

KONSEKUENSI ENERGI AKIBAT PEMAKAIAN BIDANG KACA PADA BANGUNAN TINGGI DI DAERAH TROPIS LEMBAB

Anik Juniwati Santoso

Staf Pengajar Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Arsitektur, Universitas Kristen Petra
Mahasiswa Pendidikan Program Magister, Jurusan Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

I Gusti Ngurah Antaryama

Staf Pengajar Jurusan Arsitektur Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

ABSTRAK

Bidang kaca sebagai elemen fasad bangunan tinggi ikut menentukan karakter arsitektur dan kinerja energi sebuah bangunan. Bidang kaca disamping diperlukan untuk penyediaan pemandangan juga untuk penerangan alami. Fungsi yang disebut terakhir sering kali disertai oleh peningkatan panas pada bangunan, khususnya di daerah beriklim tropis lembab. Penyelidikan konsekuensi energi akibat bidang kaca ini dilakukan dengan simulasi komputer pada empat bangunan bertingkat di Surabaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penghematan energi dengan jalan peningkatan kemampuan termal kaca lebih besar dibanding dengan peningkatan kemampuan untuk pencahayaan alami.

Kata kunci: bangunan tinggi, bidang kaca, energi, iklim tropis lembab.

ABSTRACT

Glazing elemen of the high-rise building plays an important role in determining energy performance of the building. Apart from aesthetic consideration, glazing provides view outside and allows internal spaces to be lit naturally. In tropical climate, however, this can be disadvantage as it brings heat inside. Using computer simulation, the present study investigates these two contradictory function in terms of energy consumption in four cases of high-rise building in Surabaya. It appears from the study that provision of thermally good glazing contributes more in energy saving than that of glazing for daylighting.

Keywords: high-rise building, glazing element, energy, hot humid climate.

PENDAHULUAN

Bidang kaca sebagai bagian dari selubung bangunan merupakan elemen kontrol lingkungan, yang memodifikasi lingkungan luar/eksternal menjadi lingkungan dalam/internal bangunan untuk kepentingan kenyamanan penghuni. Givoni (1998) menyampaikan bahwa dalam hal kontrol lingkungan, kaca dan elemen pembayangnya berpengaruh besar terhadap penciptaan iklim dalam bangunan. Dalam hal ini, kaca memasukkan cahaya alami dan panas radiasi, disamping fungsi lain seperti konservasi energi maupun penciptaan efek psikologis dalam pencahayaan.

Menurut Krier (1988) fungsi jendela dalam hubungannya dengan interior (ruang dalam) sangat penting, terutama sebagai media untuk penetrasi cahaya alami yang akan menghidupkan ruang dalam dengan efek terang gelap. Hal yang senada pernah diungkapkan oleh Grillo (1960) yang mengatakan bahwa jendela adalah tanda dari kehidupan, sementara kuburan tertutup rapat. Dari penelitian simulasi energi bangunan oleh Soegijanto (2002)

diketahui adanya sejumlah energi yang diperoleh dari pemanfaatan cahaya alami melalui bidang kaca. Besar energi yang didapat berkisar 20% pada bangunan tanpa pembayangan dan kurang lebih 10% pada bangunan dengan pembayangan. Perkecualian terjadi bila bangunan dengan pembayangan mempunyai luasan kaca hanya 20–40% dan menggunakan jenis kaca dengan koefisien peneduh (*shading coefficient/SC*) hanya 0.38.

Givoni (1998), masih dalam buku yang sama juga menyampaikan bahwa kemampuan selubung bangunan untuk menjaga kondisi nyaman di dalam ruang pada bangunan yang dikondisikan secara aktif, akan mempengaruhi energi untuk keperluan operasional bangunan. Selubung bangunan dengan luasan kaca yang sangat besar berpengaruh pertama pada pemanfaatan cahaya alami yang akan mengurangi kebutuhan energi untuk pencahayaan buatan, dan yang kedua berpengaruh pada perolehan panas bangunan, yang di iklim tropis lembab akan meningkatkan besar beban pendinginan dan akhirnya meningkatkan energi untuk pendinginan. Ini berarti kebutuhan energi sejalan dengan peningkatan

perolehan panas radiasi dan peningkatan rasio penggunaan kaca. Beberapa penelitian mengenai hal ini, sudah dilakukan oleh Soegijanto (2002) dan Soebarto (2002), yang menunjukkan bahwa besarnya energi akan berkurang dengan pemakaian peneduh dan pemilihan tipe kaca. Soebarto mendapatkan bahwa pada bangunan dengan ratio luasan kaca terhadap dinding (*window to wall ratio/WWR*) 30 %, maka pengaruh pembayangan akan menurunkan 20 % penggunaan energi, sementara pemakaian kaca ganda bisa menurunkan hingga 5 %. Soegijanto mendapatkan pembayangan pada WWR 20 % tidak berpengaruh, dan bahkan bila jenis kaca yang digunakan mempunyai SC hanya 0.38, adanya pembayang justru menaikkan energi bangunan hingga 2 - 2.5 %. Sementara dengan kaca biasa pada WWR 40 – 60 % pembayangan akan mengurangi 8 - 10 % energi bangunan. Mengenai pemilihan tipe kaca, Soegijanto mendapatkan bahwa pengurangan energi akibat penggantian kaca biasa (SC 0.98) dengan kaca berkualitas peneduh lebih baik (SC 0.67) pada WWR 20% tidak berarti, namun pada WWR 40 % energi berkurang 7.5 %, sedang pada WWR 60 % energi berkurang lebih banyak lagi hingga 10 - 12.5 %. Bila diganti lagi dengan kaca yang mempunyai kualitas peneduh sangat baik (SC 0.38), maka kebutuhan energi akan berkurang 4 % pada WWR 40 %, dan berkurang hingga 7.5 – 10 % pada WWR 60 %, namun pada WWR 20 % energi justru naik 2 - 2.5 %.

Dari hasil-hasil penelitian di atas, terlihat bahwa penambahan luas kaca tanpa pembayangan atau pemilihan kaca yang tepat cenderung memperbesar konsumsi energi bangunan. Dalam penelitian ini pengaruh bidang kaca terhadap pemanfaatan cahaya alami dan perolehan beban panas bangunan akan diselidiki lebih lanjut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian atas empat bangunan kantor bertingkat dilakukan dengan simulasi komputer untuk mendapatkan besar energi yang diperoleh dari pemanfaatan cahaya alami dan kebutuhan tambahan energi untuk pencahayaan elektrik, serta besar beban pendinginan bangunan berdasarkan rincian perolehan panasnya dan kebutuhan energi untuk pendinginan ruang.

Program komputer yang digunakan adalah Enerwin 97.2000 (Degelman, 2002). Untuk keperluan penelitian, maka variabel yang diperhitungkan adalah variabel selubung bangunan, yaitu luas, orientasi dan jenis material selubung serta elemen pembayangan. Sedang data masukkan untuk

elemen bangunan yang lain dibuat sama untuk keempat bangunan. Data iklim yang dipakai untuk simulasi adalah hasil olahan data iklim dari Stasiun Meteorologi Juanda Surabaya periode 1992-2001, seperti terlihat pada lampiran table 1.

DESKRIPSI BANGUNAN

Empat bangunan kantor bertingkat di Surabaya dipilih untuk mewakili beberapa kasus bangunan kantor bertingkat yang banyak terdapat di Indonesia, yang beriklim tropis lembab. Keempat bangunan tersebut (lihat lampiran 2), yaitu:

1. Gedung Ekonomi, Jl. Embong Malang 61-65, Surabaya, sebagai contoh untuk bangunan tanpa pembayangan dengan selubung kaca penuh.
2. Graha Pena, Jalan A.Yani 88, Surabaya, adalah contoh lain untuk bangunan tanpa pembayangan dengan selubung kaca penuh.
3. Graha Pangeran, Jalan A. Yani 286, Surabaya, merupakan contoh kasus bangunan tanpa alat pembayangan.
4. Wisma Dharmala, Jalan Panglima Sudirman 101-103, Surabaya, sebagai contoh kasus bangunan bernuansa tropis lembab dengan pemakaian elemen pembayang.

Tabel 2 memperlihatkan tampak bangunan sesungguhnya dan penyederhanaannya, rasio luas bidang kaca terhadap dinding, serta jenis kaca yang digunakan pada masing-masing bangunan.

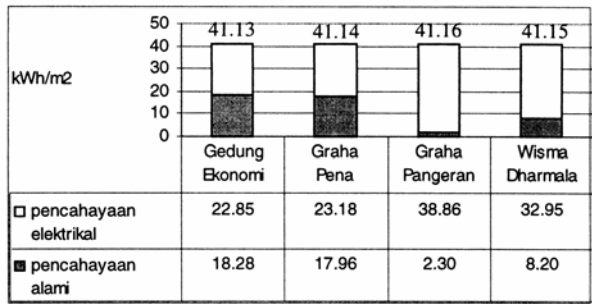
HASIL SIMULASI

1. Pemanfaatan Cahaya Alami dan Kebutuhan Energi Pencahayaan

Kemampuan bangunan untuk memanfaatkan cahaya alami akan mengurangi besar energi pencahayaan. Cahaya alami diperhitungkan dengan kedalaman efektif dua kali tinggi ambang atas jendela dan intensitas cahaya 350 lux. Total energi pencahayaan elektrik dan pencahayaan alami pada empat bangunan obyek kasus adalah antara 41.13 – 41.16 kWh/m² (Gambar 1).

Pemanfaatan cahaya alami yang besar terdapat pada bangunan Gedung Ekonomi dan Graha Pena dengan 18.28 kWh/m² dan 17.96 kWh/m² atau 44.44% dan 43.66% dari total kebutuhan pencahayaan. Pada Graha Pangeran dan Wisma Dharmala pemanfaatan cahaya alami bernilai kecil, hanya 2.30 kWh/m² dan 8.20 kWh/m² atau 5.59 % dan 19.93%. Secara umum perbedaan pemanfaatan cahaya alami tersebut disebabkan oleh perbedaan WWR, jenis kaca yang digunakan, serta penggunaan

elemen pembayangan. Dan juga luasan lantai yang terlayani oleh pencahayaan alami akibat perletakan bidang kaca.



Gambar 1. Besar Cahaya Alami yang Didapat Melalui Bidang Kaca dan Kebutuhan Energi Pencahayaan

Gedung Ekonomi dan Graha Pena mendapat cahaya alami yang besar karena kedua bangunan mempunyai selubung bangunan dengan WWR total 39 – 42 %, sehingga jumlah cahaya yang diterima oleh bidang kaca juga banyak. Jenis kaca yang digunakan mempunyai kemampuan meneruskan cahaya hingga 0.43. Tanpa adanya pembayangan, maka cahaya yang diperoleh hampir seluruhnya berasal dari komponen langit. Perletakan kaca yang menerus mengelilingi sisi bangunan menyebabkan luas lantai yang terlayani oleh cahaya alami cukup besar.

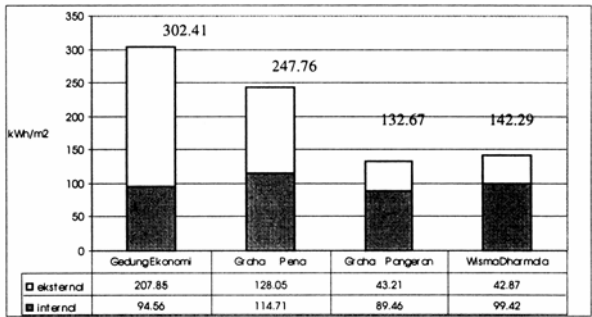
Graha Pangeran hanya sedikit sekali mendapat cahaya alami karena WWR hanya 25 %, sehingga jumlah cahaya yang diterima oleh bidang kaca pun sedikit. Walaupun tidak mempunyai elemen pembayang yang memungkinkan komponen langit dapat dimanfaatkan secara maksimal sebagai sumber cahaya, kemampuan kaca untuk meneruskan cahaya hanya 0.20 sehingga hanya seperlima jumlah cahaya yang dapat masuk dan diterima di dalam ruang. Sedang perletakan bidang kaca hanya pada bagian tengah masing-masing sisi bangunan menyebabkan luas lantai yang terlayani cahaya alami juga tidak besar.

Dibandingkan dengan Graha Pangeran, Wisma Dharmala mendapat cahaya alami yang relatif lebih besar, walaupun cahaya yang didapat lebih banyak berupa cahaya dari komponen refleksi eksternal karena elemen pembayangan yang ada hampir menutup keseluruhan komponen langit. Jenis kaca yang mempunyai kemampuan meneruskan cahaya 0.27 berpengaruh pada peningkatan penerimaan cahaya alami, walaupun WWR total hanya 22 %. Bentuk bangunan yang memanjang utara selatan dengan perbandingan lebar dan panjang bangunan 1:2 –1:4 menyebabkan sisi barat dan timur menjadi dominan. Bidang kaca yang cukup luas, yang

diletakkan di sepanjang sisi barat dan timur bangunan, ditambahkan dengan sebagian kaca dengan luasan yang lebih kecil di sisi utara dan selatan, telah memberikan pencahayaan alami untuk lantai yang cukup luas.

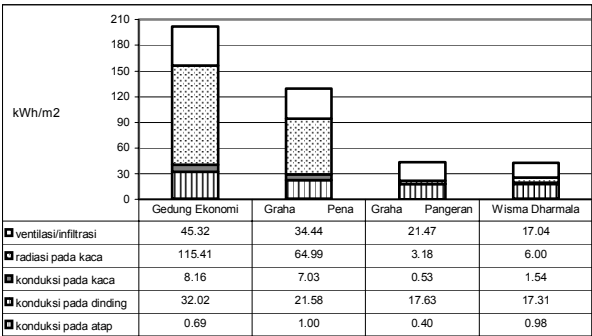
2. Beban Pendinginan dan Kebutuhan Energi Pendinginan

Beban pendinginan digolongkan menjadi beban internal dan beban eksternal. Pada penelitian ini yang menjadi fokus diskusi adalah beban eksternal sedangkan beban internal tidak dibahas. Besar beban internal, beban eksternal dan total beban pada empat kasus adalah seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Beban Pendinginan Internal dan Eksternal

Total beban pendinginan pada Gedung Ekonomi dan Graha Pena cukup besar berkisar 242,76-302,41 kWh/m2, sedang pada Graha Pangeran dan Wisma Dharmala hanya 132.67 kWh/m2 dan 142.29 kWh/m. Perbedaan beban eksternal pada masing-masing bangunan ternyata membedakan nilai beban pendinginannya. Adapun beban eksternal merupakan beban yang dipengaruhi oleh elemen selubung bangunan, terdiri atas perolehan panas secara konduksi melalui atap, dinding dan kaca, perolehan panas radiasi melalui kaca, dan perolehan panas secara konveksi akibat ventilasi/infiltrasi (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik Rincian Beban Eksternal

Perolehan panas secara konduksi melalui atap dan kaca pada keempat kasus, ternyata sangat kecil. Prosentase panas konduksi melalui dinding terhadap

total beban eksternal pada Graha Pangeran dan Wisma Dharmala adalah besar, yang mencapai $\pm 40\%$ dengan nilai 17.63 - 17.31 kWh/m². Hal ini berarti perolehan panas melalui dinding opaque pada kedua bangunan ini sangat dominan. Sedang pada Gedung Ekonomi dan Graha Pena prosentase ini lebih kecil ($\pm 16\%$), walaupun nilai panas konduksi melalui dinding pada Gedung Ekonomi dan Graha Pena lebih besar, yaitu 21.58 - 32.02 kWh/m².

Perolehan panas ventilasi/infiltrasi, yaitu rembesan udara luar yang lebih panas melalui celah jendela kaca. Pada Graha Pangeran dan Wisma Dharmala merupakan bagian terbesar yaitu 49.69 % dan 39.74 %. Sedangkan pada Gedung Ekonomi dan Graha Pena nilainya berkisar antara 22.48 - 26.69 %. Pada kedua gedung yang disebut terakhir, prosentase tersebut merupakan perolehan panas terbesar kedua setelah perolehan panas radiasi pada kaca. Nilai peningkatan perolehan panas infiltrasi/ventilasi terkait dengan besarnya WWR. Semakin besar WWR akan semakin panjang perimeter bidang kaca sehingga semakin besar pula volume rembesan udara yang terjadi melalui celah tersebut.

Perolehan panas radiasi melalui kaca pada Gedung Ekonomi dan Graha Pena merupakan bagian beban eksternal terbesar dan nilainya juga sangat besar, mencapai 64.99 - 115 kWh/m² atau 50.36 - 57.25 %. Sedang pada Graha Pangeran dan Wisma Dharmala perolehan panas radiasi hanya merupakan bagian kecil, nilainya hanya 3.18 - 6.00 kWh/m² atau 7.36 % -14.01 %. Perolehan panas radiasi ini menunjukkan bahwa pada Gedung Ekonomi dan Graha Pena pengaruh luas bidang kaca (WWR) sangat dominan dalam perolehan panas bangunan.

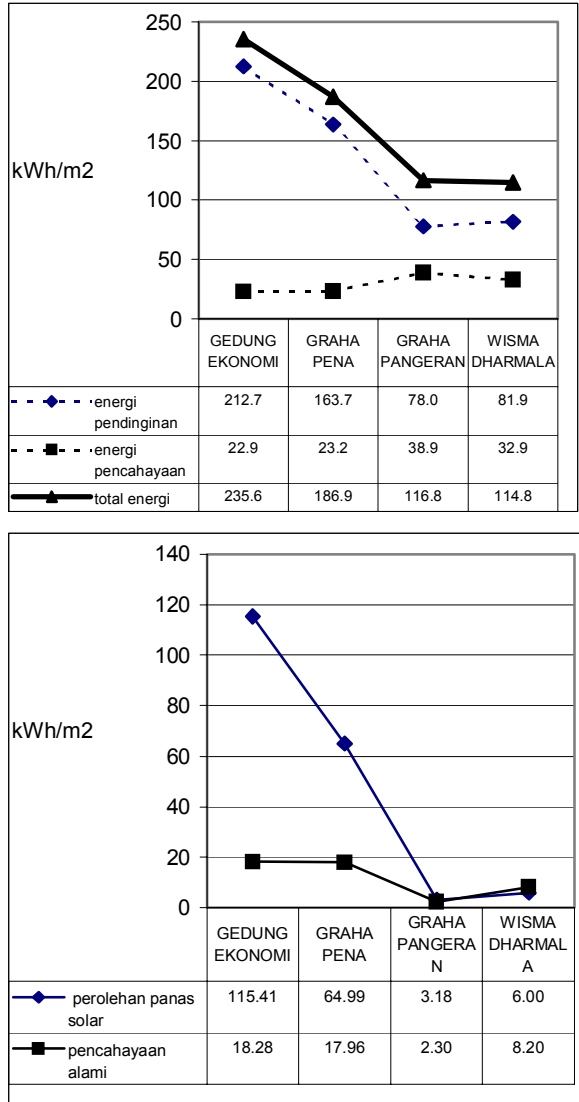
Perbedaan nilai panas radiasi yang sangat mencolok dan nilai perolehan panas ventilasi/infiltrasi inilah yang menyebabkan perbedaan besar pada nilai total beban panas eksternal. Nilai ini akan berpengaruh pada nilai beban pendinginan sebagaimana terlihat pada tabel 1. Total beban pendinginan Gedung Ekonomi Graha Pena lebih besar 70% dari Wisma Dharmala dan lebih besar 83% dari Graha Pangeran. Dari perbedaan beban pendinginan yang cukup besar tersebut menimbulkan kebutuhan energi pendinginan yang besar juga. Pada gilirannya hal ini yang akan menambah kebutuhan total energi operasional bangunan.

Tabel 1. Beban Pendinginan dan Kebutuhan Energi Pendinginan (kWh/m²)

	Gedung Ekonomi	Graha Pena	Graha Pangeran	Wisma Dharmala
Beban Pendinginan	302.41	242.76	132.67	142.29
Energi Pendinginan	212.7	163.7	78	81.9

3. Perbandingan Besar Energi Pencahayaan dengan Energi Pendinginan

Besar energi pencahayaan dan energi pendinginan dipengaruhi oleh besar perolehan cahaya alami dan perolehan panas radiasi bidang kaca. Dari analisis pemanfaatan cahaya alami, Gedung Ekonomi dan Graha Pena telah mendapat lebih banyak cahaya sehingga lebih sedikit kebutuhan energi pencahayaan, sedang dari analisis beban pendinginan ternyata Gedung Ekonomi dan Graha Pena mendapat panas radiasi yang sangat besar dan membutuhkan energi pendinginan yang besar pula. Dua grafik pada gambar 4. berikut ini memperlihatkan perbandingan energi pencahayaan dan energi pendinginan dan perbandingan perolehan cahaya alami dan panas radiasi.



Gambar 4. Perbandingan Energi Pencahayaan dan Energi Pendinginan terhadap Total Energi (kiri) Perbandingan Perolehan Cahaya alami dan Perolehan Panas Radiasi (kanan)

Dari simulasi keempat kasus diketahui bahwa kinerja energi akibat pengaruh pemakaian kaca lebih besar pada besar perolehan panas radiasi karena menyebabkan penambahan beban panas yang sangat besar, yang selanjutnya menambah kebutuhan energi untuk pendinginan. Sedangkan pengurangan energi untuk pencahayaan akibat penambahan perolehan cahaya alami, jauh lebih kecil dibanding pertambahan energi untuk pendinginan tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan diskusi di atas, dapat diketahui bahwa peningkatan perolehan cahaya alami membawa pengaruh pada penurunan kebutuhan energi pencahayaan. Diantara faktor-faktor luas bidang kaca, nilai SC dan pembayangan pada kaca, ternyata pembayangan mempunyai peran yang cukup besar dalam menentukan kinerja pencahayaan di bangunan. Seperti bangunan Wisma Darmala dengan pemakaian pembayangan dan kaca bernilai SC tinggi, ternyata mendapatkan pencahayaan alami yang lebih tinggi dibanding dengan Graha Pangeran yang tanpa pembayangan dan kaca bernilai SC rendah.

Dari sudut penerimaan panas, diperoleh kondisi yang sebaliknya. Peningkatan perolehan cahaya alami justru mendorong peningkatan penerimaan panas yang selanjutnya juga meningkatkan kebutuhan energi pendinginan. Lonjakan kebutuhan energi ini jauh lebih besar dibanding dengan kebutuhan energi pencahayaan. Penerimaan radiasi yang besar melalui kaca merupakan faktor penting yang mempengaruhi kondisi tersebut. Gejala ini terlihat pada kasus Gedung Ekonomi dan Graha Pena, dimana peningkatan pencahayaan alami disertai dengan peningkatan perolehan panas radiasi yang sangat besar.

Hasil di atas juga menunjukkan bahwa pemakaian bidang kaca yang memperhatikan aspek termal menjadi bagian penting dari arsitektur bangunan tinggi. Meskipun demikian kompromi terhadap kebutuhan pencahayaan tetap dipertimbangkan. Hal terakhir yang perlu dicatat adalah cahaya alami yang dihadirkan melalui bidang kaca bukanlah sekedar untuk penghematan energi tetapi juga untuk keperluan psikologis penghuni seperti diungkap oleh Givoni (1998), bahkan untuk 'menghidupkan' ruang dan bangunan sebagaimana dinyatakan oleh Grillo (1960) dan Krier (1998).

DAFTAR PUSTAKA

- Degelman, L.O., Ener-Win 97.2000 User's Manual. Degelman Engineering Group, Inc. Texas. 2002.
- Givoni, Baruch, Climate Considerations in Building and Urban Design. Van Nostrand Reinhold, New York. 1998.
- Grillo, Paul Jacques, Form, Function and Design. Mc Graw Hill, New York. 1960.
- Krier, Rob, Architecture Composition. Academic Edition, Great Britain. 1988.
- Soebarto, Veronica I., "A Wholistic Design Approach for Energy Efficient Commercial Building in The Tropics". *Proc. Seminar Arsitektur Tropis*. Universitas Trisakti. Jakarta. Oktober 2002. Hal 70-78.
- Soegijanto, *Pengaruh Selubung Bangunan Terhadap Penggunaan Energi dalam Bangunan*. Disampaikan dalam Seminar Arsitektur Hemat Energi, Universitas Kristen Petra, 23 Nopember 2002.

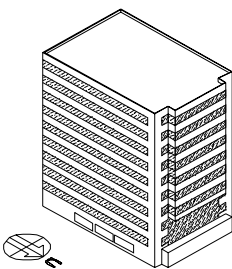
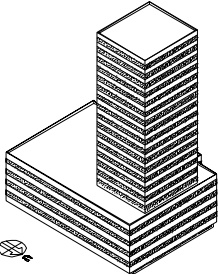
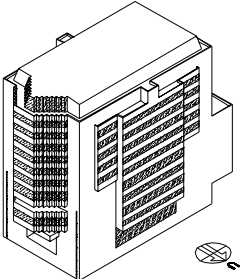
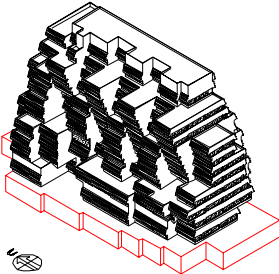
Lampiran:

Tabel 1. Data Iklim Surabaya

ASPEK IKLIM	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
Suhu rata-rata (°C)	27.3	27.3	27.5	27.9	27.8	27.5	26.4	26.6	27.5	28.7	28.6	28.0
Standart deviasi	0.7	0.7	0.5	0.3	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.3	0.8	0.6
Suhu maksimum (°C)	33.9	34.1	33.7	33.6	33.5	32.8	32.4	32.6	34.1	35.1	35.1	34.7
Standart deviasi	0.7	0.6	0.9	0.7	0.4	0.6	0.7	0.7	0.4	0.8	1.0	0.8
Suhu titik embun rata-rata (°C)	23.9	23.8	24.3	24.7	23.6	23.1	21.5	21.4	21.6	22.8	23.7	23.9
Standart deviasi	0.6	0.6	0.4	1.3	1.2	1.2	1.7	1.2	1.1	0.9	0.4	0.2
Radiasi global (kJ/m2)	17043	17429	18224	19468	21195	21259	21843	22376	23371	21420	18461	16896
Kecepatan angin (m2/detik)	3.4	3.4	3.0	3.1	3.1	3.4	3.5	3.9	3.8	3.5	3.1	3.1

Sumber: Stasion Metrologi Juanda 1992-2001

Tabel 2. Empat Bangunan Obyek Kasus

	FOTO BANGUNAN	ISOMETRI PENYEDERHANAAN	WWR	JENIS KACA DOMINAN
GEDUNG EKONOMI			Utara : 46 % Timur : 34 % Selatan: 5 % Barat : 34 % Total : 39 %	6 mm <i>PPG blue-green</i> dengan rangka aluminium. U : 6.12 W/m2 SHGC : 0.38 Emisivity : 0.84 Daylight trans.: 0.43
GRAHA PENA			Utara : 46 % Timur : 46 % Selatan: 46 % Barat : 29 % Total : 42 %	6 mm <i>Stop Sol Dark Blue</i> dengan rangka aluminium. U : 6.12 W/m2 SHGC : 0.38 Emisivity : 0.84 Daylight trans.: 0.43
GRAHA PANGERAN			Utara : 26 % Timur : 31 % Selatan: 26 % Barat : 18 % Total : 25 %	6 mm <i>Cool-lite Blue</i> dengan rangka aluminium. U : 5.84 W/m2 SHGC : 0.28 Emisivity : 0.84 Daylight trans.: 0.20
WISMA DHARMALA			Utara : 12 % Timur : 31 % Selatan: 12 % Barat : 25 % Total : 22 %	6 mm <i>Panasap Grey</i> dengan rangka aluminium. U : 6.26 W/m2 SHGC : 0.72 Emisivity : 0.84 Daylight trans.: 0.27