Jenis dan kualitas kaca dapat mengacu pada standar SNI 8801, SNI 2049-2, ASTM E773, dan ASTM E774.

Kaca isolasi terdiri dari dua lembar kaca atau lebih yang merupakan unit pra-perakitan, terdiri dari lembaran kaca yang disegel (*seal*) di pinggiran dan dipisahkan oleh ruang dehidrasi. *Spacer* memisahkan lembaran kaca dan menjaga jarak yang seragam. *Spacer* terbuat dari bahan seperti aluminium, *stainless steel*, atau plastik dan dapat mengandung desikan (*desiccant*) untuk menyerap kelembapan. Tepi kaca

⁵ Lihat daftar pustaka untuk sumber referensi Gambar 18, urutan sesuai abjad.

isolasi (*Insulated Glass Unit - IGU*) disegel untuk mencegah masuknya kelembaban dan untuk menjaga integritas unit. *Sealant* yang umum meliputi butyl, polysulfide, dan silicon struktur atau silikon khusus untuk kaca isolasi. Ketebalan silikon harus dihitung sesuai dengan beban yang terjadi pada kaca.



Gambar 19 – Kaca Isolasi

e. KACA TAHAN API (FIRE RATED GLASS)

Kaca Tahan Api (*Fire-rated glass*) adalah jenis kaca khusus yang dirancang untuk menahan dan memperlambat penyebaran api dan asap dalam suatu bangunan, sambil tetap mempertahankan transparansi. Kaca ini sering digunakan di lokasi-lokasi yang memerlukan perlindungan kebakaran tambahan, seperti tangga darurat, koridor, pintu keluar, dan partisi ruangan. Fungsi utama kaca ini adalah untuk menjaga **integritas struktural** dalam kondisi kebakaran, memberikan waktu bagi evakuasi penghuni dan respons darurat.



Gambar 20 – Gambar Kaca Tahan Api

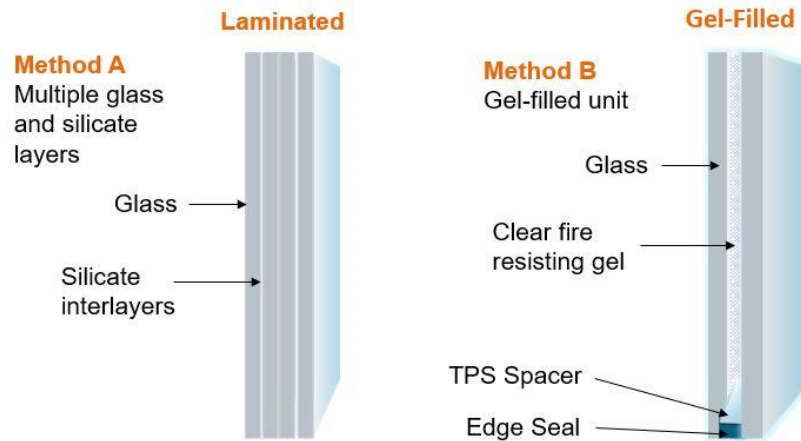
Jenis-jenis **fire-rated glass** yang umum termasuk:

- Kaca Diperkeras Berlapis (*Tempered Laminated Glass*)

Kaca diperkeras yang diolah dengan pelapis khusus yang dapat menahan panas lebih lama daripada kaca biasa. Sering kali, kaca ini juga menggunakan lapisan laminasi untuk menambah kekuatan.

- Kaca Berlapis dengan interlayer silicate atau resisting gel api (*silicate interlayer glass or fire resisting glass*)

Memiliki interlayer silicate (*silicate interlayer*) atau resisting gel api (*clear fire resisting gel*), yang mengembang dan menjadi tebal ketika terkena suhu tinggi, membentuk penghalang isolasi yang mencegah panas dan api menembus kaca. Jenis kaca ini biasanya digunakan untuk memberikan perlindungan **integritas** dan **insulasi termal**.



Gambar 21 – Gambar Kaca Tahan Api dengan metode multiple glass dan silicate layer atau clear fire resisting gel

- Kaca Kawat (*Wired Glass*)

Kaca ini memiliki kawat baja yang tertanam di dalamnya untuk menahan kaca dari pecah total saat terkena api. Meskipun sudah lama digunakan, sekarang sering digantikan oleh kaca tahan api lainnya yang lebih canggih.



Gambar 22 – Gambar Kaca Tahan Api

- Kaca Keramik (*Ceramic Glass*)

Kaca ini terbuat dari bahan keramik yang memiliki kemampuan sangat baik dalam menahan suhu tinggi, bahkan hingga lebih dari 1000°C. Kaca seramik lebih kuat daripada kaca biasa dan tidak mudah pecah ketika terkena panas.

Tingkat perlindungan api kaca biasanya diukur dalam rentang waktu seperti 30 menit, 60 menit, 90 menit, atau 120 menit, yang menunjukkan seberapa lama kaca tersebut mampu menahan api dan panas.

Dalam pemilihan kaca tahan api (*fire-rated glass*), penting juga untuk mempertimbangkan dua faktor utama:

- **Integritas:** Kemampuan kaca untuk tetap utuh dan tidak pecah saat terkena api.
- **Insulasi:** Kemampuan kaca untuk mencegah panas menembus kaca dan mencapai sisi lain.

Sertifikasi: *Fire-rated glass* harus memiliki sertifikasi sesuai dengan standar keselamatan kebakaran, seperti EN 13501-2 atau ASTM E119

f. KACA ANTI PELURU (*BULLET PROOF GLASS*)

Kaca Anti Peluru (*bulletproof glass*) adalah jenis kaca khusus yang dirancang untuk menahan dan menghentikan tembakan peluru, memberikan perlindungan terhadap proyektil yang ditembakkan dari berbagai jenis senjata api. Kaca ini biasanya tidak terbuat dari kaca biasa, melainkan merupakan kaca laminasi yang terdiri dari beberapa lapisan kaca dan bahan polimer seperti *polycarbonate* atau *polyvinyl butyral* (PVB) yang direkatkan bersama untuk menyerap energi dari peluru dan mencegahnya menembus.



Gambar 23 – Gambar Kaca Anti Peluru

Kaca anti peluru diklasifikasikan berdasarkan tingkat perlindungan yang ditawarkannya terhadap berbagai jenis senjata dan kaliber peluru. Sistem klasifikasi ini mengukur seberapa banyak lapisan dan ketebalan yang diperlukan untuk menghentikan peluru dari senjata tertentu.

Kaca anti peluru harus memenuhi standar yang ada, yaitu EN 1063 atau UL 752.

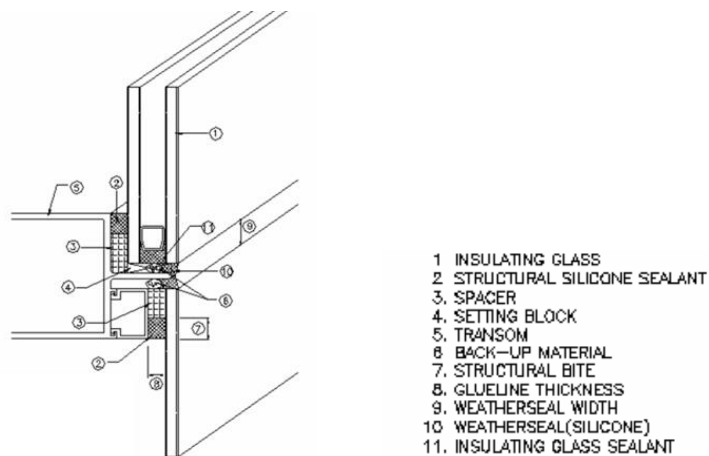
- **EN 1063:** Mengklasifikasikan kaca berdasarkan tingkat perlindungan dari senjata api ringan hingga berat.
 - **BR1:** Untuk peluru kecil seperti senjata api berkaliber .22.

- BR4: Untuk peluru berkaliber 9 mm.
 - BR7: Untuk peluru dari senjata berat seperti AK-47 atau senjata militer lainnya.
- **UL 752** (Standar Amerika Serikat): Mengklasifikasikan kaca dari Level 1 hingga Level 10, di mana Level 1 melindungi dari peluru kecil seperti .38, sedangkan Level 10 melindungi dari peluru senapan balistik seperti .50 kaliber.

4.7 SEALANT

Sealant harus mampu membantu menciptakan penghalang yang tahan air, tahan udara, dan sering kali tahan terhadap cuaca. Material yang dapat digunakan adalah *Silicone, Modified Silicone Polymer, Polyurethane* atau material yang sesuai dengan kegunaannya serta sesuai dengan ASTM C920.

Sealant harus memiliki ketahanan terhadap lingkungan, seperti kelembapan, sinar UV, dan suhu ekstrem. Pemasok *sealant (sealant supplier)* harus melakukan peninjauan gambar dan mengonfirmasi secara tertulis bahwa detail sealant dapat diterima. Semua *sealant* dan aksesoris yang diusulkan untuk digunakan harus kompatibel dengan substrat, material yang berdekatan, aksesoris, dan sealant lainnya.



Gambar 24 – Penggunaan Sealant Cuaca dan Sealant Struktur pada Frame Aluminium

4.7.1 Sealant Cuaca (Weather Sealant)

Sealant ini mencegah masuknya air dan udara melalui celah atau sambungan di berbagai bagian bangunan, membantu menjaga efisiensi energi dan melindungi struktur dari kerusakan.

Berikut adalah beberapa karakteristik dan kegunaan utama dari *sealant* cuaca:

- a. **Ketahanan terhadap Cuaca:** Dirancang untuk tahan terhadap berbagai kondisi cuaca, termasuk hujan, salju, sinar UV, dan perubahan suhu ekstrem.
- b. **Kedap Air dan Udara:** Mencegah kebocoran air dan aliran udara melalui celah dan sambungan, membantu meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan di dalam ruangan.
- c. **Fleksibilitas:** Biasanya fleksibel setelah mengering, memungkinkan *sealant* untuk menyesuaikan pergerakan dan ekspansi material, baik karena panas maupun pergerakan bangunan tanpa retak atau terlepas. *Sealant* cuaca harus memiliki kapasitas pergerakan (*movement capability*) tidak kurang dari 25%
- d. **Daya Rekat:** Memiliki daya rekat yang baik pada substrat yang digunakan seperti logam, kaca, atau beton.

4.7.2 *Sealant Struktur (Structural Sealant)*

Sealant ini digunakan untuk menyatukan berbagai material pada bangunan dan struktur, berfungsi sebagai pengganti elemen pengikat konvensional seperti sekrup atau paku dalam beberapa aplikasi. Umumnya digunakan dalam aplikasi seperti pemasangan kaca pada selubung bangunan.

Berikut adalah beberapa karakteristik dan kegunaan utama dari *structural sealant*:

- a. **Daya Rekat Tinggi:** Memiliki daya rekat yang sangat kuat pada berbagai substrat seperti kaca, logam, dan beton.
- b. **Ketahanan terhadap Beban:** Memiliki tegangan maksimum untuk menahan beban angin dan beban tumbukan lainnya pada fasad dipindahkan dari kaca atau panel melalui *sealant* struktur ke struktur bangunan. *Sealant* struktur harus memiliki sedikitnya *Ultimate Tensile Strength* 345kPa berdasarkan *Sealant Design Strength* 139kPa dengan *factor of safety* 2.5.
- c. **Fleksibilitas:** Mampu menahan pergerakan dan perubahan bentuk tanpa kehilangan kekuatan adhesi, yang penting dalam aplikasi struktural di mana pergerakan atau perubahan suhu bisa terjadi.

4.8 **GASKET**

Gasket, dalam konteks konstruksi, terutama pada fasad atau jendela, adalah komponen penting yang berfungsi sebagai *seal* (pengedap) antara dua permukaan, seperti antara kaca dan rangka aluminium.

Gasket terbuat dari material elastis seperti karet EPDM (*ethylene-propylene-diene monomer*), *Poly Chloroprene (Neoprene)* atau silikon, dan berfungsi untuk mencegah infiltrasi air, udara, serta getaran.

Ada beberapa jenis gasket yang umum digunakan:

- a. **Glazing Gasket:** Gasket yang digunakan untuk menutup celah antara kaca dan bingkai jendela atau fasad. Ini mencegah kebocoran air dan udara.
- b. **Expansion Gasket:** Gasket ini memungkinkan ekspansi dan kontraksi dari material fasad atau struktur akibat perubahan suhu, menjaga seal tetap utuh.
- c. **Setting Blocks:** Jenis gasket yang diletakkan di bawah kaca untuk mendistribusikan beban secara merata. Panjang setting block harus diatur sesuai dengan BS 6262 atau AS 1288 dan tidak boleh kurang dari 30 mm.

Gasket harus kompatibel dengan material lain yang digunakan dan memastikan bahwa gasket tersebut tahan terhadap sinar UV, ozon, dan perubahan cuaca untuk aplikasi jangka panjang.

4.9 **HARDWARE / IRONMONGERIES**

Semua perangkat keras (*hardware* atau *ironmongeries*) harus terbuat dari *stainless steel grade 1.4301 (304)*, *die-cast* atau *aluminium alloy*, yang telah sepenuhnya dirancang dan diuji.

Perangkat keras harus menjaga posisi pintu dan jendela masing-masing dalam posisi yang dimaksudkan. Perangkat keras tersebut harus dapat menahan beban angin desain yang ditentukan dan tidak boleh melendut, turun, atau mengompromikan kinerja keseluruhan dari pintu atau jendela masing-masing selama masa layanan, hanya dengan pemeliharaan rutin dan perbaikan kecil.

Semua perangkat keras harus diuji untuk minimum 30.000 siklus untuk pintu, jendela, dan aplikasi lainnya sesuai dengan BS 1192 atau SS 212.

4.10 **BATU (STONE)**

Semua batu (*stone*), baik batu alam (*natural stone*) maupun batu buatan (*manufactured stone*) harus memiliki kualitas yang baik yakni bersifat padat, berbutir halus, dan harus dipilih dengan cermat untuk memberikan keseragaman dalam warna, tekstur, dan finishing (setelah pemolesan).

Penting untuk memeriksa tegangan pada batu dalam kondisi paling kritis. Tegangan di lokasi sambungan juga harus diperiksa.

4.10.1 Batu Alam (*Natural Stone*)

Batu alam harus bebas dari retakan, urat, atau celah yang dapat mempengaruhi integritas struktural batu alam. Batu juga harus bebas dari mineral tertentu yang dapat menyebabkan kerusakan atau noda yang tidak diinginkan di bawah kondisi lingkungan normal. Ketebalan batu minimum adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Jenis Batu dan Ketebalan Minimum

Jenis Batu	Rentang hingga 1m	Rentang lebih dari 1m
Granit	30mm	40mm
Batu Kapur (<i>Limestone</i>), Sandstone, Travertine	50mm	70mm

Semua batu alam dengan warna yang sama harus disuplai dari satu tambang.

4.10.2 Batu Buatan (*Manufactured Stone*)

- a. Material Baku:
 - Batu buatan harus terbuat dari campuran semen, agregat, dan bahan pengikat yang berkualitas tinggi. Bahan tambahan seperti resin, pigmen, dan serbuk mineral dapat digunakan untuk meningkatkan estetika dan kinerja.
- b. Berat:
 - Berat batu buatan harus dirancang untuk tidak melebihi 30 kg/m² agar memudahkan instalasi dan mengurangi beban pada struktur bangunan
- c. Ketahanan:
 - Batu buatan harus tahan terhadap cuaca, kelembapan, dan sinar UV, serta tidak mengalami degradasi akibat paparan lingkungan.
 - Kekuatan tekan minimum: ≥ 25 MPa untuk menjamin daya tahan.
- d. Tahan Air dan Kelembaban:
 - Nilai porositas harus $\leq 5\%$ untuk memastikan batu buatan tidak menyerap air dan tahan terhadap kelembapan, mencegah pertumbuhan jamur dan lumut.

4.11 PENGENCANG DAN PEREKAT (*FIXINGS AND FASTENERS*)

Semua sekrup, mur, baut, ring, *anchor bolts*, dan pengikat lainnya, termasuk yang digunakan untuk *hardware/ironmongeries*, harus terbuat dari baja ringan dengan pelapisan galvanis celup panas sesuai dengan ISO 1461 dengan ketebalan pelapisan minimum 50 µm ketika berada di belakang segel udara.

Material sekrup, mur, baut, *anchor bolts*, harus melalui uji test yang dilakukan oleh lembaga independen.

4.12 MATERIAL LAIN

Material lain dapat digunakan sebagai material selubung bangunan, khususnya untuk material pengisi (*infill material*). Pastikan untuk mempertimbangkan kriteria pembenan dan lendutan pada bab 3 dan aspek keselamatan pada bab 5.

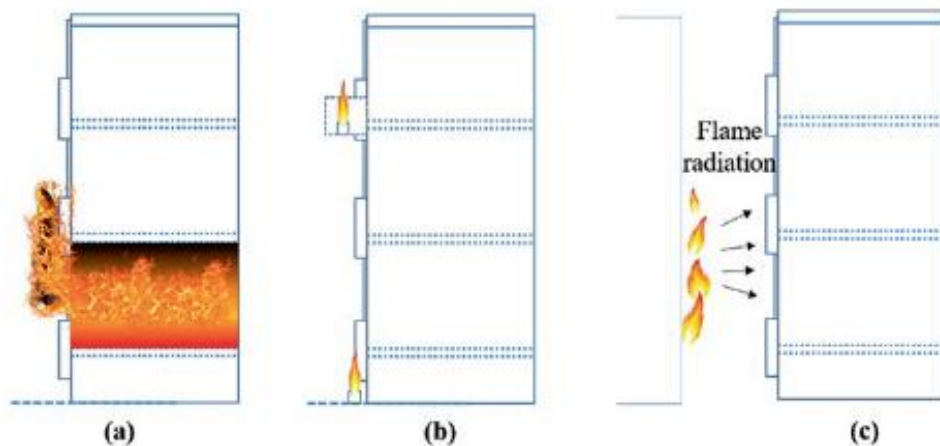
5.0 Kriteria Keselamatan Desain Selubung Bangunan

5.1 UMUM

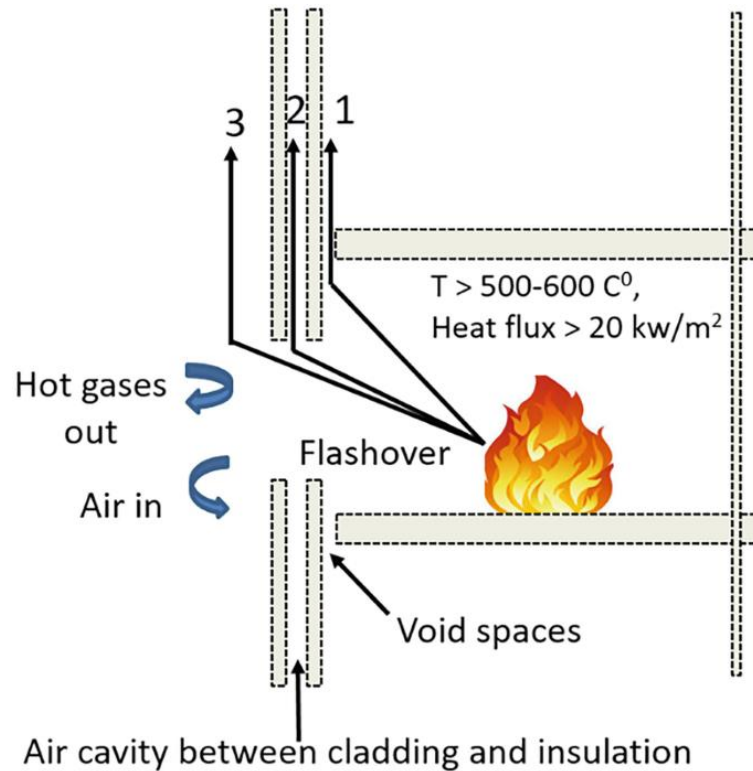
Untuk mengurangi kerugian dan risiko keselamatan yang diakibatkan oleh kebakaran pada bangunan, sistem selubung bangunan (fasad bangunan) memerlukan kriteria minimum untuk mencegah dan membatasi perambatan api serta produk turunan kebakaran, seperti asap, agar tidak menyebar ke seluruh area fasad bangunan. Sistem fasad bangunan yang dimaksud adalah dinding luar yang tidak berfungsi sebagai penopang beban.

Penyebaran api pada fasad bangunan dapat dipicu secara eksternal dari luar bangunan, seperti aktivitas memasak, kebakaran tempat sampah, penggunaan kembang api, serta kebakaran akibat kabel listrik atau peralatan listrik yang berada dekat dengan selubung bangunan (Gambar 25).

Penyebaran api juga dapat terjadi akibat tidak terkendalinya perambatan api dari dalam ruangan, baik disebabkan oleh kurang efektifnya sistem proteksi aktif seperti *sprinkler* maupun intervensi pemadam kebakaran. Penyebaran api dalam ruangan dapat merambat keluar melalui celah atau bukaan pada fasad bangunan, yang dikenal sebagai *leapfrog effect*.



Gambar 25 – Skenario Kebakaran pada Selubung Bangunan (Dr. Ankit Sharma et al, 2024)



Gambar 26 – Mekanisme perambatan api & termal pada selubung bangunan melalui celah perimter dan celah antar selubung bangunan eksterior (Dr. Ankit Sharma et al, 2024)

Bukaan atau celah yang dapat terjadi akibat desain maupun rakitan (*assembly*) dari sistem fasad perlu mendapat perhatian, karena celah atau bukaan tersebut dapat menjadi jalur penyebaran api dan asap meskipun sumber kebakaran berada di lantai bawah. Sistem penyetop api (*firestop*) diperlukan untuk mencegah penyebaran api dan asap pada celah tersebut (Gambar 26).

Berdasarkan penjelasan tersebut, kriteria keselamatan dari kebakaran untuk sistem selubung bangunan dapat didasarkan pada:

- Kemampuan daya bakar (*combustibility*) suatu permukaan;
- Kemampuan rambatan api;
- Kemampuan tahan api (*fire rating*) sistem/rakitan fasad bangunan; dan
- Sistem kompartemen kebakaran. Satu unit kompartemen kebakaran adalah satu unit hunian dalam bangunan hunian ataupun satu lantai bangunan untuk fungsi bangunan lain.

5.2 **KRITERIA MINIMUM SELUBUNG BANGUNAN**

Penggunaan material selubung bangunan harus menghindari bahan yang mudah terbakar, tidak berkontribusi terhadap pembakaran, dan tidak mengeluarkan asap beracun. Bahan dan metode konstruksi harus mematuhi persyaratan keamanan kebakaran yang ditetapkan oleh undang-undang dan peraturan yang berlaku.

Persyaratan minimum untuk sistem konstruksi lain terkait proteksi dari bahaya kebakaran dapat merujuk pada SNI 03-1736 tentang tata cara perencanaan proteksi pasif untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung, terutama terkait kriteria bangunan.

Peraturan tambahan terkait proteksi kebakaran juga mengikuti Peraturan Menteri PUPR Nomor 26/PRT/M/2008 tentang persyaratan teknis sistem proteksi kebakaran pasif pada bangunan gedung dan lingkungan.

5.2.1 **Jenis Material Selubung Bangunan**

Pemilihan material selubung bangunan memiliki prinsip-prinsip yang harus diterapkan. Prinsip-prinsip tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Material selubung bangunan tidak berkontribusi dan mampu menahan perambatan api pada area muka selubung bangunan;
- b. Material selubung bangunan tidak berkontribusi dan mampu menahan perambatan api pada area selubung bagian dalam, termasuk area celah (*cavity*) sebagai bagian dari rakitan maupun bagian terluar bangunan dengan selubung bangunan;
- c. Material selubung bangunan tidak berkontribusi dan mampu menahan perambatan api dari satu lantai ke lantai lainnya; dan
- d. Material selubung bangunan tidak berkontribusi dan mampu menahan perambatan api dan asap dari ruangan sumber api ke ruangan terkompartementasi lainnya.

Berdasarkan prinsip-prinsip tersebut, setiap material selubung bangunan harus memenuhi pengujian yang didasarkan pada standar-standar berikut:

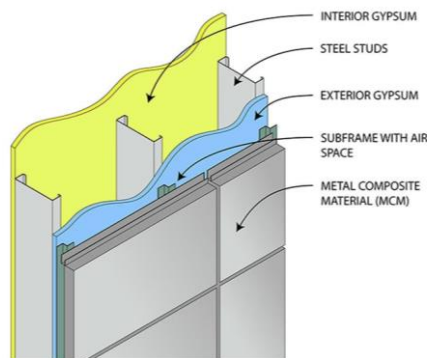
- a. BS 8414 tentang metode pengujian untuk dinding luar dari selubung bangunan bukan pemikul beban (*Test Method for Non-loadbearing External Cladding Systems Applied to the Face of the Building*). Untuk memastikan material selubung bangunan memenuhi kriteria dari metodologi uji BS 8414, pengujian harus mengacu pada BR 135 untuk memperoleh sertifikat penggunaan.
- b. BS 476 tentang metode pengujian tahan api pada material dan struktur bangunan (*Fire Tests on Building Materials and Structures*), khususnya untuk uji pengujian api

pada surface (*surface burning test*). Seluruh material selubung bangunan minimal harus diklasifikasikan sebagai kelas 0.

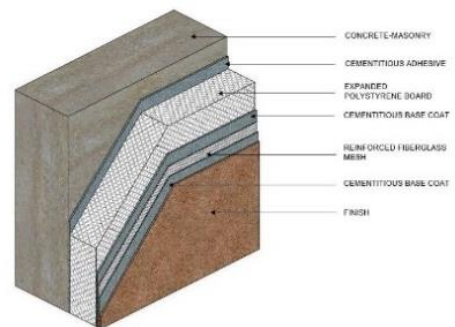
- c. EN 13051-1 tentang klasifikasi konstruksi tahan api dari produk dan elemen bangunan (*Fire Classification of Construction Products and Building Elements*). Seluruh material fasad minimum harus diklasifikasikan sebagai kelas B.
- d. NFPA 285 tentang standar pengujian penjarangan api pada dinding eksterior (*Standard Fire Test Method for Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components*). NFPA 285 berlaku pada penggunaan material komposit dengan kandungan material mudah terbakar sebagai selubung bangunan dengan tinggi lebih dari 12,192 meter.

Contoh jenis selubung bangunan yang diperbolehkan dengan tetap mengikuti standar pengujian di atas antara lain (Gambar 27-31):

- a. Material komposit logam (*metal composite material – MCM*) atau panel aluminium komposit (*aluminium composite panel – ACP*);
- b. Sistem isolasi dan sentuhan akhir eksterior (*exterior insulation and finish system – EIFS*) serta sistem komposit isolasi eksterior (*exterior insulation composite system – ETICS*);
- c. Panel berlapis ;
- d. *Glass reinforcement concrete (GRC)* atau *glass fibre reinforcement concrete (GFRC)* atau *glass fibre reinforcement polymer (GFRP)*; dan
- e. Panel batu alam atau panel *terakota* atau panel beton.



Gambar 27 – Material Komposit Logam



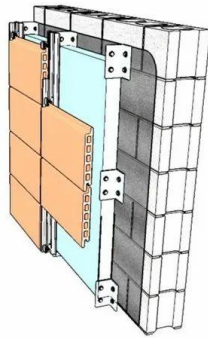
Gambar 28 – Sistem Insulasi dan Finishing Eksterior serta Sistem Komposit Insulasi Eksterior



Gambar 29 – Panel Berlapis



Gambar 30 – GRC / GFRC / GFRP



Gambar 31 – Batu Alam atau Panel Terakota

Jika ada penggunaan jenis material yang tidak disebutkan, material tersebut harus tetap mempertimbangkan prinsip penahanan perambatan api dan asap serta mengikuti standar dan melampirkan perhitungan analisis teknis/*engineering judgement*.

5.2.2 ***Penghalang Rongga Perimeter (Perimeter Firestopping)***

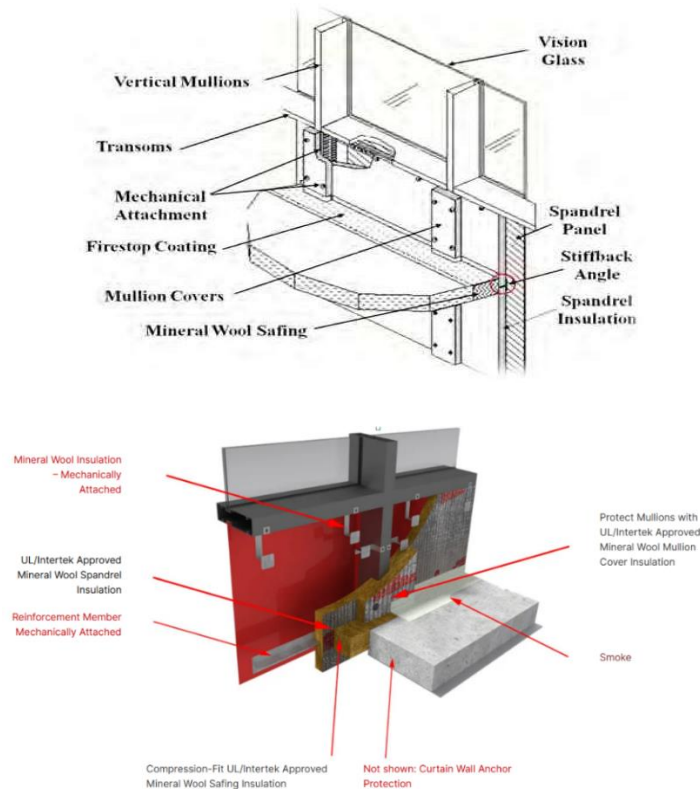
Celah yang terjadi pada persimpangan antara tepi lantai struktural dan dinding tirai harus ditutup untuk mencegah penyebaran asap dan api dari lantai bawah ke lantai atas melalui celah bukaan tersebut (Gambar 32).

Komponen dan bahan yang digunakan sebagai penutup celah harus memiliki tingkat ketahanan api yang sama dengan persyaratan tingkat ketahanan api kompartemen bangunan (acuan Peraturan Gubernur DKI No 72 tahun 2021, Peraturan Pemerintah 16

tahun 2021) atau minimum selama 120 menit. Sistem penghentian api harus mematuhi ASTM E2307 atau standar lain yang dapat diterima.

ASTM E2307 mencantumkan informasi semua komponen yang diperlukan dalam desain penyetop api yang telah teruji oleh pihak ketiga, yang dapat mencakup tetapi tidak terbatas pada ukuran celah, kedalaman *sealant* atau material pendukung, dan parameter lain.

Persyaratan tingkat ketahanan api dan ketahanan asap (F, T atau *L rating*) menyesuaikan persyaratan proteksi kebakaran pasif. Persyaratan tingkat ketahanan api dan ketahanan asap untuk bangunan tinggi di atas 8 lantai adalah 2 jam (2 hr). Komponen dan bahan yang dimaksud dapat dilihat pada ilustrasi di bawah ini. Komponen dan bahan yang ada pada ilustrasi perlu dicocokkan dengan hasil uji mengikuti standar ASTM 2307 atau standar lain yang dapat diterima.



⁶ Gambar 32 - Ilustrasi Penyetop Api, Isolasi berbahan *Mineral Wool* (Kuning) dengan *Smoke Seal* (Putih).

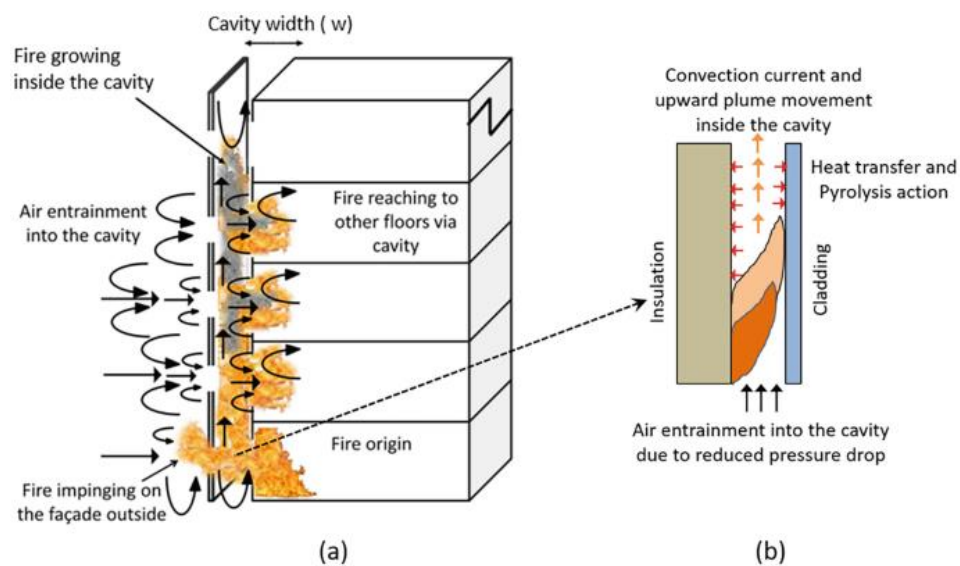
⁶ *International Firestop Council (2018), Perimeter Fire Containment and Engineering Judgments*

5.2.3 Penghalang Celah Rongga Pada Selubung Bangunan Eksterior (Cavity Fire Barrier)

Celah rongga pada selubung bangunan eksterior menjadi bagian dari sistem fasad secara desain, baik untuk memenuhi kemampuan termal ataupun secara estetik. Rongga tersebut menjadi jalan bagi api akibat performa kurang baik dari:

- Pemilihan material panel yang mudah terbakar.
- Kompisisi material panel berkontribusi terhadap perkembangan api.
- Celah yang tidak tertutup.

Ketika api merambat dan memasuki rongga di belakang sistem fasad, api dapat memanjang sepuluh kali lipat dari panjangnya untuk mencari oksigen di ruang terbatas dari rongga tersebut, sehingga membakar di belakang sistem fasad tanpa disadari dari luar untuk beberapa lantai di atas sumber api (Gambar 33).



Gambar 33. Mekanisme Perambatan Api pada Rongga selubung bangunan eskternal (Dr. Ankit Sharma et al, 2024)

Untuk menghindari api merambat melalui celah tersebut, berikut beberapa metode yang dapat digunakan:

- Penghalang rongga (*cavity fire barrier*) harus diukur secara horizontal atau vertikal, tergantung pada kasusnya, di sepanjang garis tengah rongga dan tidak secara diagonal.
- Jarak maksimum antara (*cavity fire barrier*) tidak boleh lebih dari 20m secara vertikal. Pada selubung bangunan (fasad) terluar, penghalang rongga (*cavity fire barrier*) berbasis *intumescent* dapat digunakan untuk menghambat penyebaran api dan asap serta menutup rongga.
- Penggunaan *cavity fire barrier* perlu mengikuti data teknis yang dimiliki oleh produsen termasuk cara pemasangan dan performa menahan rambatan api dan

asap. Beberapa referensi mengenai *approval* penghalang rongga (cavity fire barrier) dapat mengacu ke ASFP Technical Guide Document 19:2017 atau EN 13501-1.



**Gambar 34 . Penggunaan Penghalang Rongga (*Cavity Fire Barrier*) berbasis Intumescent
(Hilti & BRE Global).**

6.0 Kriteria Kenyamanan Selubung Bangunan

6.1 UMUM

Selubung bangunan memiliki fungsi untuk melindungi sistem bangunan gedung dan aktivitas yang dilaksanakan penghuni di dalam bangunan sekaligus bersinergi dan berselaras dengan lingkungan di sekitar bangunan tersebut berdiri. Sehingga, ketahanan tekanan (kedap) terhadap udara dan air, kenyamanan termal di dalam bangunan dan kenyamanan visual terhadap lingkungan di sekitar bangunan menjadi kriteria yang wajib dipenuhi dalam desain selubung bangunan.

6.2 KENYAMANAN TERHADAP PANAS (*THERMAL*)

Selubung bangunan yang berfungsi layak dapat mendukung kenyamanan suhu untuk aktivitas penghuni. Prasyarat terkait kenyamanan suhu dapat merujuk ke Peraturan Menteri PUPR nomor 21 tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau, SEM PUPR nomor 1 tahun 2022 tentang Petunjuk Teknis Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau dan SNI 03-6389 terkait konservasi selubung bangunan.

6.3 KENYAMANAN VISUAL

Tujuan dari kenyamanan visual dalam petunjuk ini adalah untuk mengurangi dampak silau akibat dari pantulan *specular* (seperti pantulan cermin) dari selubung bangunan terhadap lingkungan sekitar. Selain cahaya, pantulan *specular* juga memantulkan panas ke lingkungan sekitar sehingga mengganggu kenyamanan pengguna bangunan.

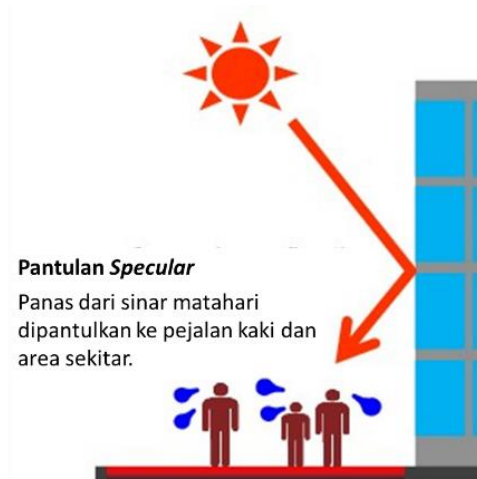
Ilustrasi pantulan *specular* dapat dilihat pada Gambar 35a dan 35b, sementara pantulan panas pada Gambar 35c. Oleh sebab itu, nilai maksimum pantulan *specular* pada setiap elemen selubung bangunan yang terbuat dari kaca ataupun aluminium adalah 24% merujuk ke peraturan daerah DKI Jakarta No 7 tahun 1991 tentang bangunan dalam wilayah DKI Jakarta.



Gambar 35a - Ilustrasi pantulan specular pada bidang miring



Gambar 35b - Ilustrasi pantulan specular pada bidang tegak



Gambar 35c - Ilustrasi efek panas dari pantulan

⁷Gambar 35 - Ilustrasi Pantulan *Specular* pada Selubung Bangunan.

6.4 KENYAMANAN AKUSTIK

Untuk area dengan tingkat kebisingan yang tinggi atau area dengan kriteria tertentu yang perlu dicapai, koordinasi dengan konsultan akustik diwajibkan. Persyaratan terkait kriteria akustik pada bangunan dapat mengacu pada SNI 03-6386 atau standar lain yang dapat diterima terkait spesifikasi tingkat bunyi dan waktu dengung dalam bangunan gedung dan perumahan.

⁷ Lihat daftar pustaka untuk sumber referensi Gambar 35, urutan dari kiri ke kanan.

7.0 Kriteria Daya Tahan dan Umur Selubung Bangunan

7.1 UMUM

Umur desain selubung bangunan harus memiliki daya tahan minimal selama 30 (tiga puluh) tahun. Dengan kata lain, selubung bangunan minimal harus dapat berdiri secara sistem dengan aman minimal selama 30 (tiga puluh) tahun.

Kontraktor fasad berkewajiban dan bertanggung jawab untuk menyediakan dan menyerahkan ke pemilik gedung atau wakil pemilik gedung dokumen berikut:

- a. Gambar kerja untuk seluruh area, termasuk area tipikal maupun non tipikal;
- b. Analisis penghitungan elemen struktur fasad untuk seluruh area, termasuk area tipikal maupun non tipikal;
- c. Material yang akan digunakan.

7.2 KRITERIA KOMPONEN SELUBUNG BANGUNAN

7.2.1 *Komponen Utama*

Komponen utama harus mempunyai perkiraan masa hidup tidak kurang dari 30 tahun, tanpa memerlukan perawatan selain pembersihan rutin. Komponen utama adalah sebagai berikut:

- a. Semua komponen kerangka, pengikatnya, dan keterikatannya pada struktur
- b. Panel dan pengikatnya
- c. Komponen logam lainnya
- d. *Flashing*, talang, *coping*, dan elemen logam cuaca lainnya
- e. Perekat yang tersembunyi, dan tidak dapat diperiksa tanpa membongkar selubung bangunan.

7.2.2 *Komponen Sekunder*

Komponen sekunder mempunyai perkiraan masa hidup kurang dari 30 tahun, dengan pembersihan dan perawatan rutin. Komponen sekunder yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- a. Lapisan dalam;
- b. Perlengkapan jendela dan pintu;
- c. Lapisan;
- d. Gasket dan segel kompresi;
- e. Perekat.

Penyuplai komponen fasad bangunan harus menyatakan perkiraan masa hidup untuk setiap komponen sekunder dan memberikan panduan tentang pemeliharaan yang

dibutuhkan, penggantian yang diperlukan, dan metode penggantian. Komponen sekunder harus dapat diganti dengan mudah tanpa mengorbankan struktur atau integritas selubung bangunan yang tahan cuaca. Komponen sekunder harus dapat diganti tanpa pembongkaran selubung bangunan.

7.2.3 *Korosi*

Komponen metal yang bersentuhan dengan metal lain, harus diberi isolasi. Risiko korosi bimetal akibat kontak antara logam yang berbeda harus memenuhi kebutuhan isolasi bahan material.

7.2.4 *Infestasi (Serangan Hama atau Parasit)*

Bahan material yang digunakan tidak rentan terhadap serangan mikroorganisme, jamur, serangga, atau hama lainnya.

8.0 Prosedur Uji Kinerja Selubung Bangunan

8.1 UMUM

Pengujian (*testing*) adalah salah satu aspek terpenting dalam evaluasi sistem fasad. Proses pengujian bertujuan untuk menyoroti kelemahan desain dan menemukan area yang mengalami kesalahan dalam pemasangan untuk menghindari pengerjaan perbaikan di masa depan.

Terdapat 2 pengujian, yaitu:

- a. Pengujian performa model fasad prototipe (*Performance Mock-up Test*), yang dilakukan di laboratorium pengujian.
- b. Pengujian di lapangan (*Site Field Test*), yang dilakukan di lapangan pada saat pengerjaan pemasangan selubung bangunan.

8.2 PENGUJIAN PERFORMA FASAD PROTOTIPE (*PERFORMANCE MOCK-UP TEST*)

Uji performa fasad wajib dipenuhi untuk menjamin kenyamanan dan keamanan dalam gedung. Gedung dengan ketinggian 15 lantai atau lebih dari 60 meter disarankan untuk melakukan pengujian performa fasad dilakukan di laboratorium pengujian.

Semua komponen spesimen uji termasuk *mullion*, transom, sambungan, perangkat pengunci, sealant, gasket, bahan pendukung, kaca, angkur, penyangga struktural, lubang penguras, sekrup, baut, dan mur harus sama dengan yang digunakan untuk sistem dinding tirai yang digunakan pada bangunan sebenarnya.

Spesimen uji (*test specimen*) harus dibangun sedekat mungkin dengan sistem instalasi yang digunakan di lapangan dan menggunakan metode pemasangan yang sama untuk memastikan kondisi serupa pada semua elemen struktural. Untuk konfigurasi lain, dimensi spesimen uji harus ditentukan oleh arsitek atau konsultan.

Spesimen uji (*test specimen*) harus memiliki ukuran yang cukup untuk memastikan bahwa semua elemen kritis dari selubung gedung mampu memenuhi kriteria kinerja yang ditentukan

Pengujian minimum yang harus dilakukan terdapat dalam daftar berikut:

8.2.1 Uji Pra-pembebanan

Benda uji (*specimen*) harus diberi beban awal hingga 50% dari tekanan angin yang diterapkan pada permukaan desain interior atau eksterior fasad selama 10 detik sebelum evaluasi.

8.2.2 Siklus Pembukaan dan Penutupan Sash (Open and Close Cycle)

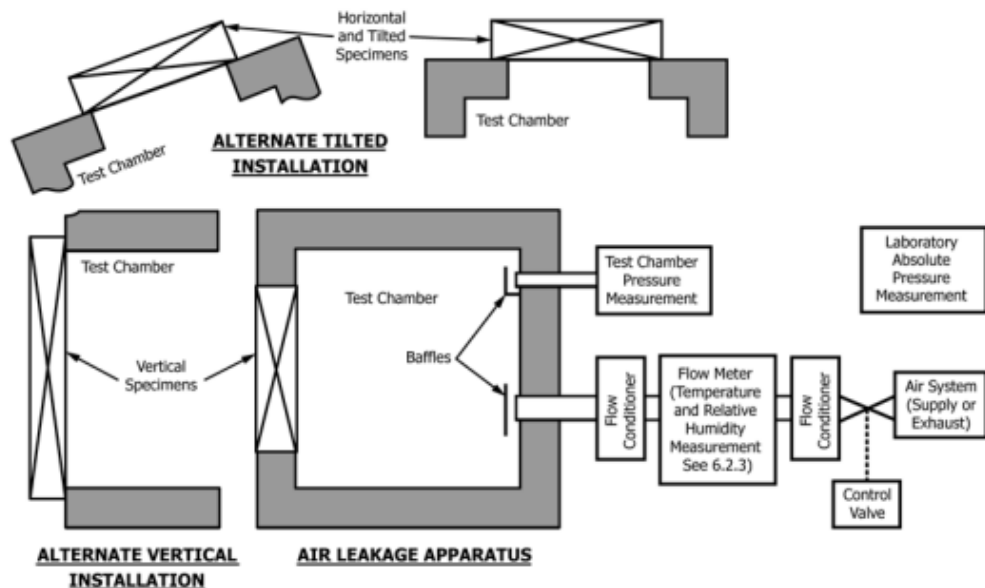
Bukaan jendela/pintu yang dipilih untuk pengecekan harus dipastikan bahwa masing-masing panel dapat terbuka dan tertutup dengan baik menggunakan sistem/mekanisme penguncian (*locking*) yang diulangi selama 50 siklus.

8.2.3 Uji Performa terkait Kebocoran Udara

Uji kebocoran udara harus mengikuti ASTM E283 (*Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Skylights, Curtain walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen*).

Pengujian terkait kebocoran udara harus mengikuti standar berikut:

- Apabila desain beban angin kurang dari atau sama dengan 1.200 Pa perbedaan tekanan statis sekurang-kurangnya 240 Pa. Apabila desain beban angin lebih dari 1.200 Pa perbedaan tekanan statis sekurang-kurangnya 300 Pa.
- Kebocoran bingkai harus kurang dari $0.0158 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ (tidak termasuk ventilasi).
- Kebocoran ventilasi harus kurang dari $0.0213 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}$ terhadap perimeter ventilasi.



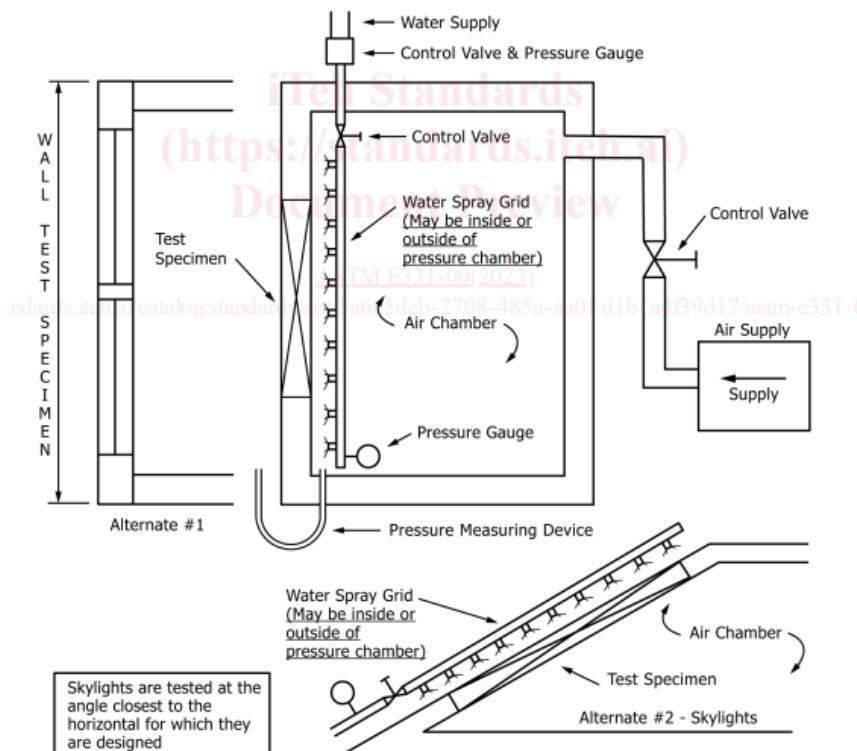
Gambar 36 – Penyusunan Umum Pengujian Kebocoran Udara (ASTM E 283, 2019)

8.2.4 Uji Performa terkait Kebocoran Air

Uji kebocoran air (Gambar 37) harus mengikuti ASTM E 331 (*Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference*).

Pengujian terkait kebocoran air harus mengikuti standar berikut:

- Perbedaan tekanan pengujian sekurang-kurangnya 240 Pa atau 30% dari desain beban angin, mana pun yang lebih besar;
- Laju aliran air adalah 4,0 liter/min/m² untuk keseluruhan prototipe;
- Durasi pengujian adalah 15 menit;
- Tidak boleh ada kebocoran yang tidak terkontrol. Air harus ditampung dan dikeluarkan melalui sistem drainase dalam bingkai ke luar ruangan;
- Tidak boleh ada tanda basah yang tampak pada permukaan;
- Tidak boleh ada noda ataupun kerusakan pada bangunan yang sudah selesai;
- Apabila terdapat kebocoran, sumber kebocoran harus dapat diidentifikasi.



Gambar 37 – Penyusunan Umum Pengujian Kebocoran Air (ASTM E 331, 2023)

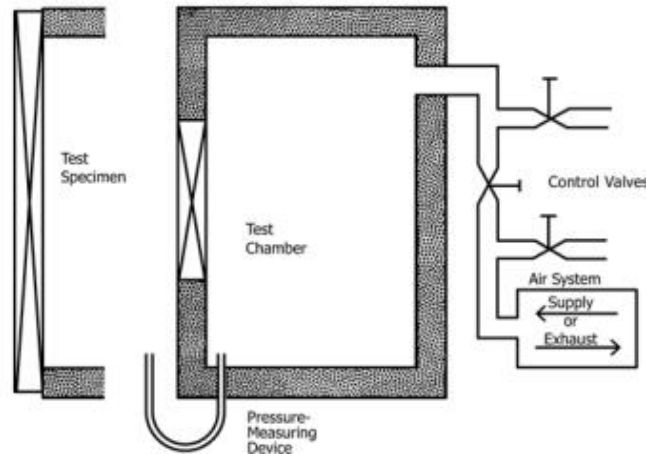
8.2.5 Uji Performa terkait Pembebanan Akibat Perbedaan Tekanan Udara

Uji pembebanan akibat perbedaan tekanan udara (Gambar 38) harus mengikuti ASTM E 330 (*Structural Performances of Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors by Uniform Static Air Pressure Difference*).

Pengujian terkait pembebanan akibat perbedaan tekanan udara harus mengikuti standar berikut:

- Benda uji (*specimen*) harus diberi beban awal hingga 50% dan 100% dari tekanan angin baik positif dan negatif yang diterapkan pada permukaan desain eksterior selubung bangunan (fasad).

- b. Seluruh beban atau tekanan, harus dilaksanakan selama 10 menit sebelum mengambil data dari *transducers*.
- c. Setelah uji pembebanan selesai, defleksi tetap (*permanent deformation*) tidak boleh melebihi 1mm. Defleksi tetap dihitung 3 menit setelah beban ditiadakan.



Gambar 38 – Penyusunan Umum Pengujian Perbedaan Tekanan Udara (ASTM E 330, 2021)

8.2.6 Uji Performa terkait Perlengkapan Eksternal Lainnya

Direkomendasikan agar perlengkapan eksternal seperti pelindung matahari (*sun shading*) dan sirip (*fin*) diuji sesuai dengan tekanan angin dan beban hidup sesuai dengan spesifikasi yang diberikan oleh ahli fasad. Hal ini mencakup penentuan titik pembebanan dan pemberlakuan pembebanan di lokasi kritis selama minimal 15 detik untuk menghitung defleksi pada sistem di setiap titik pembebanan. Setelah beban dilepas, benda uji diperiksa untuk identifikasi adanya tanda-tanda kerusakan atau kegagalan.

8.2.7 Re-testing pada Pemasangan

Jika terjadi kegagalan dalam pengujian permeabilitas udara atau kedap air atau uji pembebanan yang memerlukan modifikasi pada gasket, segel sambungan, atau detail drainase, maka pengujian (*performance mock-up test*) harus diulangi secara penuh.

8.3 PENGUJIAN DI LAPANGAN (SITE FIELD TEST)

Pengujian laboratorium dapat memberikan informasi berharga tentang performa fasad secara umum. Namun, terdapat keterbatasan di mana pengujian tersebut belum mampu menjamin performa fasad di lokasi pemasangan yang sesungguhnya. Performa fasad di lapangan akan tergantung pada kualitas pengerjaan yang dipengaruhi oleh faktor manusia dan variasi kondisi lokasi yang luas. Tujuan dari pengujian lapangan

adalah untuk mengevaluasi kualitas pemasangan dan menyoroti masalah perakitan situs yang tidak terduga dan digunakan sebagai sarana untuk pengendalian kualitas.

8.3.1 Uji Kebocoran Air

Uji kebocoran air harus mengikuti AAMA 501.2 (*Quality Assurance and Diagnostic Water Leakage Field Check of Installed Storefronts, Curtain Walls, and Sloped Glazing Systems*) menggunakan hose. Uji kebocoran test dilakukan di berbagai area dari selubung bangunan.

Pengujian menggunakan tekanan konstan antara 30-35 psi diterapkan dari selang berdiameter 19 mm yang dilengkapi dengan nosel. Nosel yang digunakan harus terbuat dari kuningan dengan diameter ½" (inci) sebagai standar pengujian. Disarankan untuk memasang nosel dengan pengukur untuk mengukur jarak dari permukaan uji.

8.3.2 Uji Angkur (Pengikat Penggantung-Bracket)

Direkomendasikan agar 3% atau setara dengan minimum dua angkur per lantai untuk diuji di lokasi menggunakan 1,5 kali beban desain dengan arah beban yang diterapkan tegak lurus atau sejajar dengan struktur yang digunakan.

Hasil pengujian diwajibkan untuk tidak mengalami deformasi permanen atau pelepasan atau kegagalan lainnya pada sistem.

9.0 Perawatan dan Inspeksi Selubung Bangunan

9.1 UMUM

Pemilik gedung wajib melakukan perawatan dan pemantauan terhadap fasad sebagai bagian dari manajemen perawatan bangunan untuk menjaga keamanan fasad melalui deteksi dini pada kerusakan dan perbaikan fasad ketika diperlukan untuk menghindari kemungkinan kegagalan sistem fasad seiring bertambahnya usia bangunan.

9.2 PERAWATAN

Fasad harus dirawat sesuai dengan manual pengoperasian dan pemeliharaan yang diberikan oleh pembuat fasad. Jika manual pengoperasian dan pemeliharaan tidak tersedia, larutan sabun dengan tingkat keasaman netral dapat digunakan. Bahan kimia keras, bersifat merusak, dan mesin cuci bertekanan tinggi tidak boleh digunakan untuk membersihkan selubung bangunan. Perawatan sekurang-kurangnya dilakukan sekali dalam 12 (dua belas) bulan oleh staf manajemen bangunan.

9.3 INSPEKSI (AUDIT)

Fasad yang sudah terpasang disarankan untuk diinspeksi (*audit*) oleh ahli fasad setiap 5 (lima) tahun, sesuai dengan audit SLF (Surat Layak Fungsi).

Tujuan dari pemantauan mencakup, namun tidak terbatas pada hal-hal berikut:

- a. Untuk memastikan selubung bangunan (fasad) berfungsi sebagaimana mestinya;
- b. Untuk meninjau efektivitas metode pembersihan yang digunakan;
- c. Untuk memantau kinerja material dan komponen sistem selubung bangunan terhadap umur yang diperkirakan;
- d. Untuk memeriksa kerusakan atau kegagalan pada suatu bagian dalam sistem;
- e. Untuk memeriksa efektivitas dalam pengerjaan perawatan dan perbaikan.

9.3.1 Lingkup Pekerjaan

Ruang lingkup pemeriksaan selubung bangunan meliputi bagian luar bangunan, segala ciri luar yang melekat pada bangunan, dan bagian bangunan yang terletak pada atau dekat bagian luar bangunan. Elemen-elemen yang dimaksud antara lain:

- a. Setiap jendela, dengan atau tanpa bagian yang dapat digerakkan, seperti jendela atap, panel kaca, batu bata kaca, kisi-kisi, selempang kaca, pintu kaca, lembaran tembus pandang dan bahan bangunan lainnya yang meneruskan cahaya alami langsung dari luar suatu bangunan ke dalam suatu bangunan, bagian dalam gedung;

- b. Kisi-kisi atau penutup, dengan atau tanpa bagian yang dapat digerakkan;
- c. Setiap ubin, pelapis, dinding tirai, pelapis dinding, plester, penggantung (*bracket*) atau kornis (*cornice*);
- d. Selokan, pipa saluran air hujan pada atap kanopi;
- e. Setiap struktur peneduh membran, atau tenda atau perangkat apa pun untuk memberikan keteduhan;
- f. Setiap dinding hijau yang sebagian atau seluruhnya tertutup oleh vegetasi, termasuk setiap penyangga yang menopangnya, media tanam untuk vegetasi tersebut (selain tanah) dan setiap sistem penyaluran air terpadu;
- g. Sekat atau dinding kasa;
- h. Kisi-kisi sirip;
- i. Lapisan tipis (*veneer*) pasangan bata;
- j. Penutup jendela;
- k. Atap kantilever;
- l. Setiap bagian dari dinding beton, pelat beton, balok beton atau kolom beton;
- m. Birai eksternal;
- n. Tanda penunjuk arah, papan nama, tanda langit, papan reklame animasi atau lainnya;
- o. Struktur periklanan yang mencakup bingkai, panel, papan penimbun atau struktur pendukung lainnya sebagai tanda penunjuk arah, papan nama, *sky sign*, papan reklame animasi atau struktur periklanan lainnya;
- p. Rak pengering pakaian;
- q. Sistem plafon gantung;
- r. Sistem yang dipasang di bawah atau digantung di serambi, *porte-cochere*, tempat tertutup berkumpul atau jalan setapak, atau tempat perlindungan serupa yang terletak di pintu masuk atau sisi bangunan atau proyek dari atau dekat tepi luar bangunan; ruang di bawahnya yang dapat diakses oleh masyarakat
- s. Salah satu dari berikut ini yang digunakan atau dapat digunakan untuk melampirkan, atau mendukung atau dapat mendukung untuk digunakan dengan, bangunan, peralatan apa pun yang dipasang di luar:
 - Penggantung (*bracket*) logam atau beton, atau sistem pendukung struktur serupa melekat pada gedung dan peralatan yang dipasang di luar (jika ada);

- Kabel dan komponen pendukung struktur terkait lainnya sistem yang memiliki kabel atau komponen yang melekat pada gedung dan peralatan lainnya yang dipasang di luar (jika ada).

9.3.2 Inspeksi Menyeluruh (*Full Inspection*)

Inspeksi menyeluruh adalah observasi visual yang dilakukan untuk mengamati dan menilai kondisi seluruh fasad pada jarak tertentu dari permukaan tanah atau titik pandang lain, sehingga bangunan dapat terlihat secara utuh. Penilik (*inspector*) selubung bangunan harus di bawah pengawasan langsung ahli fasad serta harus memperhatikan kerusakan dan pergeseran elemen selubung bangunan baik horizontal maupun vertikal.

Peralatan seperti kamera fotografi dan teropong wajib digunakan untuk membantu inspeksi selubung bangunan untuk mencatat kondisi selubung bangunan. Foto beresolusi tinggi yang menunjukkan semua tampilan elevasi, tampilan jauh, dan tampilan jarak dekat dari selubung bangunan yang diperiksa, termasuk kecacatan pada fasad yang diamati selama tahap ini harus diambil selama masa inspeksi.

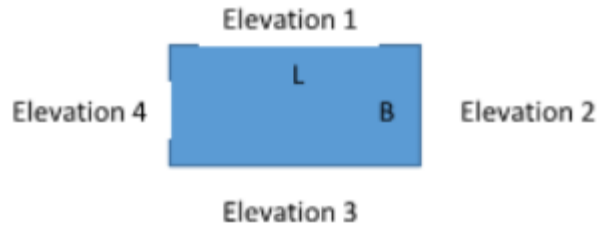
9.3.3 Inspeksi Jarak Dekat (*Close-Range Inspection*)

Inspeksi jarak dekat adalah inspeksi visual selubung bangunan dari jarak dekat dengan melakukan pemeriksaan rinci terhadap elemen-elemen selubung bangunan, serta mengevaluasi kondisi selubung bangunan yang mungkin tersembunyi atau tidak dapat diamati selama inspeksi visual penuh.

Ahli selubung bangunan (fasad) harus melakukan inspeksi fasad jarak dekat pada bagian-bagian yang sesuai di setiap elevasi bangunan, dengan cakupan minimum 10% dari luas permukaan setiap elevasi bangunan.

Adapun ketentuan lain yang wajib dilakukan dalam inspeksi adalah:

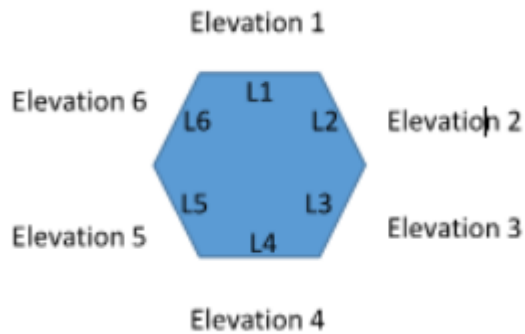
- a. Untuk bangunan yang memiliki ceruk atau area tersembunyi pada tampaknya, ceruk tersebut harus dihitung terhadap total luas permukaan tampak bangunan untuk pemeriksaan jarak dekat. Ahli fasad harus menilai dan memutuskan apakah inspeksi harus dilakukan untuk ceruk tersebut;
- b. Inspeksi jarak dekat juga berlaku pada elemen fasad luar di bagian bawah jembatan layang dan lantai menjorok pada bangunan kantilever. Luas bagian bawah setiap jembatan layang atau lantai yang menjorok harus diperhitungkan dalam total luas tampak bangunan;
- c. Berikut merupakan contoh perhitungan 10% pada elevasi selubung bangunan:



Gambar 39 – Ilustrasi Denah Gedung A

Gedung A dengan tinggi total H, mempunyai denah persegi panjang dan 4 tampak bangunan. Cakupan minimum inspeksi “jarak dekat” adalah sebagai berikut:

- Ketinggian 1 – 10% dari $(L \cdot H)$ m²
- Ketinggian 2 - 10% dari $(B \cdot H)$ m²
- Ketinggian 3 – 10% dari $(L \cdot H)$ m²
- Ketinggian 4 - 10% dari $(B \cdot H)$ m²



Gambar 40 – Ilustrasi Denah Gedung B

Gedung B dengan tinggi total H, mempunyai denah heksagonal dan 6 tampak bangunan. Cakupan minimum inspeksi “Jarak Dekat” adalah sebagai berikut:

- Ketinggian 1 – 10% dari $(L1 \cdot H)$ m²
- Ketinggian 2 – 10% dari $(L2 \cdot H)$ m²
- Ketinggian 3 – 10% dari $(L3 \cdot H)$ m²
- Ketinggian 4 – 10% dari $(L4 \cdot H)$ m²
- Ketinggian 5 – 10% dari $(L5 \cdot H)$ m²
- Ketinggian 6 – 10% dari $(L6 \cdot H)$ m²

9.4 ***PERBAIKAN***

Apabila pada saat inspeksi ditemukan kerusakan pada selubung bangunan yang akan berpengaruh pada keamanan pengguna bangunan dan sekitarnya, maka pemilik gedung wajib melakukan perbaikan terhadap fasad sebagai bagian dari manajemen perawatan bangunan. Perbaikan harus diawasi secara berkala oleh ahli fasad.

10.0 Daftar Pustaka

- 1 Saint-gobain-glass.co.uk. Tanpa Tanggal. *Mechanical Properties of Glass*. Diakses pada 25 November 2023, dari <https://www.saint-gobain-glass.co.uk/en-gb/architects/physical-properties>
 Mit.edu. Tanpa Tanggal. *Material Property Database*. Diakses pada 25 November 2023, dari <https://www.mit.edu/~6.777/matprops/aluminum.htm>
 Kg-m3.com. Tanpa Tanggal. *All about Density*. Diakses pada 25 November 2023, dari <https://kg-m3.com/material/steel>
 Sciencedirect.com. Tanpa Tanggal. *Mineral Wool*. Diakses pada 25 November 2023, dari <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/mineral-wool>
 SNI-2847-2019: "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung 1"
- 2 Fibretech.org. Tanpa Tanggal. *GRC Guide*. Diakses pada 25 November 2023, <https://fibretech.org/grc-guide/>
 AS HB 212-2002: "Design Windspeed for the Asia-Pacific Region"
- 3 Glassed.vitroglazings.com. Tanpa Tanggal. *Heat Strengthened vs. Tempered Glass*. Diakses pada 25 November 2023, dari <https://glassed.vitroglazings.com/topics/heat-strengthened-vs-tempered-glass>
- 4 Careyglass.com. 28 September 2015. *Why Do We Heat Soak Test?*. Diakses pada 25 November 2023, dari <https://www.careyglass.com/heat-soak-test/>
- 5 Arcemetal.com. Tanpa Tanggal. *Railing Systems*. Diakses pada 10 Desember 2023, dari <https://arcemetal.com/en/our-products/railing-systems/>
- 6 Vetrotech.com. Tanpa Tanggal. *Skylight and Sloped Glazing*. Diakses pada 10 Desember 2023, dari <https://www.vetrotech.com/skylights>
 Glassflooring.com. Tanpa Tanggal. *Bridging The Gap with Glass Bridges*. Diakses pada 10 Desember 2023, dari <https://glassflooring.com/glass-bridges/>
 Continuingeducation.bnpmmedia.com. Desember 2018. *Perimeter Fire Containment and Engineering Judgments*. Diakses pada 10 Februari 2024, dari <https://continuingeducation.bnpmmedia.com/courses/owens-corning/perimeter-fire-containment-and-engineering-judgments/>
 Sharma, Ankit & Zhang, Tianhang & Dwivedi, Gaurav. (2024). *Façade Fires in High-Rise Buildings: Challenges and Artificial Intelligence Solutions*. 10.1007/978-3-031-46688-5_6
- 7 Mornglass.com. Tanpa Tanggal. *Light Pollution of Glass Curtain wall*. Diakses pada 10 Desember 2023, dari <https://www.mornglass.com/light-pollution-of-glass-curtain-wall.html>
 Rwdi.com. Tanpa Tanggal. *Quantifying Buildings' Interaction with The Sun to Ensure Efficiency, Comfort and Safety*. Diakses pada 10 Desember 2023, dari https://rwdi.com/en_ca/services/all-services/glare-and-reflections/
 Yoshida, S., Yumino, S., Uchida, T., & Mochida, A. 2014. *Effects of windows with heat ray retro-reflective film on outdoor thermal environment and building cooling load*. Diakses pada 10 Desember 2023, dari <https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-windows-with-heat-ray-retro-reflective-Yoshida-Yumino/0809b1e6aed8bb32c7265ffcd29b871c95efb584>

TIM PENYUSUN dan TIM PENGUJI

DESAIN SELUBUNG BANGUNAN

Tim Penyusun:

Ketua:

Timothy A. Soebroto, S.T., M.T.

Ketua Tim Regulasi

PERAFI

Direktur Regional

Meinhardt Facade Technology

Anggota:

- | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------------|
| ▪ Bagus Triadi Gumilar, S.T. | Senior Facade Engineer | Meinhardt Facade Technology |
| ▪ Dana Lutfi Ilmansyah, S.T., M.Sc. | Structural Fire Eng. | Hilti |
| ▪ Irene Hutami, S.T., M.Sc. | Managing Associate | PDW |
| ▪ Ledy Diana, S.T, M.Sc. | Senior Facade Consultant | Meinhardt Facade Technology |
| ▪ Lina Shofiyyah Astuti, S.T., M.Sc. | Facade Consultant | Meinhardt Facade Technology |
| ▪ Putra Narjadin, B.Sc. Eng., B.B.A. | Ketua Umum | Asosiasi Kaca Lembaran & Pengaman |
| | CEO | Sinar Rasa Kencana |
| ▪ Ir. Jo Joharno, M.M. | Direktur | Trimatra Tatagraha |
| ▪ Ir. Taris Zulqisthi Masulili, S.T., M.T. | Facade Engineer | Meinhardt Facade Technology |

Tim Penguji:

Ketua:

- Ar. Doti Windajani, IAI, AA

Direktur

Quadratura Indonesia

Anggota:

- | | | |
|---|--|---------------------------------------|
| ▪ Andika Wahyu Bharata, S.T, M.T. | Direktur | Indalex |
| ▪ Aryo Angkoso, S.T., M.M. | Associate – Indo Facade Leader | ARUP |
| ▪ Ar. Budi Summatmadjia, IAI, AA | Presiden Direktur | Anggara Architeam |
| ▪ Ir. Fibra Reelianto | Ketua Umum | PERAFI |
| | Direktur | FRESULTAMA KONSULTINDO ASIA (FRESULT) |
| ▪ Frans Surjadi, S.T. | Direktur | Astra Property |
| ▪ Merry Morfosa, S.T, M.T. | Dinas Cipta Karya, Tata Ruang dan Pertanahan | Pemerintah Daerah DKI Jakarta |
| ▪ Ar. Moeh. Deni Desvianto, IAI, AA, GP | Direktur Teknik & Operasional | PDW |
| ▪ Ar. Prasetyoadi, IAI, AA, IAP | Direktur Utama | PDW |

PENUTUP

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada IAI Jakarta atas inisiasi dan peran aktifnya dalam pengembangan Desain Selubung Bangunan. Kontribusi IAI Jakarta sangat berharga dalam mendorong standar yang lebih baik bagi industri fasad di Indonesia.

Kami juga mengapresiasi dedikasi dan kontribusi tim perumus, tim penguji dan semua pihak yang telah terlibat dan berperan aktif dalam memastikan standar yang tinggi dan penerapan yang tepat.

Kami berharap kolaborasi ini terus berlanjut untuk menciptakan lingkungan binaan yang lebih berkualitas dan berkelanjutan

Fibra Reelianto

Ketua Umum PERAFI

Perkumpulan Ahli Fasad Indonesia (PERAFI) adalah organisasi independen yang didirikan pada 24 September 2020, dengan tujuan meningkatkan kualitas industri fasad bangunan di Indonesia serta membangun hubungan bisnis yang berkelanjutan dan adil. Organisasi ini berkomitmen untuk berpartisipasi dalam penyusunan kode bangunan terkait fasad, menyediakan pendidikan fasad guna meningkatkan kualitas sumber daya manusia sesuai standar internasional, dan mendorong peningkatan teknologi, material, serta metode untuk mencapai kualitas fasad yang baik.

SELESAI