

“FASADE KACA PINTAR” Teknologi Inovatif Bangunan Tinggi Hemat Energi

Jimmy Priatman

Staf Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Arsitektur – Universitas Kristen Petra

ABSTRAK

Fasade Kaca Pintar merupakan suatu konsep teknologi mutakhir dinding tirai kaca yang mempertemukan kepentingan ekologi maupun ekonomi bagi bangunan perkantoran bertingkat tinggi yang dikondisikan sepenuhnya (fully air-conditioned). Ia mampu mengurangi pantulan panas matahari dari bangunan bangunan kaca tinggi yang menyebabkan meningkatnya temperatur lingkungan diperkotaan (heat-island effect) maupun efek rumah kaca pada atmosfer bumi (green house effect). Selain itu ia mereduksi penggunaan energi yang dipakai untuk sistim tataudara dengan cara mengeliminir beban pendinginan eksternal.

Disebut sebagai **fasade kaca pintar**, karena kemampuan otomatis sistim ini untuk selalu ber adaptasi dengan pergantian cahaya dan kondisi cuaca sepanjang tahun dengan cara meng optimasi sumber energi yang dapat diperbarui (radiasi matahari dan kecepatan udara) pada selubung luar bangunan. Aplikasi sistim ini pada bangunan tinggi akan dapat memainkan peranan besar dalam usaha untuk melindungi lingkungan global kita.

Kata kunci : selubung bangunan, dinding tirai kaca, fasade kaca pintar.

ABSTRACT

Intelligent Glass Façade is a state of the art technology concept of curtain wall to meet ecological and economical importance in the kind of fully glazed office buildings, that needed full air-conditioning. It reduces solar thermal reflection of glass towers that may cause heat-island effect in the urban center as well as it decreases greenhouse effect in the earth's atmosphere. At the same time it lowers energy consumption levels by reducing external cooling load of air-conditioning system.

An intelligent glass façade makes use of self-regulating thermal protection and solar control measures to adapt in a dynamic way to changing light and weather conditions all over the year by optimizing renewable energy sources such as solar radiation and air flows on the building envelope. Extensive application of this method to high-rise buildings will play a major role in protecting our environment.

Keywords : building envelope, curtain wall, intelligent glass façade.

SELUBUNG BANGUNAN DAN DINDING TIRAI KACA

Bangunan bangunan pada masa pra-industri umumnya didirikan dengan dinding dinding pemikul beban yang mempunyai fungsi struktural dan isolasi termal. Bangunan bangunan ini secara fisik berfungsi dengan baik. Pada daerah beriklim dingin, dinding bata tempat perapian menghasilkan dan menyimpan panas sepanjang siang dan memancarkan kehangatannya kembali keseluruh ruang pada malam hari bahkan lama setelah perapiannya padam. Pada iklim panas, bangunan ini menghasilkan pembayangan bersamaan dengan kemampuan dinding masif untuk meredam panas matahari dan memelihara kenyamanan ruang dalam dari panasnya matahari.

Dominasi bangunan bangunan semacam ini disebagian besar masa sejarah dihasilkan oleh sebab keterbatasan material bangunan yang tersedia maupun keterbatasan teknologi pada masa itu. Beberapa bangunan dikerjakan oleh seniman seniman yang mengenal betul tentang material bangunan dan mengerti karakteristik material lokal dan metode untuk memasangnya. Apa yang dihasilkan pada masa itu adalah teknik teknik membangun yang sesuai dengan kondisi iklim setempat. Pengetahuan yang baik akan sifat-sifat material memungkinkan para ahli untuk merancang dan membangun dengan kaidah fisik, lingkungan dan estetik yang memuaskan.

Perkembangan struktur rangka baja yang diikuti oleh struktur rangka beton pada abad ke 19 menandai berakhirnya dominasi konstruksi

sistim dinding pemikul. Para arsitek dan insinyur menemukan kebebasan melalui teknologi baru sistim struktur rangka, dan mereka mulai mencari metode untuk membentuk ruang untuk melengkapi sistim itu. Struktur rangka baja dan beton mampu menjamin kekokohan bangunan untuk menahan beban gravitasi maupun lateral sesuai dengan ketinggian yang dibutuhkan. Suatu ruang bangunan terbentuk dalam sistim rangka baja/beton kemudian membutuhkan kulit penutup yang dalam istilah teknik bangunan disebut **“building envelope”** atau **selubung bangunan** untuk melindungi bagian interiornya dari elemen cuaca diluar bangunan dan sekaligus menampilkan komponen visual eksteriornya. Bangunan bangunan tinggi ini, yang dimungkinkan dengan keberadaan sistim struktur rangka baja/beton, melengkapi para penghuninya dengan cahaya penerangan yang melimpah dan pandangan panoramik bebas, suatu kenikmatan yang sulit didapatkan dari sistim dinding pemikul terdahulu. Fasade dengan kemungkinan penggunaan kaca yang ekspansif timbul sebagai jawaban atas tuntutan kebutuhan manusia terhadap kenyamanan kenyamanan tersebut. Lahirlah apa yang dinamakan dengan **“curtain wall”** atau **“dinding tirai kaca”**.

Dalam abad kedua puluh, tipe tipe bangunan, material dan metode metode baru muncul dengan tingkat akselerasi yang tinggi. Pengadaan kode dan regulasi bangunan menggantikan penghayatan material dan metode yang komprehensif sebelumnya, tes tes standar menggantikan metode empiris para pembuat bangunan terdahulu, dimana untuk mencapai langkah inovasi modern, suatu tingkat kompetensi disain dan konstruksi tertentu seringkali diabaikan. Abad ini ditandai dengan meningkatnya kemampuan teknologi namun dengan keterbatasan energi yang tidak dapat diperbarui (energi fosil/minyak bumi) dan pada saat yang sama terjadi pemborosan energi besar besaran secara kontinyu. Bangunan tinggi dengan dinding tirai kaca merupakan pengguna energi yang potensial dimana sebagian besar energi diperlukan untuk mengaktifkan sistim tata udara maupun tatacahaya guna menjamin tingkat kenyamanan tertentu didalamnya. Besarnya energi yang diperlukan bagi sistim tata udara sangat ditentukan oleh perolehan panas (beban pendinginan) yang terjadi melalui dinding tirai kaca secara konduksi, konveksi dan radiasi termal. Semakin luas dinding tirai kaca,

semakin besar pula penggunaan energi bangunan.

Disamping meningkatkan konsumsi energi, gedung gedung dengan dinding tirai kaca ini menyebabkan naiknya temperatur lingkungan kota (heat-island effect) maupun temperatur global (greenhouse effect) sebagai akibat dari refleksi panas matahari yang menerpa bangunan bangunan itu. Kesadaran akan bahaya merusakkan alam melalui udara yang berlangsung secara terus menerus dan dalam jumlah yang besar menimbulkan tantangan untuk memanfaatkan teknologi guna memperkecil akibat akibat tersebut. Dikembangkanlah teknologi pembuatan produk material kaca yang mempunyai efisiensi tinggi (high performance glass, photochromic glass, anti-reflection coatings, thermochromic layers, insulating glass, low-e glass, dsb.) secara statik dan sistim dinding aktif yang memanfaatkan aerodinamik udara pada bangunan tinggi secara dinamik. Timbulah kemudian teknologi inovatif yang diaplikasikan pada dinding tirai kaca yang selanjutnya disebut sebagai **“intelligent glass façade”** atau **fasade kaca pintar**.

KRITERIA DISAIN DINDING TIRAI KACA

Material yang lazim dipergunakan dalam selubung bangunan (*building envelope*) digolongkan menjadi tujuh kategori yaitu material semen/beton, material bata, material batu, material logam, material kaca, material plastik, material membran/tekstil.

Selubung bangunan dari material kaca disebut sebagai dinding tirai kaca (*curtain wall*) dan dapat didefinisikan sebagai dinding luar tanpa pemikul beban yang umumnya dirangkai dari elemen elemen rakitan industri yang repetitif (kaca, aluminium, baja biasa, baja tahan karat) dan diproduksi dibawah kontrol kualitas yang ketat.

Disain dinding tirai kaca harus memenuhi beberapa kriteria disain sebagai berikut:

1. Kriteria Lingkungan :

Menanggulangi penetrasi air, mencegah kebocoran udara, mengontrol cahaya, radiasi panas, konduksi panas, uap air, mencegah kebisingan dan tahan cuaca.

2. Kriteria Struktural :

Resistansi beban angin, fleksibel terhadap pergerakan struktur, ekspansi dan kontraksi termal dan uap air, tahan api .

3. Kriteria Beaya :

Beaya dinding tirai kaca bervariasi antara 5 – 20% dari biaya total bangunan. Diperlukan pertimbangan yang seksama antara biaya awal dan biaya operasional.

4. Kriteria Regulasi Bangunan :

Memenuhi persyaratan regulasi bangunan setempat. Umumnya persyaratan terhadap ketahanan api (fire rating), pembebanan angin dan ketahanan gempa, regulasi zoning dan ordinansi lokal yang harus dipenuhi.

5. Kriteria Estetika :

Penampilan eksterior sesuai dengan langgam arsitektur tertentu dalam konteks disain tata kota dan kultural setempat.

6. Kriteria Konstruksi :

Metode ereksi yang tepat dengan kondisi tapak setempat, jadwal pelaksanaan, kapabilitas tenaga kerja dan manajemen konstruksi yang dipergunakan.

7. Kriteria Pemeliharaan :

Pembersihan rutin, pemeliharaan preventif, penggantian suku cadang selama umur bangunan.

Beberapa sistem dinding tirai kaca pada generasi ini antara lain

- **“The Unit System”** dimana semua komponen dinding dibuat dipabrik dan meminimalkan pembuatan dilapangan,
- **“The Unit and Mullion System”** dimana sistem ini menawarkan gabungan dari dua sistem terdahulu
- **“The Panel System”** dimana modul dinding tirai kaca yang berupa panel panel gabungan kaca, beton, batu granit/marmer, fiber glass diselesaikan dipabrik dibawah kontrol mutu yang konstan dan diangkut ke proyek sebagai produk jadi dan telah dites, kemudian dilekatkan pada lantai bangunan.
- **“The Column Cover and Spandrel System”** dimana sistem ini menekankan modul struktur bangunan secara dominan dan diikuti oleh modul dinding tirai kaca seperti sistem lainnya.

EVOLUSI TEKNOLOGI DINDING TIRAI KACA

Generasi Pertama (1900-1950)

Teknik modern untuk dinding tirai kaca ini pada prinsipnya merupakan prafabrikasi dari sebagian komponennya yang dibuat di workshop atau dipabrik. Yang tergolong dalam generasi pertama ini adalah :

- **“The Stick System “** dimana komponen utamanya adalah *metal mullions* yang dipasang vertikal langsung di fasade bangunan dan dirangkai dengan batang horisontal serta panel segi empat dari kaca atau plat aluminium. Sistem ini diassembly dilapangan dibawah variabel cuaca dan bisa disesuaikan dengan kondisi bangunan dalam masa konstruksi.

Generasi Kedua (1950-1980)

Dalam periode ini teknik teknik baru dan lanjutan dikembangkan antara lain dengan memanfaatkan *pressure equalisation system* yang mengandalkan kesamaan tekanan didalam rongga rangka metal diantara kulit luar dan dalam, penggunaan *water barrier* diantara lantai lantai bangunan, peningkatan kinerja teknis.

Generasi Ketiga (1980 – 1990)

Generasi ketiga dinding tirai kaca ini ditandai dengan peningkatan teknik detail dan diversifikasi penggunaannya menjadi “produk global” yang dihasilkan dari pengalaman pengalaman dan uji coba sistem diseluruh dunia.

Penemuan penemuan baru dalam generasi ketiga (disebut generasi dewasa) antara lain adalah:

- *Structural sealant* digunakan secara meluas diseluruh dunia. Bidang kaca dilekatkan pada rangka metalnya dengan silikon khusus yang mampu berperan sebagai lem kedap air dan udara, insulasi termal, akustik dan struktural.
- *Structural adhesives* digunakan pada konstruksi panel panel komposit dengan tingkat kedataran (flatness) yang prima.
- *Panel system pressure equalized* digunakan pada sistem panel untuk menjamin kedap air dan kedap udara yang di assembly dipabrik
- *Visible surfaces* digunakan sebagai insulasi termal, insulasi bunyi, transmisi cahaya dan penerangan, proteksi ultra violet dan infra merah dari matahari, karakteristik kromatik dan estetik (warna, *coating*, metal, kimiawi, *laminated glass*, pelapis elektrokromik, pelapis modul fotovoltaiik ,dan sebagainya).

Generasi Keempat (1990-Sampai Kini)

Yang disebut sebagai generasi keempat dari selubung bangunan eksternal adalah teknologi inovatif masa kini yang diaplikasikan pada dinding tirai kaca. Teknik teknik konstruksi lanjutan pada generasi ketiga dipadukan dengan konsep konsep teknologi baru untuk memberikan perspektif dan wawasan futuristik bagi para ahli bangunan dengan standart tinggi bagi konservasi lingkungan global, kenyamanan penghuni, kinerja selubung bangunan, dimensi baru estetika dan kelayakan pemeliharaan. Beberapa teknik sudah diterapkan pada bangunan bangunan baru dan sebagian masih sedang dalam tahap proses uji coba yang berkelanjutan. Teknik teknik lanjutan generasi keempat ini adalah *active air wall – thermally passive, thermic and flywheel accumulation, green active wall, photocell active wall, forced ventilated active wall, intelligent glass façade*.

KONSEP DASAR FASADE KACA PINTAR (INTELLIGENT GLASS FAÇADE)

Fasade kaca pintar mengindikasikan suatu kemampuan untuk merespons perubahan kondisi lingkungan alami menurut waktu selama sehari atau sepanjang tahun dengan cara sedemikian rupa untuk mereduksi kebutuhan energi primer untuk pemanasan, pendinginan dan pencahayaan alami yang pada akhirnya akan memberikan kontribusi pada konservasi lingkungan. Berbagai macam metode penghematan energi dapat diterapkan dan dipadukan dalam fasade kaca pintar ini misalnya ventilasi dan penerangan alami, pendinginan malam hari dengan emisi termal, penciptaan *buffer zone* dan sebagainya. Semua metode tersebut menuntut adanya integrasi tingkat tinggi antara sistim fasade dan sistim struktur, sistim ME dan sistim interior dalam bangunan. Kondisi aerodinamik dan termodinamik bangunan tinggi harus dianalisa secara seksama, karena ventilasi alami untuk aliran udara melalui rongga fasade dan didalam interior bangunan tergantung dari tekanan dan hisapan angin disepanjang bagian monumen bangunan tinggi tersebut.

Konsep fasade kaca pintar adalah konstruksi dinding kaca ganda (*double-skin construction*) dengan rongga udara antara 35cm-50cm antara kaca luar dan kaca dalam. Dinding kaca luar ketebalan 12mm dari jenis kaca dengan transmisi tinggi (umumnya kaca

bening), sedangkan kaca dalam ketebalan 6-8mm dari jenis *high performance glass*.

Terdapat rongga udara menerus sehingga merupakan cerobong kaca (*glass-shaft*) dengan ketinggian meliputi beberapa lantai sesuai dengan studi analisis yang dilakukan. Pada bagian atas dan bawah cerobong kaca ini terdapat pembukaan pembukaan yang berfungsi sebagai jalan masuk dan keluar ventilasi udara (*inlet and outlet*) dan mekanismenya dikontrol otomatis dengan sensor elektrik yang men deteksi temperatur dan kecepatan angin. Untuk keperluan pemeliharaan, pembukaan pembukaan ini mempunyai terminal pada ruang mekanikal pada lantai lantai tertentu gedung tinggi dan dilengkapi dengan filter udara.

Pada waktu cuaca panas, damper elektrik ini akan membuka dan mendorong terjadinya efek cerobong (*stack/stratification effect*) didalam cerobong kaca. Panas transmisi yang terhimpun dari lapis kaca luar bersama dengan panas refleksi dari lapis kaca dalam dan faktor ketinggian tertentu akan mendorong terjadinya arus ventilasi vertikal. Arus udara yang melaju dengan kecepatan tinggi ini akan mengambil panas dari luar kulit bangunan sebelum panas itu masuk kedalam ruang sehingga akan mereduksi beban pendinginan untuk sistim tataudara ruang. Pada daerah dan iklim tertentu, aliran udara ini dapat digunakan langsung sebagai ventilasi alami dengan pengaturan khusus (jaringan ducting ventilasi).

Pada waktu cuaca dingin, damper elektrik ini akan menutup dan arus ventilasi berhenti. Sebaliknya akan terbentuk rongga kaca tertutup yang berfungsi sebagai daerah barier yang menghalangi perpindahan panas dari dalam-luar bangunan. Terjadilah efek rumah hijau (*green-house effect*) sewaktu rongga udara ini mengalami penyinaran matahari disiang hari. Dengan membuka jendela pada lapis kaca dalam, maka akan terjadi aliran panas kedalam yang menghangatkan ruang pada malam hari dan mengurangi konsumsi energi pada sistim pemanas ruang.

Untuk mempertahankan perbedaan tekanan tertentu antara pembukaan masuk dan keluar diantara aerodinamik dan termodinamik angin disekitar bangunan tinggi, diperlukan studi yang cermat dengan model/maket bangunan dalam peralatan terowongan angin (*wind tunnel*) dilaboratorium dengan simulasi simulasi. Hasil analisa ini akan menentukan berapa ketinggian lantai yang diperlukan bagi cerobong kaca untuk menjamin efek stratifikasi berfungsi dengan baik.

Beberapa proyek bangunan tinggi yang menggunakan teknologi fasade kaca pintar telah dibangun di beberapa tempat dengan iklim berbeda dan menunjukkan hasil yang memuaskan. Proyek proyek tersebut antara lain Commerz-Bank, Frankfurt (arsitek Norman Foster), RWE AG, Essen-Germany (arsitek Christoph Ingenhoven), Hessische Landesbank, Helaba, Frankfurt (arsitek Schweger and Partners), Dusseldorf Stadttor, Dusseldorf-Germany (arsitek Overdick, Petzinka and Partners), Al Faisaliah Complex, Riyadh, Saudi Arabia (arsitek Sir Norman Foster and Partners).

PROSPEK FASADE KACA PINTAR DIMASA DEPAN

Dengan semakin meningkatnya kesadaran manusia akan kelestarian lingkungan hidup akan semakin mendorong peningkatan usaha untuk mengurangi perusakan global melalui air, bumi, sumberdaya dan udara. Kerusakan udara yang dipacu dengan fenomena pelubangan ozon di atmosfer (*ozon depletion*) maupun pemanasan global (*global warming*) akan menjadi isu penting manusia dalam melangkah ke milenium baru. Penelitian penelitian mengindikasikan bahwa bangunan menggunakan CFC (chloro fluoro carbon- bahan refrigeran dalam sistim AC, insulasi, refrigerasi, sistim pencegah kebakaran) sebesar 50 % dari produksi total yang memacu proses pelubangan ozon, 50% pemakai energi minyak bumi yang berperan dalam meningkatnya pemanasan global. Karena itu akselerasi penghematan energi perlu dilakukan melalui bangunan bangunan dimana fasade kaca pintar merupakan salah satu gagasan inovatif untuk mewujudkannya.

Untuk menjamin keberhasilan sistim ini, kondisi aerodinamik maupun termodinamik disekitar bangunan tinggi perlu dikaji secara akurat dengan metoda *computational fluid dynamic (CFD)*. Experimen dengan simulasi simulasi aliran udara dapat dilakukan dalam *wind tunnel* beserta model bangunan, dimensi ruang aktual maupun model fasade dalam skala penuh dan hasil analisisnya akan mereferensikan sistim yang paling tepat bagi suatu bangunan tinggi dilingkungan iklim mikronya.

Meskipun fasade kaca pintar seringkali ditinjau sebagai solusi bagi bangunan tinggi yang sangat dipengaruhi oleh kekuatan maupun kecepatan angin., tetapi prinsip yang sama dapat menghasilkan efek penghematan energi pada

bangunan bangunan bertingkat sedang, seperti pada beberapa proyek yang telah selesai antara lain Microelectronic Park-Duisburg (Norman Foster), Conference Center-Paris (Francis Soler), Berlin Chamber of Trade and Commerce (Nicholas Grimshaw).

Untuk menuju ke fasade kaca pintar yang lebih efektif dimasa depan, pengembangan selanjutnya tetap diperlukan dalam area konsep penggunaan energi menyeluruh yang lebih intensif menggali potensi interaksi antara fasade dengan utilitas bangunan. Hal ini tentu saja menuntut kerjasama erat pada tahap tahap perancangan yang akan banyak melibatkan keahlian antar disiplin ilmu dalam suatu perencanaan yang holistik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Allen, Edward, *Fundamentals of Building Construction, Material and Methods*, John Wiley & Sons, Toronto, 1990.
2. Beedle, Lynn S., *Habitat and The High-Rise, Tradition and Innovation*, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Bethlehem, 1995.
3. Committee 12 A, *Cladding*, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, McGraw-Hill, Inc., 1992.
4. Compagno, Andrea, *Intelligent Glass Facades, Material-Practice-Design*, Birkhauser Verlag, Switzerland, 1995.
5. Daniels, Klaus, *The Technology of Ecological Building*, Birkhauser Verlag, Berlin, 1997.
6. Priatman, Jimmy, *Energy Efficient Multi Use Skyscraper at Chicago*, Master's Thesis, Illinois Institute of Technology, Chicago, 1996.
7. Proceedings 1999 International Conference on Tall Buildings & Urban Habitat, *The Tall Building and The City – The state of The Art for The Millenium*, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Kuala Lumpur, 1999.
8. Vale, Brenda and Robert, *Green Architecture, Design for an energy-conscious future*, Thames and Hudson, Ltd., London, 1991.