

**PENGARUH SHADING DEVICE TERHADAP RADIASI
MATAHARI YANG MENERPA SELUBUNG BANGUNAN
PADA PERKANTORAN BERTINGKAT MENENGAH**

(Studi kasus: Bank Sinar Mas, Malang)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

DIAN PRAMITA EKA LAKSMIYANTI

NIM. 0410650026-65

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

2009

**PENGARUH SHADING DEVICE TERHADAP RADIASI
MATAHARI YANG MENERPA SELUBUNG BANGUNAN
PADA PERKANTORAN BERTINGKAT MENENGAH**

(Studi kasus: Bank Sinar Mas, Malang)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

DIAN PRAMITA EKA LAKSMIYANTI

NIM. 0410650026-65

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen pembimbing I

Dosen Pembimbing II

DR. Agung Murti Nugroho, MT

NIP. 132 283 658

Beta Suryokusumo, ST, MT

NIP. 132 296 279

**PENGARUH *SHADING DEVICE* TERHADAP RADIASI MATAHARI
YANG MENERPA SELUBUNG BANGUNAN PADA PERKANTORAN**

BERTINGKAT MENENGAH

(Studi kasus: Bank Sinar Mas, Malang)

Disusun oleh:

DIAN PRAMITA EKA LAKSMIYANTI

NIM. 0410650026-65

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

tanggal 28 Januari 2009

DOSEN PENGUJI

Ir. Jusuf Thojib, MSA

NIP. 131 417 201

Ir. Edi Hari Purwono, MT

NIP. 131 281 895

Mengetahui

Ketua Jurusan Arsitektur

Ir. Sigmawan Tri P, MT.

NIP. 131 837 967

ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang tersebut di bawah ini:

Nama : Dian Pramita Eka Laksmyanti
NIM : 0410650026-65
Mahasiswa Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Judul Skripsi : Pengaruh Shading Device Terhadap Radiasi Matahari Yang Menerpa Selubung Bangunan Pada Perkantoran Bertingkat Menengah (Studi kasus: Bank Sinar Mas, Malang)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam hasil Skripsi saya, baik berupa naskah maupun gambar, tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya Skripsi yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi. Serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah diterbitkan atau ditulis oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan atau daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan unsur-unsur penjiplakan saya bersedia Skripsi dan gelar Sarjana Teknik yang telah diperoleh dibatalkan serta diproses sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 28 Februari 2008
Yang membuat pernyataan,

(Dian P. E. Laksmyanti)

0410650026-65

Tembusan:

1. Kepala Studio Tugas Akhir Jurusan Arsitektur FT-UB
2. Dua Dosen Pembimbing Skripsi yang bersangkutan
3. Dosen Penasehat Akademik

RINGKASAN

DIAN PRAMITA EKA LAKSMIYANTI, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2009, *Pengaruh Shading Device terhadap Radiasi Matahari yang Menerpa Selubung Bangunan Perkantoran Bertingkat Menengah (Studi Kasus: Bank Sinar Mas Malang)*, Dosen Pembimbing : DR. Agung Murti Nugroho, ST, MT, dan Beta Sryokusumo, ST, MT.

Banyak bangunan tinggi dan menengah yang dibangun dengan fasade yang hampir sama padahal bangunan tersebut terletak di daerah yang berbeda, padahal seharusnya sebuah bangunan merespon iklim setempat. Jika di daerah yang kondisi iklimnya berbeda namun memiliki design yang hampir sama, maka kemampuan bangunan tersebut merespon iklim setempat perlu dipertanyakan. Sekarang iklim tidak lagi berpengaruh pada design bangunan. Saat ini yang penting adalah memecahkan masalah konservasi energi melalui bentuk bangunan untuk daerah tropis dimana konsumsi energi bangunan dipengaruhi oleh kondisi iklim setempat. Untuk daerah tropis seperti Indonesia, arsitek paling banyak menghadapi “tantangan” untuk respon terhadap matahari dan angin. Penelitian mengenai energi pada bangunan komersial di Asia Tenggara dalam ASEAN USAID tentang energi bangunan tahun 1992 hasil penelitiannya menyatakan bahwa untuk bangunan perkantoran di kawasan Asia Tenggara rata-rata pertahunnya mengkonsumsi energi 233 kWh/m². Pola konsumsi energi untuk sektor bangunan komersial dapat diwakili dari hasil penelitian penggunaan energi untuk gedung perkantoran ASEAN, dimana 50-60% untuk sistem AC, 30% untuk tata cahaya dan sisanya untuk peralatan mesin lainnya (elevator, pompa air, STP Plant dan sebagainya).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui envelope form yang efektif pada objek studi dengan pendekatan solar insolation yang kemudian dibuktikan dengan perhitungan OTTV serta penghematan energi listrik perbulannya. Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan ecotect 5.5 sebagai alat bantu simulasi. Penelitian ini mengambil Bank Sinar Mas Malang sebagai kasus.

Penelitian ini menghasilkan penambahan shading eggcrates sedalam 1m pada masing masing jendela dipadukan dengan secondary skin di dinding sisi utara merupakan cara terbaik dari option yang ada (Eksternal shading, Secondary skin dan self shaded) dimana cara ini mampu menurunkan OTTV hingga 36.53 W/m² dan biaya pengeluaran listrik untuk AC turun hingga Rp2,770,560.00 per bulan, dapat menghemat Rp 1,324,440.00 per bulan

Kata kunci: Shading, Envelope form, Middlerise, Perkantoran, Insolation

SUMMARY

DIAN PRAMITA EKA LAKSMIYANTI, *Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Brawijaya , January 2009, The Impact of Shading Device to Incident Solar Radiation on Middle rise Office Building (Building object of Chase: Sinar Mas Bank, Malang),*

Academic Supervisor: DR.Agung Murti Nugroho, ST, MT, and Beta Sryokusumo, ST, MT.

Large or tall buildings around the world often built to appear the same, block to block and even from one geographical region to another regardless the energy cost. Thus, the question is whether they really response to the local climate. This shows that the climate today is not influencing the design of high-rise building anymore. It is now becoming more crucial to find out concerning energy conserving high-rise building shape for tropical climate as energy consumed by building is directly influenced by the climate conditions. Since Indonesia is in the tropical region, it is undeniable that we are facing design challenge in terms of sun and wind. Energy studies in commercial buildings in Southeast Asia were first initiated under the ASEAN-USAID Building Energy Conservation project in 1992. The results showed that office buildings in this region have an energy consumption of 233kWh/m²/year on average. A research about energy consumption in commercial office building ASEAN told 50-60% energy was used for AC, 30% for lighting and remainder for another machine (elevator, water pump, etc).

Point of this research is knowing the most effective envelope form at building object of case trough Solar Insolation approach than proofed by account OTTV and difference of electrical consumption in a month using experimental research and simulation tool ecotect 5.5. Building object of Chase: Sinar Mas Bank, Malang

This research found using combination of egg crates 1m depth and secondary skin at the north wall is the most effective way to reduce incident solar radiation in state of another option (secondary skin and self shaded). This façade has lowest OTTV, 36.53 W/m², of all option mentioned and cost of electrical consumption decrease until Rp 2.789.720, 00 in a month or we can safe up to Rp 1.324.440,00 monthly.

Key word: Shading, Envelope form, Middlerise, Office building, Insolation

PENGANTAR

Segala puji syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul ” PENGARUH SHADING DEVICE TERHADAP RADIASI MATAHARI YANG MENERPA SELUBUNG BANGUNAN PERKANTORAN BERTINGKAT MENENGAH (*Studi Kasus: Bank Sinar Mas Malang*)”.

Adapun skripsi yang penyusun sajikan tidak lepas dari uluran bantuan baik secara moril dan materil dari orang-orang yang telah bersedia membantu, sehingga ucapan terima kasih juga penyusun berikan kepada:

1. Bapak DR. Agung Murti Nugroho, ST, MT Selaku dosen pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktunya, mengarahkan, memberikan masukan dan saran, membantu ketersediaan literatur, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi.
2. Bapak Beta Suryokusumo, ST, MT. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan masukan dan saran, serta mengarahkan selama proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Ir. Jusuf Toyib, MSA selaku dosen penguji, yang telah memberikan saran, kritik, masukan dan bimbingan selama proses revisi.
4. Bapak. Ir. Edi Hari Purwono, MT selaku dosen penguji, yang telah memberikan saran, kritik, masukan dan bimbingan selama proses revisi.
5. Bapak Ibu Dosen Pengajar Arsitektur UB yang telah Memberikan ilmunya selama ini
6. Bapak Prof. Ir. Prasasto Satwiko, MBSc, PhD, IAI yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran, serta software data generator.
7. PT. Prambanan Dwipaka, terutama Pak Sugeng, Mbak Win, Mas Hadi, Pak Agung, Mbah Mul dan Pak Made yang telah memberikan data mengenai Bank Sinar Mas Malang serta membantu dalam proses penyusunan skripsi dan ketersediaan literatur.
8. Pihak BMG Karangploso yang telah menyediakan data iklim Malang
9. Keluarga penyusun, terutama bapak-ibu yang selalu memberikan semangat dan doa pada putri tercintanya.
10. Mas Yoyok yang selalu memberi dukungan baik material maupun spiritual ☺, selalu memberi pencerahan saat pikiran sedang buntu serta telah membantu menyediakan literatur.

11. Nuri Herdiyanie, ST yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi dan telah menemaniku ke Jogja.
12. Topik dan Irawan yang telah membantu dalam proses rendering
13. Cynthia P.D, Kia, Lia, Mbak Naji, Sukmo, Agnes, Novi, Aza dan teman-teman 2004 yang lainnya atas dukungannya selama ini.
14. A. Nanda Mardiansyah atas perhatian dan dukungannya di “detik-detik akhir” menjelang sidang
15. Staf dan karyawan Arsitektur Universitas Brawijaya dan semua pihak yang tak dapat penulis sebutkan satu persatu pada kesempatan ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa hasil penyusunan skripsi ini jauh dari sempurna, sehingga penulis sangat berharap adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga semua yang ada dalam skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.



DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Surat pernyataan orisinalitas skripsi	iv
Ringkasan	v
Summary	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Grafik	xix

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penelitian Terdahulu	6
1.3 Definisi Judul	8
1.3.1 Solar insolation	8
1.3.1.1 Orientasi bangunan	8
1.3.1.2 Orientasi dinding	9
1.3.2 Middle rise building	9
1.3.3 Envelope / selubung bangunan	10
1.3.4 OTTV	10
1.4 Identifikasi dan Batasan Masalah	10
1.5 Rumusan Masalah	11
1.6 Tujuan	11
1.7 Kegunaan	11
1.8 Sistematika Penulisan	12
1.9 kerangka Pemikiran	14

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 15

2.1 Karakteristik Bangunan Bertingkat	15
2.1.1 Konsep dasar bentuk geometri	15
2.1.2 S/V ratio	16

2.1.3 Width –legth ratio (W/L ratio).....	16
2.1.4 Orientasi bangunan.....	17
2.2 Design Peneduh.....	17
2.2.1 Natural shading.....	17
2.2.2 Eksternal shading device.....	17
2.2.2.1 Shadow chart.....	18
2.2.2.2 Shadow template.....	19
2.2.2.3 Shading pada area horizontal.....	20
2.2.2.4 Shading pada area vertikal.....	21
2.2.3 Internal shading device	23
2.2.4 Shading yang efektif.....	24
2.2.4.1 Geometri eksternal shading device.....	24
2.2.4.2 Shading coefficient.....	24
2.2.5 Macam-macam contoh shading	25
2.2.6 Shading device spesial pada bangunan bertingkat.....	27
2.3 Self Shading pada Daerah Tropis Lembab.....	32
2.3.1 Strtegi design self shaded.....	32
2.3.1.1 Cut-off time dan sudut perlindungan	32
2.3.1.2 VSA dan HSA.....	33
2.3.1.3 Self shading projection depth.....	35
2.3.1.4 Self shaded projection ratio (SPP ratio).....	35
2.4 Arsitektur dan Kenyamanan Thermal	36
2.4.1 Radiasi matahari.....	36
2.4.1.1 Radiasi matahari global.....	36
2.4.1.2 Beam irradiance.....	36
2.4.1.3 Pancaran radiasi dari langit.....	37
2.4.1.4 Radiasi yang dipantulkan oleh bumi.....	37
2.4.2 Radiasi matahari dan iklim tropis lembab	37
2.4.2.1 Solar geometri.....	38
2.4.2.2 Analisa radiasi matahari dari BMG Malang.....	40
2.5 Pengaruh Radiasi Matahari Pada Bentuk Bangunan Dan Thermal	41
2.5.1 Solar insolation pada permukaan solid.....	41
2.5.2 Solar insolation indeks.....	42
2.5.3 Langkah menghitung μ indeks.....	42

2.5.4 Angka perpindahan thermal menyeluruh.....	43
2.5.4.1 Prinsip dasar OTTV.....	43
2.5.4.2 Rumus OTTV.....	43
2.5.4.3 Komponen OTTV.....	44
2.6 Kerangka Teori.....	49
 BAB III METODE KAJIAN.....	 50
3.1 Proses Kajian.....	50
3.2 Pengumpulan Data.....	50
3.3 Analisa Data.....	51
3.3.1 Penentuan populasi dan objek studi.....	51
3.3.1.1 Penetuan populasi.....	51
3.3.1.2 Penetuan kriteria.....	52
3.3.1.3 Penentuan objek studi.....	52
3.3.2 Pengolahan data primer.....	62
3.3.3 Pengolahan data iklim.....	62
3.4 Sintesa.....	62
3.5 Diagram Alur Penelitian.....	64
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	 65
4.1 Deskripsi Umum Lokasi Penelitian.....	65
4.1.1 Kota Malang.....	65
4.1.2 Objek Studi.....	65
4.1.2.1 Kondisi eksisting Bank Sinar Mas Malang.....	65
4.1.2.2 Sudut bayangan vertikal dan horizontal yang menerpa bangunan.....	80
4.1.2.3 Simulasi model dasar.....	95
4.2 Pilihan Design Shading.....	107
4.2.1 Horizontal shading device.....	107
4.2.2 Vertical shading device.....	119
4.2.3 Aplikasi eggcrates.....	127
4.3 Aplikasi Eggcrates Dipadukan Dengan Secondary Skin.....	134
4.4 Secondary Skin.....	140
4.4.1 Secondary skin dengan kaca.....	140

4.4.2 Secondary skin dengan kisi hollow.....	147
4.4.3 Secondary skin dengan kisi hollow yang lebih rapat.....	153
4.5 Self Shaded.....	156
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	162
5.1 Kesimpulan.....	162
5.2 Saran	163
Glossary.....	165
Daftar Pustaka.....	168
Lampiran.....	170



DAFTAR GAMBAR

No	Judul Gambar	Hal
1.1	Diagram perbandingan konsumsi energi listrik % pertahun	2
1.2	Grafik Pemakaian listrik dalam sepekan untuk daerah jawa.....	3
1.3	diagram bangunan dengan orientasi timur-barat dan utara-selatan untuk hot humid.....	8
1.4	diagram bangunan dengan orientasi Barat laut-tenggara dan timur laut barat daya untuk hot humid.....	8
1.5	Orientasi dinding sebuah bangunan.....	9
1.6	Perbandingan luas atap dan dinding pada masing masing kategori bangunan.....	9
2.1	Komponen kubus.....	15
2.2	Geometri dg v yang sam dan s yang berbeda.....	16
2.3	bentuk dan W/L ratio untuk masing masing iklim.....	17
2.4	Shadow chart untuk daerah sidney (32oLS) serta contoh menghitung altitude dan azimuth pada titik E	18
2.5	Cara membuat shadow template.....	19
2.6	Shadow template.....	19
2.7	Tampak depan dengan tinggi shading	20
2.8	tampak atas shading pada area horizontal	21
2.9	Template	22
2.10	Tampak dan denah jendela	22
2.11	Perlakukan template dan outline shading	23
2.12	Isometri shading pada jendela	23
2.13	Penambahan sirip vertikal pada shading jendela	23
2.14	Shading istimewa pada bangunan bertingkat	28
2.15	Aplikasi cladding Al pada selubung bangunan	29
2.16	Penambahan overhang pada selubung bangunan	30
2.17	Penambahan sirip vertikal pada selubung bangunan	31
2.18	Penambahan sirip vertikal dan overhang pada selubung bangunan	31
2.19	Cut off time perkantoran	33
2.20	Horizontal Shadow Angel (HSA)	33
2.21	Vertical Shadow Angel (VSA)	34
2.22	Lingkaran surya untuk kota Malang (7.9oLS)	34

2.23	Penentuan kedalaman self shaded maksimum.....	35
2.24	Solar altitude dan solar azimuth.....	38
2.25	Sudut jatuh matahari pada equinox, Altitude = 90-L.....	39
2.26	Sudut jatuh matahari pada solstice musim dingin.....	39
2.27	Sudut jatuh matahari pada solstice musim panas.....	39
3.1	Dinding utara bank sinar mas dan Telkom.....	59
3.2	Dinding selatan bank sinar mas dan Telkom.....	59
4.1	Denah Basement, Semi Basement dan Denah Lantai Dasar Bank Sinar Mas.	70
4.2	Denah Lantai 1, Lantai 2, Lantai 3.....	71
4.3	Denah Lantai 4, Denah lantai atap (core).....	72
4.4	Tampak Depan dan Foto aksisting.....	73
4.5	Tampak Utara.....	74
4.6	Detail J4.....	75
4.7	Detail J5.....	75
4.8	Detail J6.....	75
4.9	Detail J10.....	75
4.10	Detail J11.....	75
4.11	Tampak Barat (Belakang).....	76
4.12	Tampak Selatan Bank Sinar Mas.....	77
4.13	Detail J7.....	78
4.14	Detail J7'	78
4.15	Detail J8.....	78
4.16	Detail J12.....	78
4.17	Detail J6.....	79
4.18	J2 dan J1	79
4.19	Detail J1.....	79
4.20	Detail J2.....	79
4.21	Sun Path per jam mulai pukul 09.00-16.00 tanggal 22 juni.....	80
4.22	sun path per jam mulai pukul 09.00-16.00 tanggal 21 September.....	83
4.23	sun path per jam mulai pukul 09.00-16.00 tanggal 21 Desember.....	86
4.24	Dinding Barat1.....	99
4.25	Atap Entrance.....	99
4.26	Kondisi eksisting Bank Sinar Mas.....	107
4.27	model A1 Bank Sinar Mas.....	107

4.28	Ptotongan Model A1.....	108
4.29	Ptotongan persial Model A1.....	109
4.30	Detail dan pot. parsial model A1.....	110
4.31	Kondisi eksisting Bank Sinar Mas.....	119
4.32	model A1 Bank Sinar Mas.....	119
4.33	Pot. Parsial model A2.....	120
4.34	Kondisi eksisting Bank Sinar Mas.....	134
4.35	model AB Bank Sinar Mas.....	134
4.36	Kondisi eksisting Bank Sinar Mas.....	140
4.37	model B1 Bank Sinar Mas.....	140
4.38	Kondisi eksisting Bank Sinar Mas.....	147
4.39	model B2 Bank Sinar Mas.....	147
4.40	Detail kisi hollow.....	147
4.41	pot model C1.....	156



DAFTAR TABEL

No	Judul Tabel	Hal
1.1	Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan sehubungan dengan pengaruh iklim dan bentuk bangunan.....	7
1.2	Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan sehubungan dengan radiasi solar dan shading design strategy.	7
2.1	SC dan SHGC masing masing tipe kaca.....	25
2.2	Macam-macam tipe shading.....	26
2.3	Hubungan cut off time, protection angel, dan SSp ratio.....	36
2.4	Radiasi matahari Malang per bulan tahun 2002-2007.....	40
2.5	lama penyinaran perbulan dari tahun 2002-2007.....	40
2.6	Absorbsi radiasi matahari permukaan dinding.....	44
2.7	Transmision dinding (U value).....	45
2.8	Beda suhu ekivalen.....	47
2.9	Shading Coeficient untuk spesific material.....	48
3.1	Pengelompokan bangunan middlerise di Malang berdasarkan fungsi.....	52
3.2	Middlerise di kota Malang.....	53
3.3	Bangunan middlerise dengan orientasi utara-selatan di kota Malang.....	59
3.4	Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Utara 1.....	60
3.5	Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Utara 2.....	60
3.6	Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Selatan 1.....	61
3.7	Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Selatan 2.....	61
4.1	Kondisi Selubung Bangunan Bank Sinar Mas.....	66
4.2	Sudut Bayangan dinding Utara 22 Juni pada Bank Sinsr Mas Malang.....	80
4.3	Perhitungan horizontal shading device jendela sisi utara dengan VSA terendah.....	81
4.4	Perhitungan horizontal shading device jendela sisi utara dengan VSA tertinggi.....	82
4.5	Sudut Bayangan dinding barat 21 September pada Bank Sinsr Mas Malang.....	84
4.6	Perhitungan horizontal shading device jendela sisi barat dengan VSA terendah.....	84

4.7	Perhitungan horizontal shading device jendela sisi barat dengan VSA tertinggi.....	85
4.8	Sudut Bayangan dinding Selatan 21 Desember pada Bank Sinsr Mas Malang.....	86
4.9	Perhitungan horizontal shading device jendela sisi selatan dengan VSA terendah.....	87
4.10	Perhitungan horizontal shading device jendela sisi selatan dengan VSA tertinggi.....	88
4.11	Sudut Bayangan dinding Timur 21 September pada Bank Sinsr Mas Malang.....	89
4.12	Sudut Bayangan dinding Timur 21 September pada Bank Sinsr Mas Malang.....	89
4.13	Perhitungan horizontal shading device jendela sisi timur dengan VSA tertinggi.....	90
4.14	Perhitungan vertical shading device jendela sisi utara.....	90
4.15	Perhitungan vertical shading device jendela sisi barat.....	92
4.16	Perhitungan vertical shading device jendela sisi selatan.....	92
4.17	Perhitungan vertical shading device jendela sisi timur.....	94
4.18	Simulasi Model Dasar Bank Sinar Mas Pada dinding Utara.....	96
4.19	Simulasi Model Dasar Bank Sinar Mas Pada dinding Barat.....	98
4.20	Simulasi Model Dasar Bank Sinar Mas Pada dinding Selatan.....	100
4.21	Simulasi Model Dasar Bank Sinar Mas Pada dinding Timur.....	102
4.22	Simulasi Model A1 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara.....	111
4.23	Simulasi Model A1 Bank Sinar Mas Pada dinding Timur.....	114
4.24	Simulasi Model A2 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara.....	121
4.25	Simulasi Model A1 Bank Sinar Mas Pada dinding Timur.....	123
4.26	Kondisi eksisting Bank Sinar Mas.....	127
4.27	model A3 Bank Sinar Mas.....	127
4.28	Detail model A3.....	127
4.29	Simulasi Model A3 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara.....	128
4.30	Simulasi Model A1 Bank Sinar Mas Pada dinding Timur.....	130
4.31	Simulasi Model AB Bank Sinar Mas Pada dinding Utara.....	135
4.32	Simulasi Model B1 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara.....	141
4.33	Simulasi Model B1 Bank Sinar Mas Pada dinding Timur.....	143

4.34	Simulasi Model B2 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara.....	148
4.35	Simulasi Model B2 Bank Sinar Mas Pada dinding Timur.....	149
4.36	Simulasi Model B3 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara.....	153
4.37	Simulasi Model C1 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara.....	157
5.1	Performance masing-masing model jika dibandingkan dengan model dasar Bank Sinar Mas.....	163



DAFTAR GRAFIK

No	Judul Grafik	Hal
3.1	Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Utara 1.....	60
3.2	Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Utara 2.....	60
3.3	Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Selatan 1.....	61
3.4	Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Selatan 2.....	61
4.1	Solar Insolation Pada dinding Utara (eksisting).....	97
4.2	Radiasi Matahari tahun 2002-2007.....	97
4.3	Solar Insolation Pada dinding Barat (eksisting).....	99
4.4	Solar Insolation Pada dinding Selatan (eksisting).....	101
4.5	Solar Insolation Pada dinding Timur (eksisting).....	103
4.6	Solar Insolation pada dinding Bank Sinar Mas (eksisting).....	103
4.7	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1 pada dinding utara 1.....	112
4.8	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1 pada dinding utara 2.....	112
4.9	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1.....	113
4.10	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1 pada dinding timur 1.....	115
4.11	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1 pada dinding timur 2.....	115
4.12	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A2 pada dinding utara 1	122
4.13	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A2 pada dinding utara 2..	122
4.14	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A2 pada dinding utara 2.....	123
4.15	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1, A2 danA3 pada dinding utara 1	129
4.16	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1, A2 danA3 pada dinding utara 2..	129
4.17	Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1, A2 danA3 pada dinding timur.....	130

4.18	Perbandingan solar insolation eksisting dan model AB pada dinding utara 1 ..	136
4.19	Perbandingan solar insolation eksisting dan model B1 pada dinding utara 1 ..	142
4.20	Perbandingan solar insolation eksisting dan model B1 pada dinding utara 2..	142
4.21	Perbandingan solar insolation eksisting dan model B1 pada dinding timur 1.....	143
4.22	Perbandingan solar insolation eksisting dan model B2 pada dinding timur 1.....	149
4.23	Perbandingan solar insolation eksisting dan model B3 pada dinding utara 1 ..	154
4.24	Perbandingan solar insolation eksisting dan model B3 pada dinding utara 2..	154
4.25	Perbandingan performance selubung bangunan pada kondisi eksisting, model eksisting, B1, B2, dan B3 pada dinding utara 1	155
4.26	Perbandingan performance selubung bangunan pada kondisi eksisting, model eksisting, B1, B2, dan B3 pada dinding utara 2..	155
4.27	Perbandingan performance selubung bangunan pada kondisi eksisting, model eksisting, B1, B2 dan B3 pada dinding timur 1.....	155
4.28	Perbandingan solar insolation eksisting dan model C1 pada dinding utara 1 ..	158
5.1	Perbandingan Insolation dinding Utara 1 pada masing-masing model	163

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Knowles menyatakan banyak bangunan tinggi dan menengah yang dibangun dengan fasade yang hampir sama padahal bangunan tersebut terletak di daerah yang berbeda, padahal seharusnya sebuah bangunan merespon iklim setempat. Jika di daerah yang kondisi iklimnya berbeda namun memiliki design yang hampir sama, maka kemampuan bangunan tersebut merespon iklim setempat perlu dipertanyakan. Sekarang iklim tidak lagi berpengaruh pada design bangunan. Saat ini yang penting adalah memecahkan masalah konservasi energi melalui bentuk bangunan untuk daerah tropis dimana konsumsi energi bangunan dipengaruhi oleh kondisi iklim setempat.

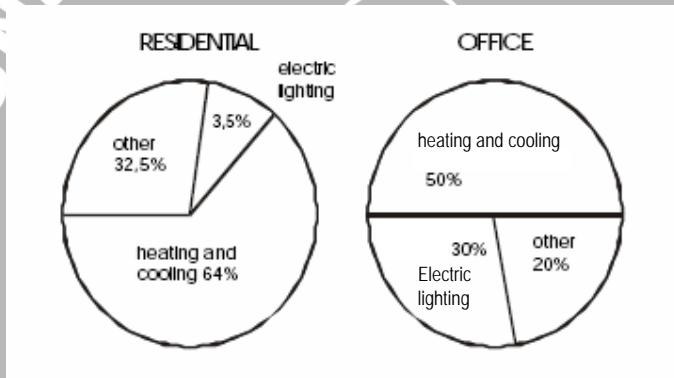
Untuk daerah tropis seperti Indonesia, arsitek paling banyak menghadapi “tantangan” untuk respon terhadap matahari dan angin. Negara tropis dilewati garis edar matahari, bisa dibilang mengalami musim panas sepanjang tahun. Radiasi matahari yang cukup besar sebanding dengan energi yang digunakan oleh bangunan tersebut. Semakin besar radiasi matahari, maka panas yang diterima juga makin banyak sehingga beban dingin pada bangunan meningkat, jika beban dingin meningkat maka energi yang dibutuhkan untuk AC juga meningkat. Maka dari itu, penting sekali untuk mencegah radiasi matahari yang berlebih sehingga tidak terjadi “*overheating external facade*”.

Karena ketinggiannya, jika dibandingkan dengan lowrise building, selubung bangunan pada middlerise building lebih ter-expose untuk menghadapi radiasi matahari. Untuk bangunan satu atau dua lantai bisa digunakan vegetasi sebagai peneduh atau barrier panas, bangunan sekitar juga sanggup membayangi sehingga radiasi matahari yang dipermasalahkan dapat teratasi. Lain halnya jika bangunan tersebut bertingkat enam. Pohon tidak sepenuhnya mampu menjadi penghalang, bangunan sekitar juga tidak dapat membayangi bangunan ini. Karena itu middlerise harus memiliki cara tersendiri untuk menanggapi masalah radiasi matahari.

Pengguna perkantoran biasanya hidup dalam “*artificial environment*” untuk memenuhi semua kebutuhannya, misalnya AC digunakan untuk menjawab masalah thermal comfort, AC sering digunakan untuk menyegarkan ruangan, jarang sekali bangunan bertingkat khususnya perkantoran menggunakan penghawaan alami. Lighting digunakan untuk menjawab masalah visual comfort. Lighting digunakan untuk menerangi ruangan sehingga memberi kenyamanan pengguna bangunan saat membaca atau menulis. Ken Yeang

berpendapat, iklim harus direspon oleh design, sebenarnya respon melalui engineering jauh lebih efektif, pengguna bangunan tinggal memanfaatkan potensi alam tanpa harus mengkonsumsi energi yang sebenarnya tidak perlu jika mengoptimalkan kondisi site. Tapi sekarang banyak bangunan yang tidak peduli akan hal itu.

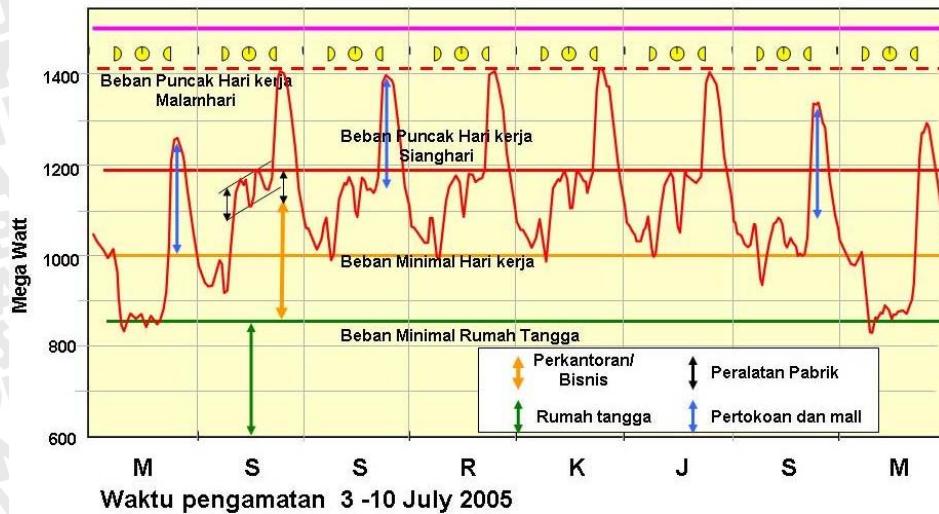
Penelitian mengenai energi pada bangunan komersial di Asia Tenggara dalam ASEAN USAID tentang energi bangunan tahun 1992 hasil penelitiannya menyatakan bahwa untuk bangunan perkantoran di kawasan Asia Tenggara rata-rata pertahunnya mengkonsumsi energi 233 kWh/m². Pola konsumsi energi untuk sector bangunan komersial dapat diwakili dari hasil penelitian penggunaan energi untuk gedung perkantoran ASEAN, dimana 50-60% untuk sistem AC, 30% untuk tata cahaya dan sisanya untuk peralatan mesin lainnya (elevator, pompa air, STP Plant dan sebagainya).



Gambar 1.1 Diagram perbandingan konsumsi energi listrik % pertahun.

Sumber: Mintorogo, Strategi "Daylighting" Pada Bangunan Multi-Lantai Diatas Dan Dibawah Permukaan Tanah, juli 1999

Dalam artikelnya yang berjudul pola konsumsi energi listrik di Jawa, Rovicky menampilkan kurva dibawah ini, dari kurva tersebut dapat dilihat bahwa konsumsi untuk energi listrik di perkantoran dan pertokoan lebih besar dari pada sektor rumah tangga.



Gb. 1.2. Grafik Pemakaian listrik dalam sepekan untuk daerah jawa

Sumber: Rovicky dalam rovicky..multiply.com/journal

Laju pertumbuhan pemakaian energi di Indonesia dalam kurun waktu 1985-2000 mencapai rata-rata 7%/tahun (pemakaian energi dunia rata-rata 1,2% pertahun, negara-negara APEC 2,6% pertahun). Disisi lain, cadangan minyak bumi Indonesia yang relatif kecil (minyak bumi 1% cadangan dunia, gas bumi 2%, batu bara sekitar 3,1%) tidak akan mampu menyediakan kebutuhan energi nasional dengan laju pertumbuhan yang tinggi tersebut.

Untuk mengurangi beban dingin bangunan perlu adanya penghalang atau penyaringan terhadap radiasi matahari. Perkirakan rata-rata solar insolation untuk satu hari, bulan, musim dan tahun tertentu diperlukan estimasi beban dingin yang timbul dari radiasi yang diterima dinding atau transmisi melalui jendela. Intinya, nilai solar insolation merupakan total kumulatif radiasi matahari di satu sisi bangunan dalam satuan waktu tertentu. Angka solar insolation dipengaruhi oleh bentuk geometri bangunan dan orientasi bangunan tersebut. Capeluto (2003) memberi solusi masalah ini melalui self-shading untuk lowrise dan middlerise building.

Menurut Jimmy Priatman (2000), pengaruh konteks energi sebenarnya telah dipahami oleh arsitek sejak awal abad keduapuluh melalui kontribusi karya-karyanya dalam gerakan arsitektur modern. Walter Gropius dengan sun-tempered home, Keck brothers dengan crystal house, Buckminster Fuller dengan Dimaxion house yang berdasarkan konsep efisiensi energi dan produksi industri.

Hal ini membuktikan bahwa pemikiran tentang konsep hemat energi sebenarnya sudah lama ada. Bahkan upaya-upaya ini telah ada meskipun saat itu energi berupa bahan bakar

fosil masih banyak. Namun saat itu segala upaya ini masih tenggelam oleh euphoria revolusi industri.

Menurut Jimmy Priatman (2002), 36-45% kebutuhan energi nasional terserap dalam sektor bangunan. Krisis energi ini ternyata memacu perkembangan arsitektur baru dengan disain sadar energi (energy conscious design) yang berdasarkan paradigmanya dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Arsitektur bioklimatik (bioklimatic architecture / low energy architecture)

Arsitektur yang berlandaskan pada pendekatan disain pasif dan minimum energi dengan memanfaatkan energi alam iklim setempat untuk menciptakan kondisi kenyamanan bagi penghuninya.

Keramahan terhadap lingkungan pada arsitektur bioklimatik dicapai dengan konfigurasi bentuk massa bangunan, perencanaan tapak, orientasi bangunan, desain fasade, peralatan pembayangan, instrumen penerangan alam, lansekap horizontal dan vertikal.

2. Arsitektur hemat energi (*energy-efficient architecture*)

Arsitektur yang berlandaskan pada pemikiran “meminimalkan penggunaan energi tanpa membatasi atau merubah fungsi bangunan, kenyamanan maupun produktivitas penghuninya” dengan memanfaatkan sains dan teknologi mutakhir secara aktif. Misalnya lampu hemat energy (energy saving lamp), pencantuman logo ‘energy’ bagi produk yang telah diakui ramah lingkungan.

Keramahan terhadap lingkungan pada arsitektur hemat energi dicapai dengan optimalisasi sistem tata udara-tata cahaya, integrasi antara sistem tata udara buatan-alamiah melalui pemanfaatan teknologi.

3. Arsitektur Surya (*Solar architecture*)

Arsitektur yang memanfaatkan energi surya baik secara langsung (radiasi cahaya dan termal), maupun secara tidak langsung (energi angin) kedalam bangunan, dimana elemen-elemen ruang arsitektur (lantai, dinding, atap) secara integratif berfungsi sebagai sistem surya aktif ataupun sistem surya pasif.

Pemanfaatan matahari dalam arsitektur dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu aktif dan pasif. Pemanfaatan secara pasif yaitu dengan memanfaatkan komponen matahari yang berupa cahaya dan panas yang dapat digunakan secara langsung. Misalnya penerangan alami pada siang hari maupun untuk memanaskan air yang ada dalam kotak alumunium. Kemudian pemanfaatan secara aktif adalah dengan mengkonversikan panas

matahari menjadi energi listrik melalui panel-panel photovoltaik yang dipasang pada area fasade bangunan dengan paparan sinar matahari maksimal.

4. Arsitektur hijau (*Green architecture*)

Arsitektur yang berwawasan lingkungan dan berlandaskan kepedulian tentang konservasi lingkungan global alami dengan penekanan pada efisiensi energi (energy-efficient), pola berkelanjutan (sustainable) dan pendekatan holistik (holistic approach).

Secara arsitektural, selubung bangunan merupakan elemen bangunan yang bersentuhan langsung dengan lingkungan sekitar. Sebagaimana dijelaskan di atas bahwa antara bangunan dengan lingkungan akan saling mempengaruhi, sehingga dalam hal ini selubung bangunan akan memberikan efek yang cukup besar terhadap kondisi fisik di dalam bangunan (temperatur, kuat cahaya, kelembaban, dan sebagainya) karena kedekatannya dengan lingkungan setempat.

Untuk itu, Indonesia dan beberapa negara ASEAN menetapkan suatu kriteria konservasi energi melalui fasade, yaitu OTTV. OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) atau harga perpindahan termal menyeluruh merupakan ukuran rata-rata konduksi dan radiasi panas matahari yang masuk melalui selubung bangunan. OTTV terdiri dari tiga komponen parameter, antara lain:

1. *Heat conduction through roof and wall*
2. *Heat conduction through window glass*
3. *Solar radiation through window glass*

OTTV merupakan bilangan standar yang menunjukkan rata-rata panas yang menembus kulit luar masuk ke dalam bangunan, jadi satuananya W/m^2 . Makin kecil angka OTTV berarti panas luar yang masuk ke dalam ruang tentu lebih kecil, jadi kerja AC tentu lebih ringan. Tentu saja panas yang harus dikeluarkan AC (Cooling load) tidak hanya itu, tetapi juga dari kegiatan manusia didalamnya, peralatan yang mengeluarkan panas, udara hangat dari luar yang masuk ke dalam, (internal heat gain dan ventilation heat gain), dll. Tetapi, setidaknya, kalau panas dari luar (dalam hal ini yang melalui kulit bangunan) dapat ditekan, maka berkuranglah beban tadi.

Insolation adalah Incidence solar radiation, atau radiasi surya yang mengenai permukaan luar bangunan yang terdiri atas radiasi langsung dan taklangsung (diffuse). Radiasi surya ini akan dikonversi menjadi panas (tergantung warna dan jenis material) lalu merambat ke dalam bangunan. Ini akan menjadi beban penyejukan. Jadi semakin kecil radiasi matahari yang menerpa permukaan bangunan, otomatis akan makin kecil panas yang menembus ke dalam bangunan.

Satuan Watt/m² pada OTTV dan nilai insolation merupakan watt panas, bukan watt daya. Nah, untuk mengkonversi kita bisa lihat brosur AC. Misalnya, kalau panasnya x watt butuh AC dengan data y watt.

Menurut Satwiko, cara paling efektif dalam memperkecil nilai OTTV adalah dengan mencegah radiasi matahari yang menerpa bangunan semaksimal mungkin. Penggunaan material kaca dengan daya serap radiasi yang cukup besar, misalnya dengan kaca stopsold, memang seolah dapat memperkecil nilai OTTV, namun kaca tersebut gelap, sehingga cahaya matahari yang masuk dalam ruangan juga berkurang, maka akan ada beban tambahan berupa penggunaan lampu dalam bangunan. Cara yang efektif adalah penggunaan sading dan tanaman rambat pada dinding luar bangunan.

Malang mengalami perkembangan yang sangat pesat belakangan ini. Dilihat dari googleearth, terdapat banyak bangunan bertingkat yang mewadahi berbagai fungsi di Malang. Paling banyak bangunan bertingkay untuk fungsi pendidikan,terbanyak ke dua adalah Mall atau pertokoan, Bank, Hotel, Rumah sakit, kemudian perkantoran.

Bangunan perkantoran yang bergerak di sektor pendidikan memang banyak di Malang, namun bangunan tersebut masih mendapat subsidi dari pemerintah, selain itu kebanyakan perkantoran yang bergerak di sektor pendidikan kebanyakan dibangun dengan memperhatikan iklim setempat. Sedikit berbeda dengan kantor atau bank di malang yang dibangun dengan gaya modern dengan finishing modern pula.

1.2. Penelitian Terdahulu

Banyak peneliti sebelumnya yang telah meneliti tentang pengaruh iklim terhadap bentuk bangunan. Studi yang dilakukan Ken Yeang (1994) menghasilkan bentuk bangunan yang optimal untuk merespon iklim di area hot humid. Ken Yeang menyatakan bahwa bentuk bangunan dengan WL ratio 1:3 dan orientasi utara-selatan adalah bentuk terbaik untuk meminimalkan solar insolation di daerah tropis.

Selain riset tentang bentuk bangunan terbaik, ada juga riset tentang solar shading strategy untuk daerah iklim tropis lembab. Di daerah tropis, solar shading strategy menjadi sangat penting untuk mencegah radiasi matahari yang berlebihan. Banyak riset yang fokus pada external shading devices diantaranya purwoko (1998), Saleh (1988), Soegijanto (1998) untuk mengantisipasi panas matahari dan mengoptimalkan pencahayaan dalam ruangan. Selain itu ada juga riset yang dilakukan oleh Ling (2007) tentang self shading pada bangunan guna meminimalisir solar insolation pada bangunan

Tabel 1.1
Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan sehubungan dengan pengaruh iklim dan bentuk bangunan
Sumber : hasil analisa

No		Iklim	Tingkat Bangunan			Bentuk Bangunan		Indikator bentuk			Pengaruh iklim			Beban Energi Bangunan
			Bangunan Tinggi	Tingkat Menengah	Bangunan Rendah	Built Form	Geometric	S/V	B/S	W/L	Radiasi Matahari	Kecepatan Angin	Temperatur udara	
1	Ken Yeang (1996)	Campuran	✓				✓	✓		✓		✓		✓
2	Chia Sok Ling	Tropis	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓			
3	Riset Saat Ini	Tropis		✓					✓	✓			✓	✓

Keterangan:

S/V: exposed surface-to-volume ratio;

B/S: base floor area-to-exposed surface ratio;

W/L: width-to-length ratio

Tabel 1.2
Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan sehubungan dengan radiasi solar dan shading design strategy
Sumber : hasil analisa

No		Iklim	Variabel Design									Solar Radiation			Beban Energi	Internal Heat Gain	
			Tingkat Bangunan			Geometric		Shading strategy									
			Bangunan Tinggi	Tingkat Menengah	Bangunan Rendah	Bentuk	Orientasi	Solar Envelope	Posisi Core	External Shading	Internal Shading	Self Shading	Solar Heat Gain	Daylight	Insolation		
1	Saleh (1998)	Hot Humid				✓	✓			✓				✓			
2	Purwoko (1998)	Hot Humid	✓				✓	✓		✓			✓				
3	Soegijanto (1998)	Hot Humid		✓			✓	✓		✓			✓			✓	
4	Jimmy Priyatman (2004)	Hot Humid	✓					✓		✓			✓			✓	
5	Ken Yeang (1994)	Hot Humid	✓			✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓		
6	Ling (2007)	Hot Humid	✓			✓	✓				✓	✓		✓	✓	✓	
7	Riset saat ini	Hot Humid		✓			✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓	

1.3. Definisi Judul

1.3.1. Solar insolation

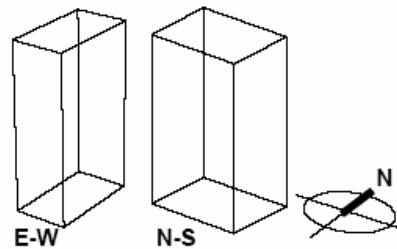
Solar insolation merupakan jumlah total kumulasi radiasi matahari di salah satu permukaan bangunan dalam satu satuan waktu tertentu. Solar insolation terbagi menjadi tiga, diterima langsung, disebarluaskan, dan dipantulkan pada fasade eksterior. Satuan yang digunakan biasanya $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{hari}$. Ini adalah jumlah energi matahari atau yang biasa disebut gelombang elektromagnetik dalam satu meter persegi permukaan bumi dalam satu hari.

Insolation (INcident SOLar radiATION) is a measure of solar radiation energy received on a given surface area in a given time. It is commonly expressed as average irradiance in watts per square meter (W/m^2) or kilowatt-hours per square meter per day ($\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$), or in the case of photovoltaics it is commonly measured as $\text{kWh}/\text{kWp} \cdot \text{y}$ (kilowatt hours per year per kilowatt peak rating). (Sumber: <http://www.nationmaster.com/encyclopedia>)

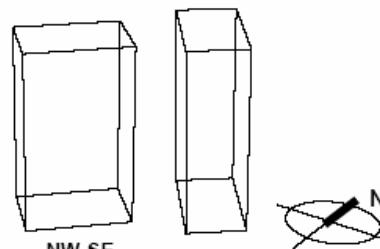
Insolation: INcident SOLar radiATION. Radiasi Matahari yang menerpa sebuah permukaan. Pada bangunan, solar insolation dipengaruhi oleh orientasi, sudut kemiringan dinding. Perhitungan solar insolation pada bangunan bertujuan untuk mengetahui jumlah radiasi yang sampai pada permukaan bangunan tersebut (sumber: Satwiko,2008)

1.3.1.1. Orientasi bangunan

Orientasi bangunan dapat digambarkan melalui sumbu axis bangunan tersebut, biasanya mewakili orientasi matahari yang menerpa bangunan. Contohnya, jika sebuah bangunan memiliki orientasi Utara-Selatan, maka itu artinya sisi panjang bangunan menghadap utara dan selatan.



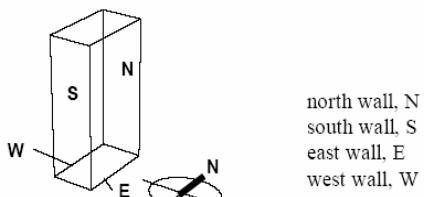
Gambar.1.3. diagram bangunan dengan orientasi timur-barat dan utara-selatan untuk hot humid
Sumber: Ling, 2007



Gambar.14 diagram bangunan dengan orientasi Barat laut-tenggara dan timur laut barat daya untuk hot humid
Sumber: Ling, 2007

1.3.1.2. Orientasi dinding

Orientasi dinding merupakan azimut permukaan dinding yang menghadap utara. Dinding yang menghadap timur memiliki zimut 90° , dinding yang menghadap selatan memiliki azimut 180° , dinding yang menghadap barat memiliki azimut 270° . Gambar berikut ini menjelaskan orientasi dinding sebuah bangunan.

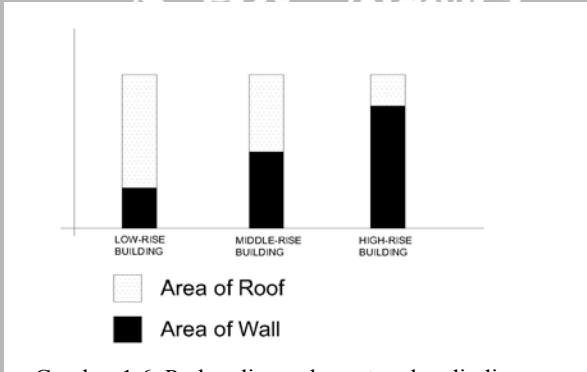


Gambar 1.5. Orientasi dinding sebuah bangunan

Sumber: Ling, 2007

1.3.2. Middle rise building

Bangunan dikategorikan dalam lowrise, middlerise dan highrise berdasarkan perbandingan luas atap dan dinding bangunan. Jika luas atap > luas dinding, maka bangunan tersebut termasuk dalam lowrise building, jika luas atap hampir sama dengan luas dinding, bangunan tersebut tergolong middle rise. Jika luas dinding > luas atap, bangunan tersebut termasuk highrise.



Gambar 1.6. Perbandingan luas atap dan dinding pada masing masing kategori bangunan

Sumber:

Sedangkan ASHRAE (1997) menyebutkan jika bangunan tersebut memiliki tinggi tiga kali lebarnya, maka bangunan tersebut termasuk highrise building. Jadi kesimpulannya, middle rise building adalah bangunan yang memiliki perbandingan luas atap yang hampir sama dengan dinding dan tingginya kurang dari tiga kali lebar.

Dalam kamus bahasa Indonesia disebutkan pengertian middle rise building (bangunan bertingkat menengah) adalah bangunan yang memiliki ketinggian sekitar 4 sampai 10 lantai.

1.3.3. Envelope / Selubung Bangunan

Selubung bangunan adalah pemisah antara interior dan lingkungan luar bangunan. Selubung bangunan biasanya berupa dinding luar yang berfungsi untuk melindungi bagian dalam bangunan serta berperan sebagai kontrol iklim. (www.wikipedia.org)

1.3.4. OTTV

Overall thermal transver value atau harga perpindahan panas menyeluruh. Panas yang diserap maupun diteruskan per meter persegi oleh permukaan selubung bangunan. Jadi satuan Watt/m². untuk bangunan bertingkat di Indonesia standart OTTVnya 45 W/m².

1.4. Identifikasi dan Batasan Masalah

Identifikasi masalah yang dapat disimpulkan dari latar belakang tersebut antara lain:

- Bangunan tinggi dan menengah yang dibangun dengan fasade yang hampir sama, apakah design tersebut benar-benar mempertimbangkan pengaruh iklim?
- Daerah tropis disinari matahari sepanjang tahun dan menerima radiasi panas cukup banyak. Karena itu, sangat penting untuk mencegah radiasi matahari yang berlebih sehingga tidak terjadi “*overheating external facade*”.
- Radiasi matahari sebanding dengan beban dingin pada bangunan. Jika radiasi matahari yang diterima besar, maka beban dinginnya juga besar sehingga energi yang diperlukan untuk ac juga besar.
- Perlu adanya blocking atau filtering radiasi matahari. Untuk mengurangi radiasi matahari yang diterima bangunan sehingga beban dingin bangunan juga berkurang dan energi yang diperlukan juga lebih sedikit.
- Indonesia dan beberapa negara ASEAN menetapkan suatu kriteria konservasi energi melalui fasade, yaitu OTTV.

Dari identifikasi masalah di atas, dibatasi:

- Studi ini hanya berfokus pada incident solar radiation atau radiasi matahari yang diterima fasade vertikal external bangunan. Internal Heat gain dan ventilation heat gain dianggap 0.
- Internal shading seperti kerai atau gorden dianggap tidak ada (berdasarkan teori OTTV standar hongkong yang menyebutkan bahwa prinsip dasar perhitungan OTTV salah satunya mengabaikan kerai dan gorden).

Sumber: <http://www.arch.hku.hk/research/beer/bee-reg.htm>

- Bangunan sekitar tapak dianggap tidak ada (berdasarkan teori OTTV standar hongkong yang menyebutkan bahwa prinsip dasar perhitungan OTTV salah satunya mengabaikan pantulan radiasi dan pengaruh pembayangan dari gedung sekitar objek. Penelitian terdahulu, ling,2007 juga mengabaikan pengaruh shading dan pantulan radiasi dari gedung sebelah)

Sumber: <http://www.arch.hku.hk/research/beer/bee-reg.htm> dan Ling, 2007.

- Objek studi adalah bangunan dengan fungsi perkantoran yang memiliki orientasi utara-selatan dengan WL ratio 1:3 atau mendekati itu (sesuai dengan bentuk bangunan optimal untuk daerah tropis menurut Ken Yeang)
- Simulasi dilakukan dengan Ecotect 5.2. Simulasi akan dilakukan pada bulan Maret, Juni, dan Desember yang merupakan critical periode dimana pada 21 Maret dan 21 September matahari berada di ekuator (*equinox*), 22 Juni merupakan *north solstice*, matahari berada di utara, dan 21 Desember merupakan *south solstice*, matahari berada di selatan.
- Tidak ada perubahan material yang digunakan dalam bangunan sehingga dalam hasil yang di dapat tidak ada eksplorasi material (pada kajian ini perhitungan OTTV berangkat dari kondisi solar insolation, sementara telah dijelaskan bahwa nilai solar insolation tidak dipengaruhi oleh bahan bangunan yang digunakan).

1.5. Rumusan Masalah

- Bagaimana envelope form yang efektif pada objek studi?

1.6. Tujuan

- Mengetahui envelope form yang efektif pada objek studi

1.7. Kegunaan

Proposal ini diharapkan mampu memberikan kegunaan bagi pihak-pihak yang terkait dengan pembangunan energy efficient building nantinya, antara lain:

Keilmuan

- Memberikan pengetahuan mengenai design selubung bangunan middlerise hemat energi dengan pendekatan Solar Insolation.
- Memberi pengetahuan mengenai perhitungan OTTV pada sebuah objek studi.

- Memberikan pengetahuan mengenai *energy efficient building*.

Praktisi

- Sebagai contoh penerapan audit energi bangunan sesuai SNI 03-6196-2000
- Sebagai bentuk pengabdian dan pengaplikasian ilmu bagi masyarakat
- Sebagai pemenuhan tugas akhir guna memperoleh gelar sarjana teknik

1.8. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, serta adanya identifikasi dan pembatasan masalah agar cakupan kajian tidak meluas. Dari situ didapat suatu rumusan masalah sebagai hal pokok yang akan dikaji. Juga berisi tentang tujuan dan kegunaan dengan dilakukannya penelitian ini. Selain itu terdapat pula kerangka pemikiran.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II ini berisi tentang kepustakaan yang dapat mendukung penulisan serta sebagai landasan pertimbangan atas hasil penelitian yang nantinya akan dianalisis. Bab ini berisi tentang kondisi iklim solar, solar insolation, data iklim, karakteristik bangunan bertingkat, dan solar shading design.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode yang akan digunakan dalam penelitian, serta pengambilan sampel, instrumen penelitian, metode dalam pengumpulan, analisis serta sintesa data yang akan dilakukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV ini berisi tentang hasil simulasi solar insolation pada masing masing objek studi, serta eksperimen terhadap beberapa alternatif pengolahan selubung bangunan yang akan diolah menggunakan bantuan *software* komputer. Kemudian hasil yang telah diperoleh tersebut akan dibahas/ dianalisis.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan kesimpulan dari hasil analisis terhadap alternatif pengolahan envelope form, sehingga dapat diketahui envelope form yang bagaimana yang paling mampu meminimalkan solar insolation pada objek studi, kemudian diberikan saran-saran yang dapat digunakan sebagai masukan pada penelitian-penelitian berikutnya.



1.9. Kerangka Pemikiran

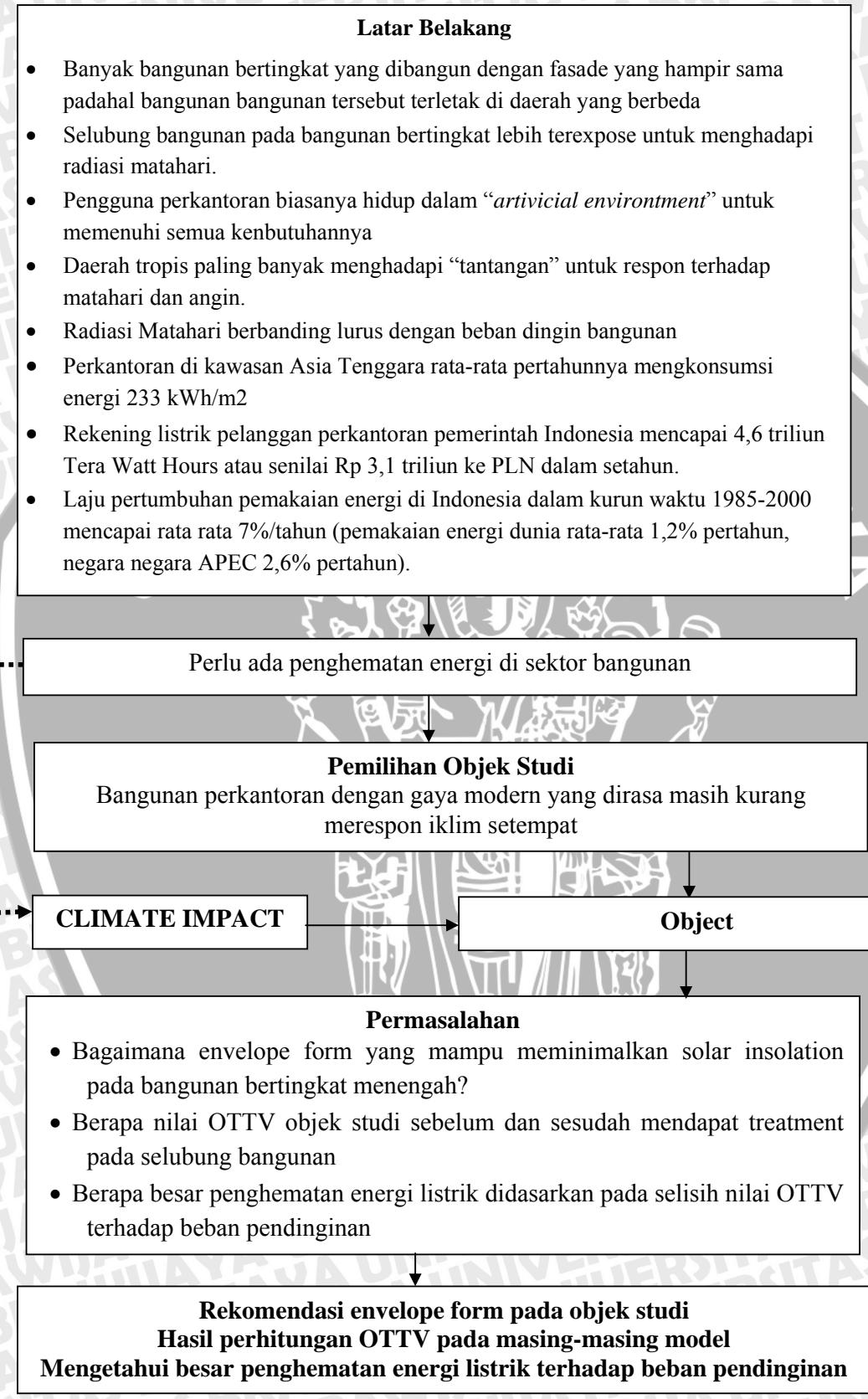


Diagram 1.1 Diagram Kerangka Pemikiran

Sumber: Dian Pramita (2008)

BAB II

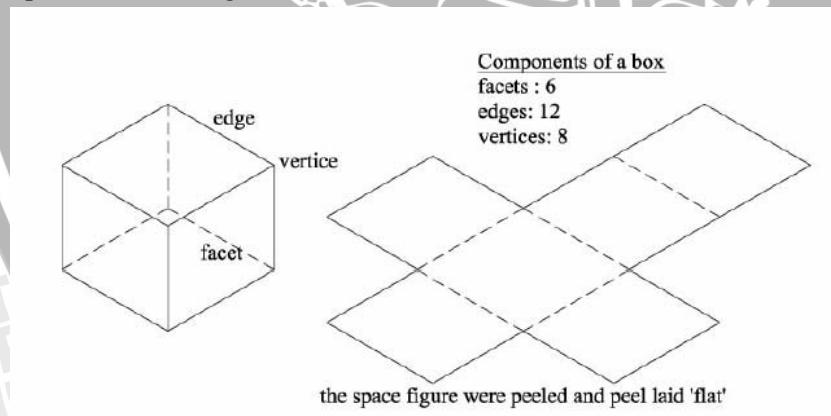
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Bangunan Bertingkat

Riset terdahulu yang dilakukan Ken Yeang;1994, Olgyay;1957, Markus;1980, Matus;1988, menekankan bahwa pengaruh tekanan lingkungan pada bentuk bangunan penting untuk menciptakan bangunan yang responsif terhadap iklim. Dalam perkembangan bangunan bertingkat, bentuk bangunan keseluruhan menjadi bagian utama yang mempengaruhi estetika, kebiasaan, dan konsumsi energi bangunan tersebut. Tugas yang cukup kompleks untuk eksplorasi bentuk optimal untuk bangunan dengan mempertimbangkan permintaan klien, faktor harga, operasional bangunan yang efisien serta pertimbangan iklim.

2.1.1. Konsep dasar bentuk geometri

Bentuk geometri digambarkan secara lengkap dalam sebuah bidang pada selembar kertas. Untuk lebih jelasnya seperti yang ada di gambar di bawah ini. Gambar tersebut adalah gambar kubus, permukaan sebuah kubus adalah rectangle (bujur sangkar). Sisisisinya bertemu pada rusuk. Ujung kubus disebut "vertices". Komponen ini akan memberi karakter pada bentuk bangunan.



Gambar .2.1. komponen kubus

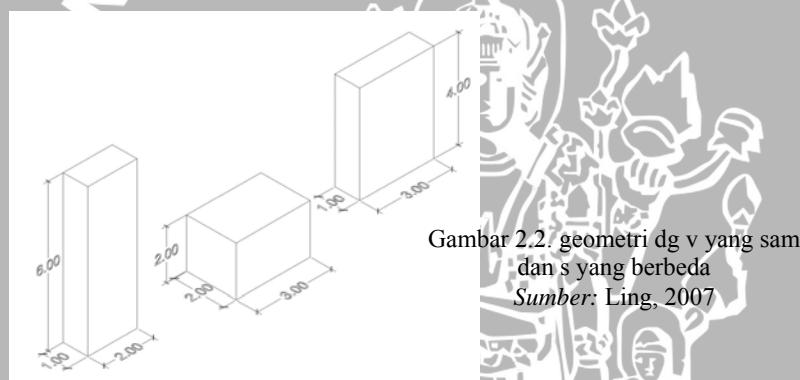
Sumber: Ling,2007

Bentuk bangunan yang di-extrude vertikal dari denah, bisa berupa prismatic, meruncing, dan setback. Untuk volume bangunan yang sama, bisa memiliki tinggi, panjang dan lebar yang sama sehingga luas permukaannya bisa berbeda.

2.1.2. S/V ratio (permukaan yang terexpose dibanding volume)

S/V ratio didefinisikan sebagai rasio luas permukaan yang digunakan untuk menutup sebuah volume bangunan dengan volume bangunan itu sendiri. Ini sedikit berbeda dengan rasio permukaan terexpose dan volume. Permukaan yang terexpose berarti permukaan bangunan yang secara langsung terkena lingkungan luar. Bidang yang berada di atas tanah bukanlah termasuk exposed surface, tapi terhitung dalam S/V ratio. Gambar 2.6 menjelaskan sebuah balok yang memiliki volume yang sama dengan S yang berbeda.

Knowles dalam ling (2007) menggunakan S/V ratio untuk mengindikasikan hubungan antara urban built form dan energi matahari yang diterima bangunan. Markus dalam Ling (2007) juga menyatakan bahwa konfigurasi bangunan yang ideal adalah yang menggunakan S/V ratio yang berdasarkan pada rata-rata heat loss. Matus dalam ling (2007) menjelaskan semakin sedikit permukaan yang digunakan untuk menutup sebuah volume, makin kecil sistem yang dipengaruhi oleh variasi pada tekanan external.



Gambar 2.2. geometri dg v yang sam
dan s yang berbeda
Sumber: Ling, 2007

2.1.3. Width-length ratio (W/L ratio)

W/L ratio biasa digunakan dan lebih mudah dipahami dalam semua tipe bangunan. Rasio ini mempengaruhi tingkat insolation yang diterima permukaan bangunan. Rasio ini juga berpengaruh pada aliran angindi sekitar yang akan mempengaruhi ventilasi bangunan.

Ken yeang dalam bukunya bioclimatic skyscraper menjelaskan pengaruh iklim pada bentuk bangunan bertingkat. Bentuk bangunan yang beragam memiliki sudut jatuh matahari yang beragam pula untuk masing-masing iklim. Untuk daerah iklim dingin, disarankan menggunakan bentuk silinder dengan W/L ratio 1:1. untuk daerah iklim sedang, tropis kering dan tropis lembab, rasio yang digunakan berturut-turut 1:1.6, 1:2 dan 1:3. rasio ini menunjukkan bahwa meminimalkan panjang sisi dengan orientasi barat dan timur sangat penting terutama untuk daerah dengan garis lintang rendah.

	Geometric Shape	Optimum Plan Form Ratio
Cool	Cylinder form	1 to 1
Temperate	Rectangular form	1 to 1.6
Arid	Rectangular form	1 to 2
Tropical	Rectangular form	1 to 3

Gambar .2.3. bentuk dan W/L ratio untuk masing masing iklim

Sumber: Yeang, 1996

2.1.4. Orientasi bangunan

Orientasi bangunan dapat merendahkan efek alam. Untuk bangunan di daerah tropis, orientasi bangunan bertujuan untuk meminimalkan solar heat gain dan memaksimalkan ventilasi (givoni dalam ling, 2007). Ken yeang (1994) menyarankan untuk iklim tropis, bangunan berorientasi ke utara-selatan dengan perletakan core di sebelah barat atau timur karena sisi inilah yang mendapat peninjauan dan radiasi paling banyak.

2.2. Design Peneduh

2.2.1. Natural shading

Natural shading strategy berarti shading bangunan melalui orientasi dan vegetasi. Vegetasi ataupun landscape di sekeliling bangunan dapat mengurangi radiasi matahari yang menimpa bangunan. Vegetasi mempunyai evaporated cooling effect, yang menghasilkan temperatur udara lebih rendah sekitar dinding yang diteduhkan. Vegetasi dapat mengurangi radiasi hingga 20%-60% jika dibanding jendela tanpa vegetasi.

2.2.2. External shading device

Ossen dalam ling (2007) mendefinisikan external shading device adalah proyeksi yang ditempatkan pada kulit bangunan atau sebuah tambahan dari kulit bangunan untuk mencegah panas matahari yang tidak diinginkan. Horizontal dan vertikal device merupakan dua bentuk dasar external shading device. Egg crate device merupakan kombinasi vertikal dan horizontal device. Di daerah tropis, external device juga menggunakan kontrol cahaya dan solar heat gain.

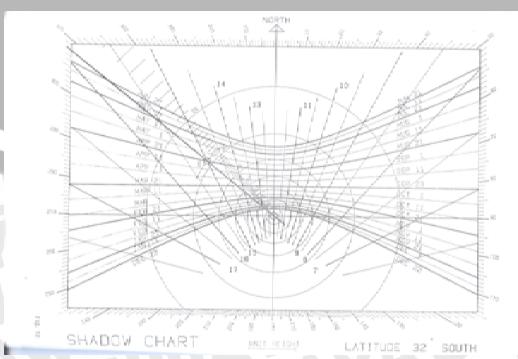
Struktural dan arsitektural biasanya membatasi design external shading. Design external shading yang panjang perlu digunakan untuk waktu kritis di daerah dengan sudut lintang kecil.. bagaimanapun juga, panjang proyeksi external device dapat diatasi dengan sejumlah proyeksi yang lebih kecil dengan tinggi dan lebar yang berbeda untuk mendapatkan kemampuan perlindungan maahari yang sama.

Soleh (1988) menjelaskan dalam bukunya mengenai design external shading yang efektif untuk masing masing waktu. Soleh menggunakan cara lama, memakai shadow chart dan shadow template untuk membentuk shading.

2.2.2.1. Shadow chart

Masing masing latitude memiliki shadow chart yang berbeda. Shadow chart merupakan gambaran dari posisi matahari seperti yang terlihat di langit di berbagai daerah pada lintang tersebut. elemen yang ada pada shadow chart antara lain: center ditunjukkan oleh kotak kecil pada gambar, Penunjuk arah utara (ditunjukkan dengan panah yang melalui center, garis tanggal dengan dua konjugasi tanggal, garis lurus yang menunjukkan waktu, skala yang disebut unit height, latitude dimana grafik tersebut dapat diaplikasikan, pusat busur yang juga merupakan center dari grafik, lingkaran altitude dengan interval 10° dan busur di sekelilingnya yang menunjukkan derajad dengan interval 1° .

Shadow chart ini dapat juga digunakan untuk menghitung azimut dan altitude. Misalnya pada jam 3.00pm 21 April di lokasi 32°LS , didapat titik E sebagai perpotongan antara garis tanggal dan jam. Titik E merupakan posisi matahari pada waktu tersebut. Kemudian tarik garis lurus antara titik E dengan pusat hingga memotong busur yang mengelilingi diagram, maka dapat diketahui sudut azimutnya 308° . Jika dibuat lingkaran dengan pusat chart sebagai pusat lingkaran dan titik E sebagai tepinya sehingga lingkaran tersebut memotong busur memanjang, maka altitudennya dapat ditentukan yaitu 28.4° .

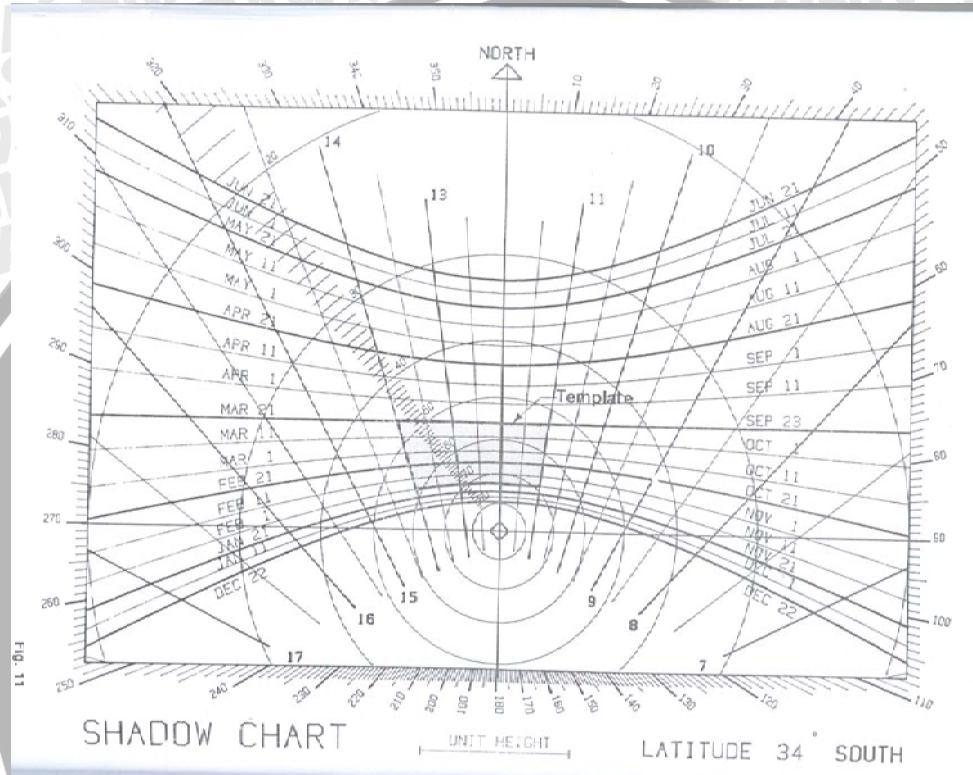


Gambar. 2.4. Shadow chart untuk daerah sidney (32°LS) serta contoh menghitung altitudo dan azimut pada titik E

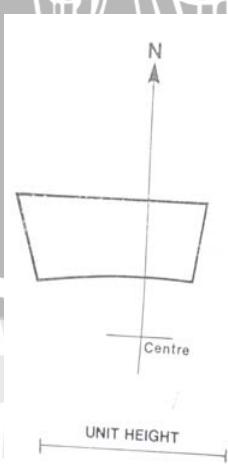
Sumber: Saleh, 1988

2.2.2.2. Shadow template

Shadow template merupakan area yang didapat dari shadow chart yang menggambarkan shading period dalam satu waktu. Misalnya design sunshading di sidney yang efektif antara jan 11.00 hingga 14.00, solar time 1 Februari dan 21 Maret. Pada gambar 2.8, area yang diarsir menunjukkan template. Area itu terbentuk dari perpotongan garis tanggal dan jam.



Gambar. 2.5. Cara membuat shadow template
Sumber: Saleh, 1988

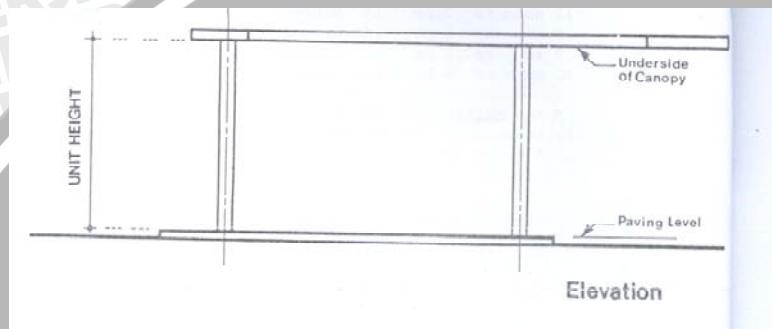


Gambar. 2.6. Shadow template
Sumber: Saleh, 1988

2.2.2.3. Shading pada area horizontal

Misalnya membuat shading untuk pukul 11.00 sampai 14.00 tanggal 1 Februari dan 21 Maret. Langkah langkahnya sebagai berikut

- a. Menggunakan shadow template seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, berhubung waktu dan tanggallnya sama, maka dapat digunakan template tersebut.
- b. Gambarkan tampak depan area yang akan diberi shading. Ketinggian muka tanah dan bawah kanopi merupakan unit height yang di dapat dari template.



Gambar 2.7. Tampak depan dengan tinggi shading

Sumber: Saleh, 1988

- c. Gambarkan denah dengan skala sama dengan elevasi. Di contoh ini denah adalah area A1-B1-C1-D1.
- d. Gambarkan arah utara pada bangunan di setiap sudut A1-B1-C1-D1.
- e. Letakkan template yang telah ada sebelumnya di sudut dengan arah utara sebagai patokan.
- f. Hubungkan outline template yang satu ke template yang lain
- g. Ulangi langkah e dan f untuk B1, C1 dan D1.
- h. Gambarkan outline canopi dengan menghubungkan titik E1, E2, F1, F2, G1, G2, H1, H2, dan E1 seperti tampak pada gambar dibawah ini.

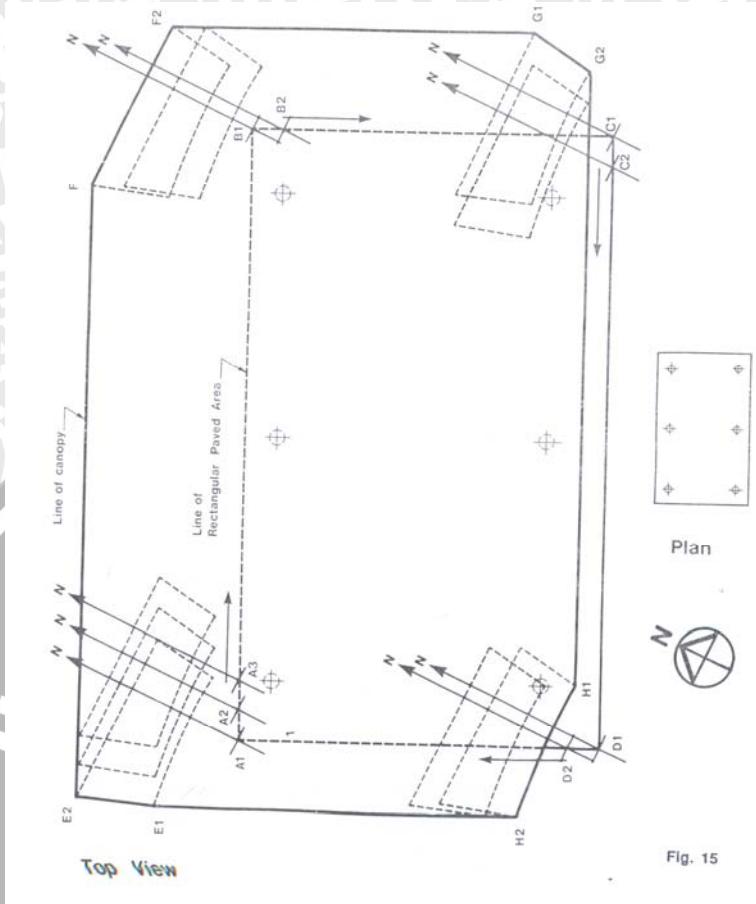


Fig. 15

Gambar. 2.8. tampak atas shading pada area horizontal

Sumber: Saleh, 1988

2.2.2.4. Shading untuk area vertikal.

Sebenarnya prinsipnya hampir sama dengan permukaan horizontal. Misalnya sebuah jendela kantor di sidney yang perlu dibayangi selama:

11.00-14.00	pada	6 Nov hingga 23 Nov
10.00-15.00	pada	24 Nov hingga 7 Des
10.00-16.00	pada	8 Des hingga 15 Des
9.00-16.00	pada	16 Des hingga 7 Maret
10.00-16.00	pada	8 Maret hingga 21 Maret
11.00-3.00	pada	22 Maret hingga 1 April

Sebelum mendesign shading, perlu dibuat shadow template-nya terlebih dahulu dan langkah berikunya adalah:

- a. Gambarkan shading template

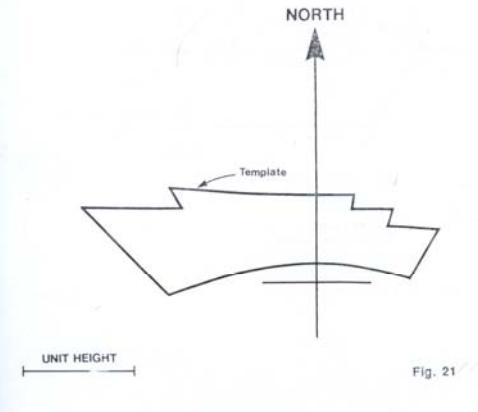
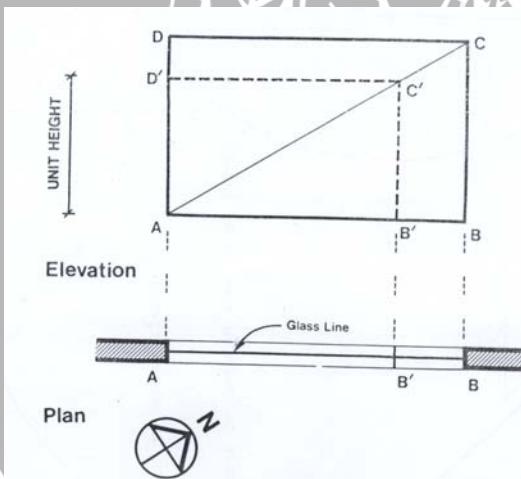


Fig. 21

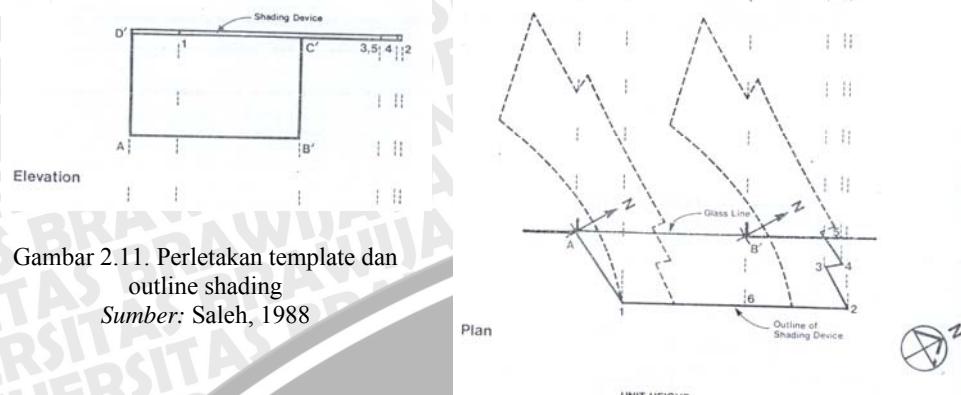
Gambar 2.9. Template
Sumber: Saleh, 1988

- b. Gambar tampak dan denah jendela dengan skala sesuai dengan unit height pada template. Gambar di bawah ini merupakan gambaran dari langkah b. AD' merupakan unit height. ABCD merupakan jendela. Kemudian tarik garis diagonal AC sehingga dapat ditemukan titik C' dan B'. kemudian proyeksikan titik B' ke denah. Lalu gambar lagi jendela AB'C'D'.



Gambar 2.10. Tampak dan denah jendela
Sumber: Saleh, 1988

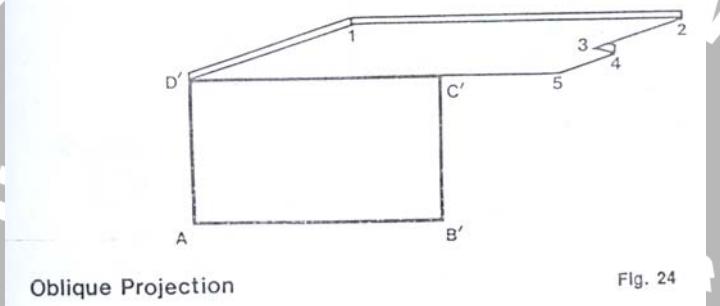
- c. Gambarkan penunjuk arah utara di sisi A dan B' pada denah
- d. Letakkan template pada denah seperti yang tampak pada gambar di bawah
- e. Tebalkan garis outline template pada denah
- f. Ulangi langkah d dan e di poin B' .
- g. Hubungkan titik A dengan titik 1,2,3,4,5 untuk mendapat outline shading device kemudian proyeksikan pada tampak jendela.



Gambar 2.11. Perlakukan template dan outline shading

Sumber: Saleh, 1988

h. Letakkan hasilnya pada elevasi



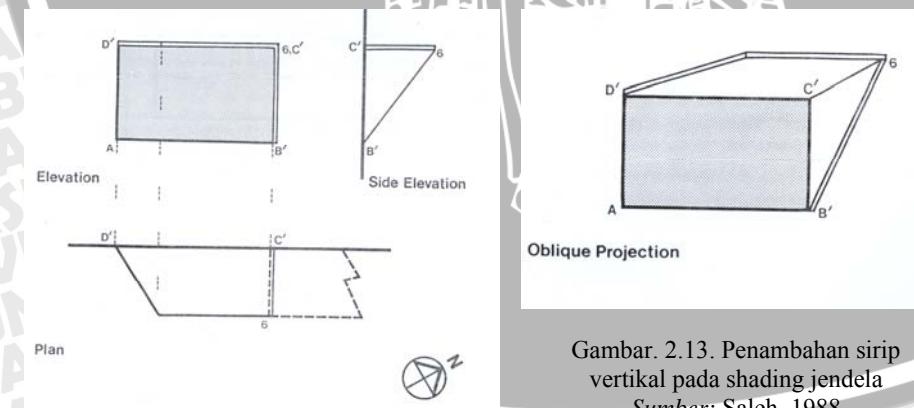
Oblique Projection

Fig. 24

Gambar. 2.12. Isometri shading pada jendela

Sumber: Saleh, 1988

i. Arsitek bisa juga menambahkan sirip vertikal dengan menghubungkan titik 6 dengan B' sebagai berikut



Gambar. 2.13. Penambahan sirip vertikal pada shading jendela

Sumber: Saleh, 1988

2.2.3. Internal shading device

Internal device dapat dikategorikan menjadi dua. Yang pertama, solar shading dengan kerai, kisi atau gorden yang kedua, penggunaan kaca khusus yang bisa meredam radiasi. Internal shading digunakan untuk menangkal radiasi yang sudah masuk dalam bangunan.

2.2.4. Shading yang efektif

Efektivitas shading tergantung pada kemampuan shading dalam menangkal radiasi panas dan jumlah cahaya alami yang dapat dimasukkan ke dalam bangunan di daerah iklim tropis. Menurut ossen dalam ling (2007), memang penggunaan shading dapat berefek sedikit terhadap pencahayaan alami bangunan. Efektifitas shading device ditentukan oleh geometri, bahan dan warna permukaan, lokasi proyeksi shading external, dan shading coefficient.

2.2.4.1. Geometri external shading device

Geometri external shading device dipengaruhi oleh dalam, lebar dan sudut shading device. Masing masing elemen bergantung pada jumlah radiasi matahari dan sudut datangnya. Kedalaman shading device tergantung pada sudut direct solar insolation. Bagaimanapun juga, penting untuk menentukan kedalaman overhang dengan mempertimbangkan total radiasi yang masuk dalam satu waktu tertentu. Ossen dalam Ling (2007) menjelaskan hubungan proporsional antara kedalaman overhang dengan ketinggian dinding tembus cahaya sebagai ‘overhang ratio’ (OHR) atau ‘projection factor’ (PF).

OHR = kedalaman overhang / tinggi dinding tembus cahaya

Givoni dalam ling(2007) berpendapat dengan menambah sisi proyeksi overhang mampu mengurangi radiasi solar yang masuk melalui dinding tembus cahaya. Overhang yang miring juga mampu mereduksi radiasi matahari.

2.2.4.2. Shading coefficient

Alat penuduh yang bervariasi bisa dibandingkan secara komulatif dengan konsep koefisien peneduh (SC). SC paling tepat digunakan untuk sistem glazing tradisional sederhana. Koefisien ini tidak tepat jika digunakan dalam sistem glazing yang baru dan rumit yang terdiri dari ruang udara dan lapisan ganda. Maka saat ini ada koefisien baru, SCGC, solar heat gain coefficient (koefisien bertambahnya panas karena sinar matahari) mirip dengan SC sebagai pengukur berapa banyak sinar matahari yang masuk melalui jendela. Keduanya merupakan angka yang tak berdimensi yang berkisar dari nol sampai satu. Nol berarti tidak ada radiasi sinar yang masuk.

Tabel 2.1. SC dan SHGC masing masing

tipe kaca

Sumber: Lechner, 2007

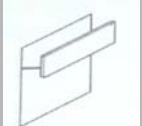
Peralatan	SC	SHGC
Glazing Tunggal		
Kaca bening, tebal 1/8 inci	1.0	0.86
Kaca bening tebal _ inci	0.94	0.81
Penyerap panas taaau berwarna	0.6-0.8	0.5-0.7
Pemantul	0.2-0.5	0.2-0.4
Glazing ganda		
Bening	0.84	0.73
Bronze	0.5-0.7	0.4-0.6
Low-e-clear	0.6-0.8	0.5-0.7
Pilihan spektral	0.4-0.5	0.3-0.4
Triple clear	0.7-0.8	0.6-0.7
Glass block	0.1-0.7	
Peneduh interior		
Kerai	0.4-0.7	
Peneduh gulung	0.2-0.6	
Gorden	0.4-0.8	
Peneduh eksternal		
Eggcrate	0.1-0.3	
Overhang horizontal	0.1-0.6	
Sirip vertikal	0.1-0.6	
Pohon-pohonan	0.2-0.6	

2.2.5. Macam-macam contoh shading

Shading ideal akan menghalangi radiasi matahari secara maksimum tapi tetap membiarkan pemandangan serta udara melewati jendela. Tabel di bawah ini menunjukkan beberapa perangkat peneduh external yang biasa digunakan.

Tabel 2.2. Macam-macam tipe shading

Sumber: Lechner, 2007

Gambar Shading	Keterangan Nama	Orientasi Terbaik	Komentar
1. 	Overhang Panel Horizontal	S, B, T	Menangkap udara panas, dapat dibebani salju dan angin
2. 	Overhang Louvers horizontal pada bidang horizontal	S, B, T	Pergerakan udara bebas, beban salju atau angin kecil, berskala kecil
3. 	Overhang Louvers horizontal pada bidang vertikal	S, B, T	Memperkecil panjang overhang, pandangan terbatasi
4. 	Overhang Panel vertikal	S, B, T	Pergerakan udara bebas, pandangan terbatasi
5. 	Sirip vertikal	B, T, U	Menghalangi pemandangan, hanya untuk fasade bagian utara untuk iklim panas
6. 	Sirip vertikal miring	B, T	Miring ke arah utara, sangat membatasi pemandangan
7. 	Eggcrate	B, T	Untuk iklim yang sangat panas, pemandangan sangat terbatas, menangkap udara panas

8.		Egg crate dengan sirip miring	B, T	Miring ke arah utara, pemandangan sangat terbatas, menangkap udara panas, untuk iklim sangat panas
----	---	-------------------------------	------	--

2.2.6. Shading device spesial pada bangunan bertingkat

Ada empat shading istimewa yang dapat diaplikasikan pada bangunan bertingkat, antara lain perletakan posisi core, landscape vertikal, building envelope treatment dan penggunaan ruang transisi.

a. Perletakan Core

Core merupakan bagian penting dari high rise building. Core tidak hanya menyandang fungsi struktural, core juga memberi efek termal dan view pada bangunan. Posisi core bisa digolongkan menjadi tiga: central core, double core dan satu core single. Untuk bangunan tropis, core hendaknya dipilih secara benar, sebaiknya diletakkan di sisi timur atau barat bangunan, atau di kedua sisi. Dengan core di dua sisi terpanas, maka akan terbentuk sejenis ruang insulasi internal. Core menjadi barrier panas.

Lobby lift, tangga dan toilet harusnya diberi ventilasi alami dan view keluar jika memungkinkan. Dengan meletakkan core di keliling bangunan, core pada menara mesiniaga bisa mendapatkan cahaya dan view keluar yang tidak mungkin bisa di dapat oleh core di tengah. Pengunjung bisa melihat keluar saat mereka naik lift atau tangga.

b. Sky court dan balkon atau ceruk

Ceruk yang dalam pada suatu bangunan memungkinkan untuk membentuk shading pada sisi bangunan yang panas. Ken Yeang biasanya memanfaatkan ceruk tersebut untuk meletakkan fungsi balkon atau skycourt kecil sehingga ceruk itu bukan hanya sekedar ceruk, namun juga memiliki fungsi. Atau bisa juga ceruk tersebut dimanfaatkan sebagai garden dan memungkinkan bagi perancang untuk meletakkan panel surya di ceruk itu sehingga ceruk tersebut dapat lebih bermanfaat.

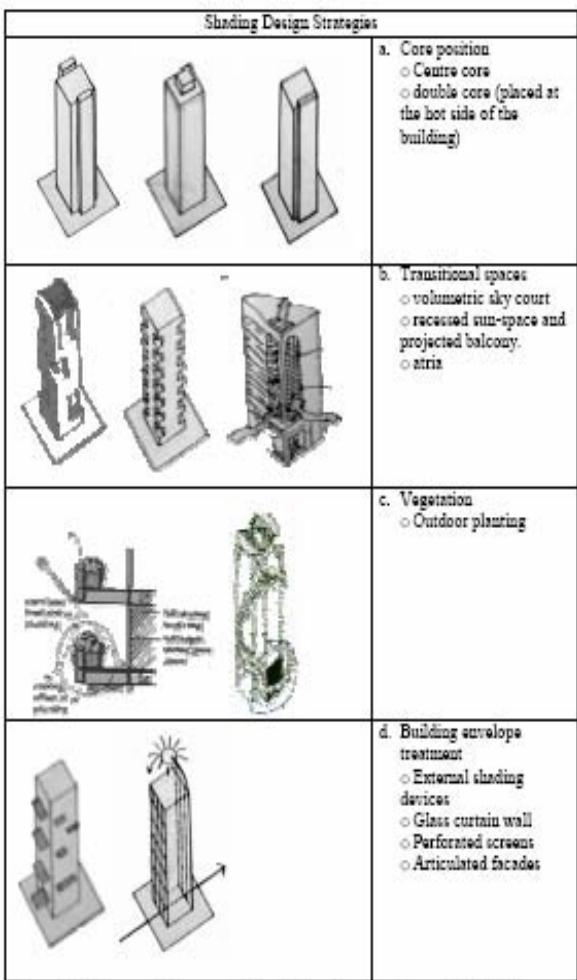
c. Landscape vertikal

Landscape vertikal pada bangunan bertingkat dipopulerkan ken yeang sejak tahun 1980 dan menara mesiniaga sebagai ikon design tanggap iklim menggunakan konsep ini. Sky

court juga dapat berfungsi sebagai shading dan menyerap panas matahari yang menimpa bangunan.

d. Building envelope treatment

Secara fisik, bangunan bertingkat memiliki dinding terexpose lebih besar. Tujuan building envelope adalah untuk mengurangi dampak lingkungan berdasarkan iklim di site. Parameter design sehubungan dengan building envelope antara lain bahan yang digunakan bangunan, window-wall ratio, lokasi jendela dan ukurannya, glazing, shading pada jendela dan selubung. Memang mustahil untuk melindungi permukaan bangunan sepenuhnya dari radiasi. Menurut ismail dalam ling (2007), building envelope treatment dapat digolongkan pada external shading, screen dengan lubang-lubang, dual skin envelope dan glass curtain wall.



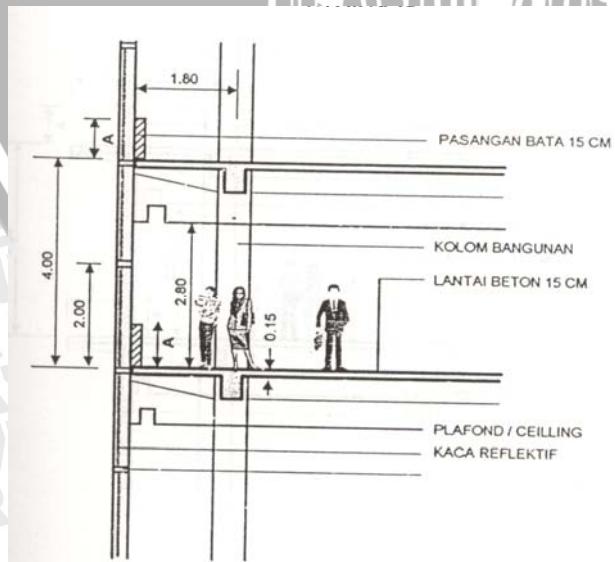
Gambar. 2.14. Shading istimewa pada bangunan bertingkat

Sumber: ling, 2007

Menurut Soegijanto (1998), selubung bangunan adalah dinding atau permukaan bangunan yang menutupi volume bangunan (permukaan terexpose). Perencanaan selubung bangunan hendaknya mempertimbangkan komposisi material masif dan transparan, warna, bahan dan tekstur, pembayangan, rasio kaca-dinding. Komposisi masif transparan atau rasio kaca-dinding dan pembayangan dapat berpengaruh pada radiasi matahari yang diterima bangunan. Sedangkan bahan, tekstur dan warna juga berpengaruh pada radiasi yang diserap bangunan karena setiap bahan memiliki karakter thermal yang berbeda. Semua besaran yang telah disebutkan dapat dirangkum dalam sebuah rumus. Rumus tersebut adalah perhitungan harga koefisien thermal bangunan. Bagaimanapun juga, dalam kajian ini hanya akan dibahas mengenai solar insolation pada bangunan. Pustaka tersebut diambil untuk mengetahui faktor apa saja yang dapat berpengaruh pada radiasi matahari yang menerpa permukaan bangunan.

Purwoko (1998) memiliki pendapat yang sama mengenai selubung bangunan. Selubung bangunan adalah permukaan terexpose suatu bangunan. Untuk meminimalkan radiasi matahari yang masuk dalam bangunan, purwoko (1998) mengatasi dengan permodelan bentuk-bentuk selubung serta permainan material berupa cladding untuk dinding yang terexpose. Purwoko (1998) memiliki empat alternatif.

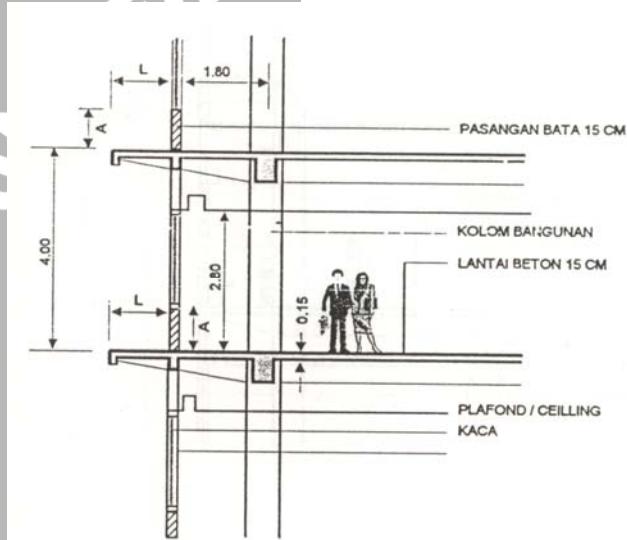
Yang pertama, dengan memberikan cladding aluminium yang membungkus dan melindungi seluruh dinding eksterior bangunan. Hal tersebut dilakukan untuk mengurangi konduksi panas matahari yang masuk melalui dinding. Permukaan kaca jendela hampir sejajar dengan permukaan cladding. Hasilnya, usaha ini akan mereduksi pemakaian energi sebesar 0.8%.



Gambar. 2.15. Aplikasi cladding Al pada selubung bangunan

Sumber: Purwoko, 1998

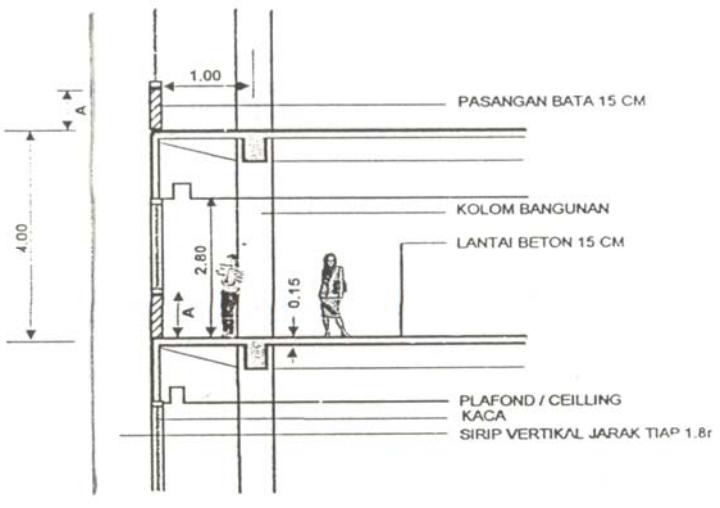
Berikutnya dengan memberikan overhang atau oversteak horizontal sehingga terjadi efek pembayangan pada jendela dan dinding eksterior. Panjang overhang 1m dengan ambang bawah overhang berjarak 5cm dari sisi bagian atas jendela. Hasilnya selubung tipe ini mampu mereduksi panas sebesar 7%. Dapat ditarik kesimpulan bahwa pengolahan fasade dengan menambahkan shading lebih efektif dan memiliki pengaruh yang lebih signifikan dibanding dengan hanya memberi perlindungan atau ruang untuk konveksi matahari dengan tambahan material saja. Berarti faktor yang paling besar berpengaruh dalam penggunaan energi bangunan adalah radiasi matahari yang masuk dalam bangunan melalui bukaan. Bukaan berpengaruh pada perubahan pemakaian energi untuk komponen-komponen pendinginan dan pencahayaan.



Gambar. 2.16. Penambahan overhang pada selubung bangunan

Sumber: Purwoko, 1998

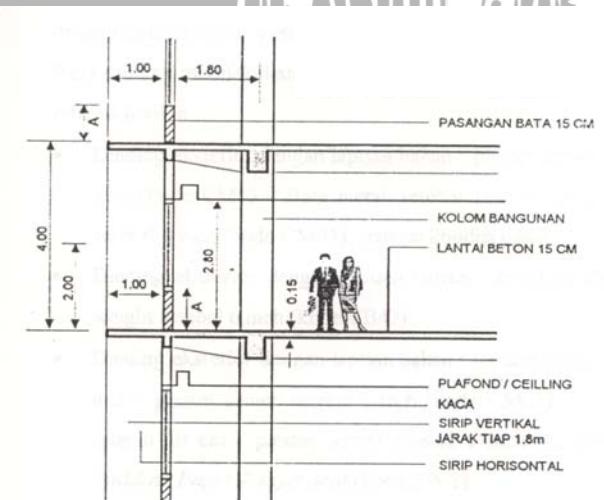
Alternatif ketiga yaitu dengan menambahkan fin atau sirip vertikal pada tiap modul jarak bangunan. Lebar sirip umumnya 1m mengingat kemampuan konstruksi, sedangkan jarak satu sirip ke sirip lain sebesar 7.2 m. Hasilnya ternyata tidak lebih baik dari solusi sebelumnya. Reduksi pemakaian energi sebesar 1.4%. hal ini disebabkan bahwa perubahan fisik selubung bangunan dengan menambahkan sirip (fin) dengan jarak 7.2m hanya mampu melindungi sebagian kecil dinding dinding dan jendela dari radiasi matahari langsung sehingga perubahan energi terjadi pada komponen-komponen beban pendinginan dan pencahayaan relatif kecil. Agar lebih efektif, maka jarak antar sirip harus dirapatkan.



Gambar. 2.17. Penambahan sirip vertikal pada selubung bangunan

Sumber: Purwoko, 1998

Modifikasi selubung tipe berikutnya adalah dengan menambahkan shading type egg crate. Egg crate merupakan jenis shading yang mampu melindungi bukaan secara vertikal dan horizontal baik berupa coakan atau teritisan dan sirip yang menempel pada bangunan. Purwoko menggabungkan alternatif dua dan tiga dalam objek studinya dan menghasilkan reduksi pemakaian energi yang cukup besar yaitu 8.4%. perubahan yang begitu besar disebabkan oleh dihasilkannya bidang pembayangan yang lebih luas pada selubung bangunan



Gambar. 2.18. Penambahan sirip vertikal dan overhang pada selubung bangunan

Sumber: Purwoko, 1998

2.3. Self Shading pada Daerah Tropis Lembab

Bangunan di tropis lembab selalu mengalami overheating karena sinar matahari langsung, karena itu, shading dan self shading lebih relevan dalam meminimalkan sinar matahari yang menerpa bangunan. Berdasarkan garis edar matahari, orientasi yang cocok adalah aspek utama dalam mengurangi solar heat gain. Emanuel dalam Ling (2007) menyatakan orientasi self shading pada daerah tropis (ekuator) antara 350° - 360° dari utara.

Priatman (2003) berpendapat bahwa solar envelope di ekuator dapat digunakan sebagai metode untuk mengontrol pembayangan yang tidak diinginkan dari gedung yang bersebelahan dan mengatur pembayangan untuk menghindari radiasi matahari yang menerpa permukaan. Artinya, solar envelope dapat dimodifikasi dan diintegrasikan menjadi self shading strategi untuk daerah tropis.

Capeluto dalam Ling (2007) menjelaskan tentang strategi design selfshading untuk Israel (32° & 35° LU). Dia merasa metode ini dapat menyediakan cahaya yang cukup serta sidewalk selama musim dingin dan mampu memberi shading yang optimal pada hari-hari kritis di saat musim panas.

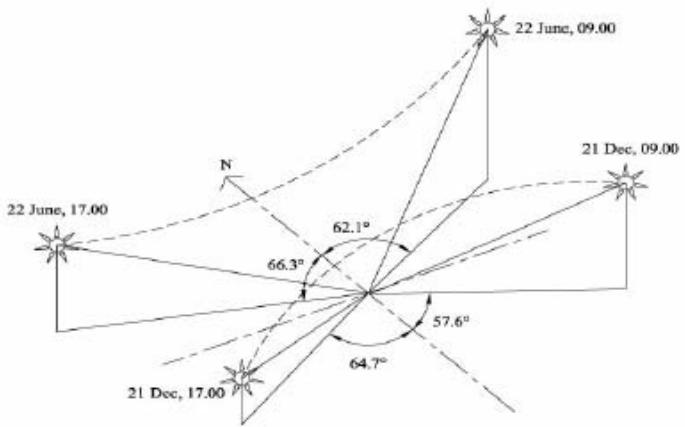
2.3.1. Strategi design selfshading

Self shading design strategy adalah aplikasi baru untuk solar collection envelope (SCE). Konsep ini diperkenalkan oleh capeluto dengan menggunakan sustainable architecture (sustarch) computer model.

2.3.1.1. Cut-off time dan sudut perlindungan

Metode untuk menemukan cut-off time sangatlah penting karena itu berpengaruh pada penentuan sudut perlindungan dan sudut vertikal shadow pada orientasi masing-masing dinding. Sudut ini tergantung lokasi, waktu dan orientasi. Mengingat tujuannya membayangi permukaan tertentu setiap waktu, sudut terendah harus ditetapkan. Shadow angel terendah dapat didefinisikan sebagai protection angel di waktu tertentu.

Emanuel dalam Ling (2007) menjelaskan bahwa untuk daerah tropis, 21 Juni saat matahari ada di utara, 21 Desember saat matahari di selatan, dua hari ini menentukan batas utara dan selatan paling ekstrim. Cut-off time di masing-masing hari tersebut menentukan batas barat dan timur. Disarankan pencegahan radiasi matahari untuk bangunan perkantoran tergantung pada waktu operasional kantor yaitu antara jam 9.00 hingga 17.00.

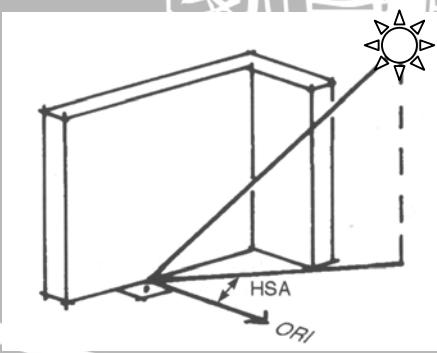


Gambar. 2.19. Cut off time perkantoran
Sumber: Ling, 2007

2.3.1.2. Vertical Shadow Angel (VSA) & Horizontal Shadow Angel (HSA)

Posisi matahari terhadap bangunan membentuk sebuah sudut vertikal dan horizontal. Geometri shading tergantung pada dua sudut bayangan, sudut bayangan vertikal (VSA) dan sudut bayangan horizontal (HSA). Sudut bayangan menjelaskan posisi matahari terhadap fasade dengan orientasi tertentu dalam waktu tertentu.

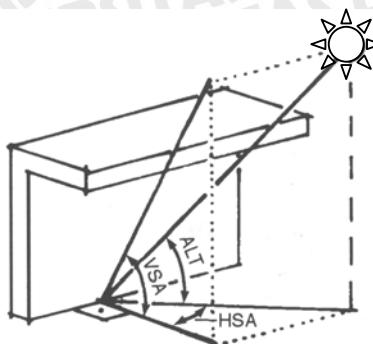
HSA sedikit berbeda dengan azimut. Azimut adalah sudut vertikal matahari terhadap arah utara, sedangkan HSA bergantung pada orientasi dinding. Untuk dinding dengan orientasi utara, $HSA = \text{azimut}$. Gambar 4.18 menjelaskan hubungan azimut, orientasi dan HSA.



Gambar 2.20. Horizontal Shadow Angel (HSA)
Sumber: Remaz, 2007

$$\text{HSA} = \text{Azimut} - \text{ORI} \text{ (Facade orientation)}$$

Vertical shadow angel (VSA) merupakan sudut antara orientasi dan garis vertikal yang diambil tegak lurus dari tangen Altitude. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.19. VSA dipengaruhi oleh Altitude dan HSA.

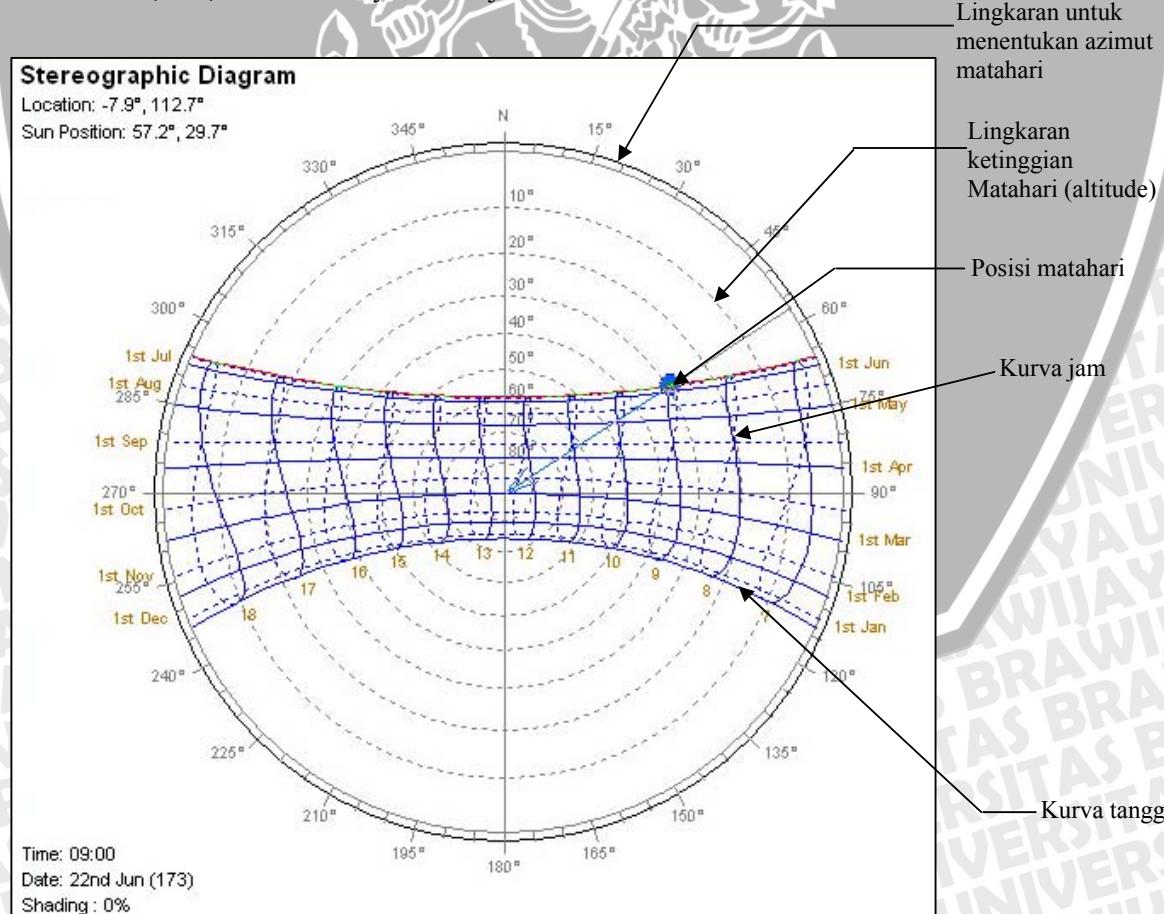


Gambar 2.21 Vertical Shadow Angel (VSA)

Sumber: Remaz, 2007

$$VSA = \tan^{-1} \{ \tan(ALT) / \cos(HSA) \}$$

Sedangkan untuk menentukan altitude dan azimut digunakan sun path atau diagram natahari. Yang diperlukan adalah jam, tanggal, serta posisi lintang kota Malang. Kota Malang terletak pada 7.9°LS , maka sunpath-nya seperti gambar 4.19. gambar tersebut juga menunjukkan posisi matahari pada tanggal 22 Juni pada pukul 09.00. Lingkaran terluar berupa busur yang menunjukkan azimut. Lingkaran dalam yang berupa garis putus-putus bertuliskan 10° , 20° , dan seterusnya menunjukkan altitude.

Gambar 2.22 lingkaran surya untuk kota Malang (7.9°LS)

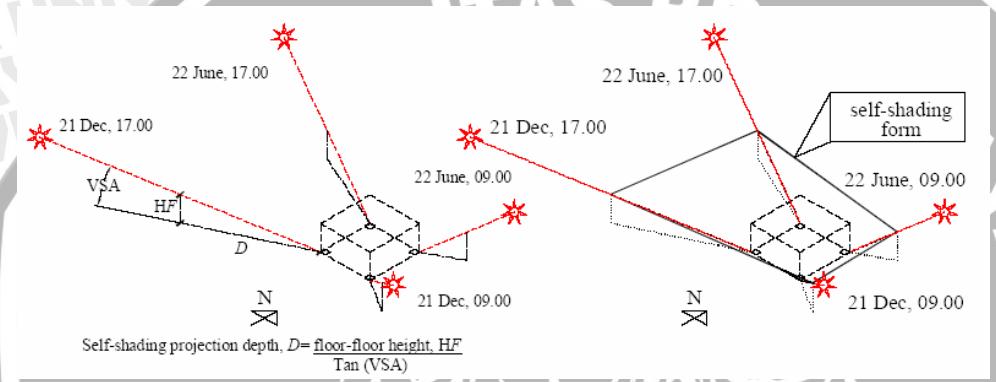
Sumber: Ecotect 5.5, 2008

Setelah altitude dan azimut diketahui, VSA dan HSA dihitung menggunakan rumus di atas.

2.3.1.3. Self shading projection depth

Kedalaman self shading tergantung tinggi typical floor. Sudut pembayangan ditentukan latitude dan orientasi.

$$\text{Self shading projection depth, } D = \frac{\text{Tinggi lantai ke lantai, HF}}{\tan(\text{VSA})}$$



Gambar. 2.23. Penentuan kedalaman self shaded maksimum
Sumber: Ling, 2007

2.3.1.4. Self shading projection ratio (SSP ratio)

Penggunaan self shading projection depth adalah perhitungan yang efektif untuk eleminasi radiasi panas yang masuk ke dalam bangunan di daerah tropis. Hubungan yang proporsional antara kedalaman self shading dengan ketinggian lantai ke lantai (H_F) didefinisikan sebagai Self shading projection ratio (SSP ratio).

$$\text{SSP ratio} = \frac{\text{Kedalaman self shaded, } D}{\text{Tinggi lantai ke lantai, } H_F}$$

Tabel 2.5. mendeskripsikan hubungan cut off time dan protection angel pada masing-masing orientasi dinding.

Tabel 2.3. Hubungan cut off time, protection angel, dan SSp ratio

Sumber: Ling, 2007

Surface orientation	Cut-off time	Protection angle		VSA (°)	Self-shading projection (SSP)	
		Solar azimuth (°)	Solar altitude (°)		SSP depth (m)	SSP ratio
East	22 Jun, 9am	62.1	38.8	42.3	4.396m	1.10
	21 Dec, 9am	122.4	36.4	41.2	4.569m	1.14
West	22 Jun, 5pm	-66.3	18.4	20.1	10.930m	2.73
	21 Dec, 5pm	-115.3	15.0	16.5	13.503m	3.37
North	22 Jun, 9am	62.1	38.8	59.8	2.328m	0.58
	22 Jun, 5pm	-66.3	18.4	39.6	4.835m	1.21
South	21 Dec, 9am	122.4	36.4	54.0	2.906m	0.73
	21 Dec, 5pm	-115.3	15.0	32.0	6.401m	1.60

2.4. Arsitektur dan Kenyamanan Thermal

2.4.1. Radiasi Matahari

Bumi menerima hampir semua energi dari matahari dalam bentuk radiasi dan matahari merupakan faktor yang dominan dalam mempengaruhi iklim. Total insolation perharinya adalah jumlah total energy matahari yang diterima dalam sehari (Jm^{-2}), dari matahari terbit dan terbenam, 24 jam solar time. Insolation rata-rata perhari (W/m^2) adalah rata-rata insolation perhari, contohnya total insolation perhari dibagi 86400s. Perbedaan rata-rata insolation dapat dihubungkan dengan perbedaan rata-rata, atau dalam interval waktu yang terintegrasi, atau keduanya.

2.4.1.1. Radiasi matahari global

Nilai solar insolation pada permukaan horizontal dapat dihitung dengan dua cara, tergantung penggunaannya. Pertama, seperti bagian analisis termal sebuah model, harga perjam untuk masing-masing hari dalam setahun. Dibaca langsung dari data lokasi, nilai ini didapat dari BMG dengan dipengaruhi oleh kondisi langit mendung atau berawan, temperatur udara dan kelembaban absolut.

Menggunakan data radiasi tidak sepenuhnya akurat dalam perhitungan solar insolation karena kurangnya informasi mengenai kondisi eksternal seperti cloud cover. Untuk merata-rata perbedaan nilai dalam kasus ini, nilai global dan diffuse irradiation diambil dari rata-rata harian radiasi seperti yang tampak pada laporan iklim bulanan. Salah satu dari dua nilai ini dibaca dari file lokasi atau diambil dari rata-rata data bulanan.

2.4.1.2. Beam irradiance

Beam irradiance merupakan komponen langsung yang dihasilkan dari pencahayaan langsung matahari. Tergantung pada sudut timbulnya radiasi langsung dan juga presentasi permukaan yang terkena bayangan.

2.4.1.3. Pancaran radiasi dari langit

Merupakan komponen total radiasi yang datang dari semua sudut dari semua sky dome, tergantung pada sudut kemiringan permukaan bangunan. Permukaan horizontal terexpose penuh pada kubah langit, sedangkan permukaan vertikal hanya terexpose sebagian. Efek dari shading sulit ditentukan secara pasti nilainya. Diffuse component memberi efek pada solar collection dan temperatur udara, efek ini tidak terlalu signifikan.

2.4.1.4. Radiasi yang dipantulkan oleh bumi

Ground reflected irradiance atau radiasi yang dipantulkan oleh bumi adalah total radiasi yang dipantulkan dari bumi, bergantung pada sudut kemiringan diffuse sky irradiance.

2.4.2. Radiasi matahari dan iklim tropis lembab

Indonesia terletak antara 11°LU - 9°LS dan 94°BT - 141°BT dan kebanyakan area indonesia merupakan lautan. Indonesia mengalami musim panas sepanjang tahun serta kelembaban yang tinggi sepanjang tahun. Pergantian musim ditandai dengan perubahan kondisi angin dan hujan yang signifikan.

Musim penghujan terjadi di bulan desember-maret saat matahari bergerak dari 23°LS ke 0° . Musim kemarau terjadi pada bulan Juni-September saat matahari bergerak dari 23°LU ke 0° .

Elemen iklim yang lain adalah temperatur, kelembaban, curah hujan, lama penyinaran, radiasi matahari, penguapan, kecepatan angin dan tekanan udara. Menurut donald et all dalam Ling, lama penyinaran maksimum terjadi saat musim kering dan minimum di musim hujan. Karena Indonesia merupakan negara tropis yang dilalui katulistiwa, maka lama penyinaran matahari rata-rata 12jam.

Menurut Givoni (1976), radiasi matahari adalah radiasi elektromagnetik yang terpancar dari matahari. Gelombang elektro magnetik ini memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda hingga akhirnya memiliki wujud yang berbeda pula seperti sinar ultra violet, cahaya tampak dan sinar infra merah.

Energi yang dipancarkan oleh matahari ke bumi akan diserap dan dipantulkan, sama halnya dengan permukaan tidak tembus cahaya pada dinding bangunan, namun untuk dinding tembus cahaya, radiasi diserap dan diteruskan tanpa dipantulkan.

$$a + r + t = 1.0$$

dimana: a =energi yang diserap, r = energi yang dipantulkan, dan t = energi yang diteruskan.

Cara paling efektif untuk merancang bisa dengan cara mengontrol jumlah panas yang mencapai interior bangunan dengan mendesign selubung bangunan dengan bahan yang menyerap atau memantulkan radiasi. Permukaan dengan daya serap lemah untuk radiasi gelombang pendek yang memantulkan banyak cahaya dan panas matahari biasanya merupakan permukaan dengan warna cerah dan tekstur halus.jumlah energi yang diserap (I_a) adalah hasil kali radiasi matahari (I_i) dengan daya serap permukaan (a)

$$I_a = a I_i$$

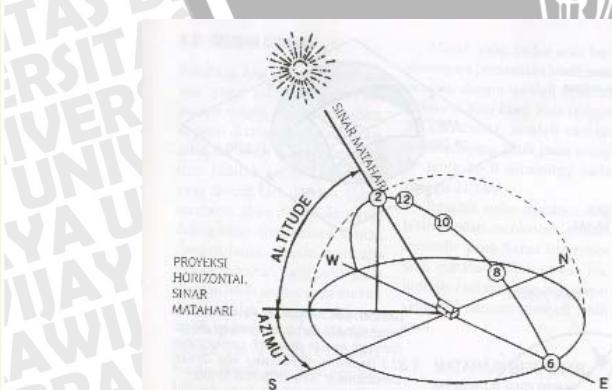
Radiasi matahari tidak akan diteruskan ke dalam bangunan terlalu banyak jika arsitek menggunakan kaca dengan daya pantul dan daya serap yang tinggi. Total radiasi matahari (insolation) yang menerpa permukaan bangunan dapat digolongkan menjadi tiga komponen: radiasi langsung dari matahari (I_D), diffused radiation dari langit (I_d) dan radiasi yang dipantulkan bumi di sekitar bangunan (I_R).

$$I = I_D + I_d + I_R$$

2.4.2.1. Solar Geometry

Bumi mengitari matahari tidak selalu dalam kondisi lurus dengan sumbu polarnya, kadang bumi condong $23,5^\circ$ dari sumbu normalnya. Hal ini mengakibatkan pergantian musim di berbagai wilayah.Selama 20 atau 21 Maret dan 22 atau 23 September matahari tepat berada di khatulistiwa atau biasa disebut equinox dimana semua tempat di belahan bumi memiliki lama penyinaran yang sama, 12 jam siang dan 12 jam malam.

21 atau 22 Juni, Matahari berada di sebelah utara sedangkan tanggal 21-22 Desember Matahari berada di selatan.



Gambar. 6.9a Definisi sudut altitude dan azimut (dikutip dari Architectural Graphic Standards, Ramsey/Sleeper 8th ed. John R. Hoke, ed. Copyright John Wiley 1988).

Gambar 2.24. Solar altitude and solar azimuth

Sumber: Lechner, 2007

Intensitas cahaya matahari yang diterima bumi bervariasi. Harkness dan Metha dalam Ling (2007) menjelaskan bentuk pergerakan matahari sehingga altitude dan azimut matahari dapat ditentukan di berbagai lokasi dan waktu yang ditentukan. Pergerakan matahari digambarkan seperti sky dome sehingga dapat ditentukan altitude dan azimutnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.1. Altitude adalah sudut yang terbentuk antara permukaan horizontal dengan sumbu matahari sedangkan azimut adalah posisi matahari dari arah utara, berapa derajat di sisi utara atau berapa derajat di sisi barat. Solar altitude ditentukan oleh garis lintang.

Givoni (1976) menjelaskan bahwa altitude ditentukan berdasarkan waktu dan posisi garis lintang daerah tersebut. Untuk equinox, didapat

$$A = 90^\circ - L$$

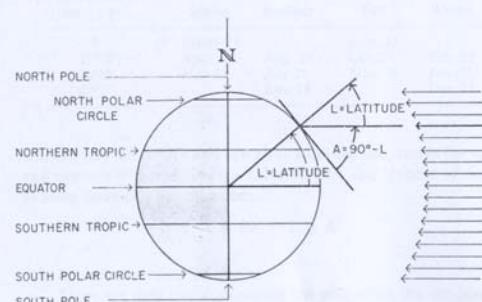
Dimana (A) altitude, (L) latitude atau garis lintang. Sedangkan untuk south solstice (solstice musim dingin) saat matahari di $23,5^\circ$ LS, didapat:

$$A = 90^\circ - (L + 23^\circ 27')$$

Saat North stolstice (solstice musim panas) saat matahari di $23,5^\circ$ LU didapat:

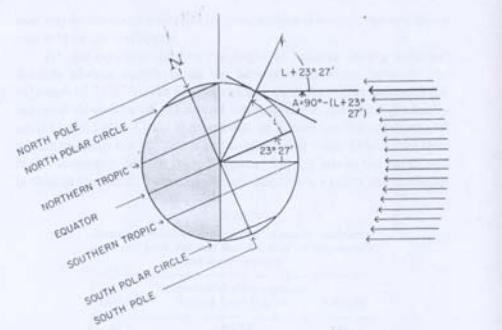
$$A = 90^\circ - (L - 23^\circ 27')$$

Rumus itu didapat dari sketsa pada gambar 2.2, 2.3 dan 2.4



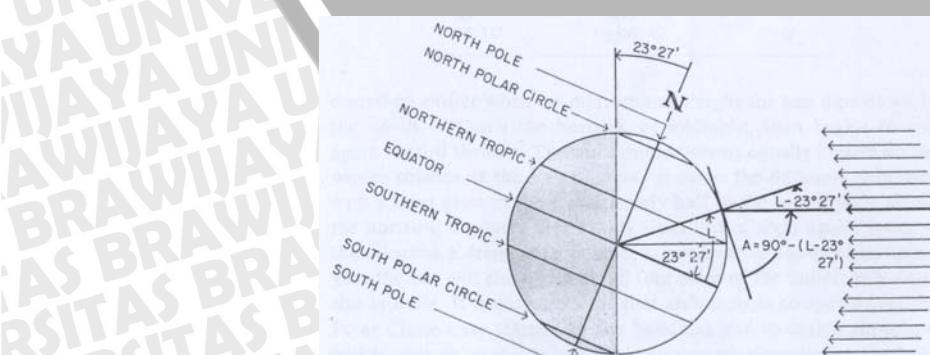
Gambar 2.25. Sudut jatuh matahari pada equinox, Altitude = $90-L$

Sumber: Givoni, 1976



Gambar 2.26. Sudut jatuh matahari pada solstice musim dingin

Sumber: Givoni, 1976



Gambar. 2.27. Sudut jatuh matahari pada solstice musim panas

Sumber: Givoni, 1976

Dampak dari sudut altitude, pada posisi sudut yang rendah sinar matahari akan menerobos atmosfer lebih banyak sehingga radiasi yang mencapai permukaan bumi.

2.4.2.2. Analisa radiasi matahari dari BMG Malang

Data yang didapat adalah data tahunan dari BMG kota malang, di tiap tahunnya terdapat data rata-rata radiasi bulanan.

Tabel 2.4. Radiasi matahari Malang per bulan tahun 2002-2007

Sumber: BMG Malang

Bulan	Radiasi tahun (kal/cm²)					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Jan	304.2	245.7	297.9	323.7	310	369.1
Feb	226.2	250.9	256.6	310.9	297	329.7
Mar	284	315.5	235.6	334.7	255	256.4
Apr	320.1	338.9	313.5	302.2	29.3	349.3
Mei	359.6	257.7	304.8	348	311	377.9
Jun	329.1	282.3	335.2	315.2	326	356
Jul	365.6	249.7	322.9	315.1	343	341.9
Aug	391	326.6	345.3	356.4	241	331.3
Sept	378.6	347	362.5	382	789	378.4
Okt	401.5	325.8	374	367	817.7	400.9
Nov	365.8	311.2	331.2	367	817.4	374.4
Des	315.6	282.5	259.7	241	348	280.4
Rata-rata	336.775	294.4833	311.6	330.2667	407.0203	345.475

Tabel 2.5. lama peninjaman perbulan dari tahun 2002-2007

Sumber: BMG

Bulan	Lama peninjaman (%)					
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Jan	51	51	49	53	40	59
Feb	40	38	42	60	50	55
Mar	63	62	46	58	35	75
Apr	68	76	79	64	58	64
Mei	83	75	67	86	62	75
Jun	83	85	83	72	65	69
Jul	83	89	82	84	77	81
Aug	88	86	85	66	84	79
Sept	60	72	79	76	90	89
Okt	88	68	86	66	85	84
Nov	67	56	63	66	80	78
Des	53	35	37	29	52	45
Rata-rata	68.92	66.08	66.50	65.00	64.83	71.08

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa dari tahun ke tahun radiasi matahari yang diterima dan lama peninjaman memiliki kisaran rata-rata yang hampir sama.

2.5. Pengaruh Radiasi Matahari Pada Bentuk Bangunan Dan Thermal

Menurut markus dalam Ling (2007), Konsumsi energi bangunan berprinsip pada proses kontrol lingkungan dengan memberi media iklim luar untuk dimasukkan dala lingkungan internal bangunan. Setiap bangunan dapat dibentuk untuk mengurangi efek lingkungan. Di negara tropis lembab, eksplorasi bentuk bangunan untuk meminimalkan dampak negatif sinar matahari bisa menjadi design guide bagi arsitek.

Radiasi matahari memberi kontribusi penting pada panas yang diterima bangunan. Prediksi dari rata-rata solar insolation (dalam sehari, bulan ataupun tahun) diperlukan untuk menghitung beban dingin yang didapat dari radiasi yang jatuh pada dinding atau yang menembus masuk melalui jendela. Solar insolation merupakan jumlah total radiasi matahari di satu titik tertentu atau permukaan bangunan pada periode tertentu. Distribusi dan adanya radiasi matahari pada permukaan external fasade perlu dipelajari. Memahami karakteristik solar insolation yang menimpa bentuk geometri dan orientasi yang berbeda sangatlah pentting. Hal ini berpengaruh pada pemilihan tipe shading pada bangunan atau mengetahui bagian mana yang paling banyak terkena radiasi matahari sehingga efektif untuk meletakkan panel photovoltaic (jika ada).

Setiap bentuk bangunan memiliki kapasitas yang berbeda dalam menerima energi yang terpancar dari matahari. Stasinopoulos dalam Ling (2007) berpendapat bahwa bentuk yang berbeda akan memiliki kemampuan yang berbeda pula (bisa lebih banyak bisa juga lebih sedikit) dalam menerima radiasi matahari dalam kondisi yang sama. Di daerah tropis lembab, permukaan horizontal selalu menerima radiasi sepenuhnya tanpa mempedulikan bentuk dan orientasinya. Efektifitas permukaan external fasade tergantung insolation rata-rata yang diterima masing-masing permukaan (vertikal, horizontal, atau permukaan miring). Dinding vertikal dengan orientasi berbeda akan menerima cahaya matahari yang berbeda, tidak seperti permukaan horizontal.

2.5.1. Solar insolation pada permukaan solid

Energi matahari, R yang termasuk global, direct, diffuse dan yang didapat dari pantulan bumi yang menerpa permukaan yang terexpose dengan luas F merupakan solar insolation total pada satu bagian permukaan dalam periode tertentu. Karakteristik insolation tergantung orientasi, ukuran dan kemiringan permukaan juga dipengaruhi oleh kondisi iklim antara lain pergerakan matahari, sudut lintang (latitude), kondisi atmosfer dan reflektifitas tanah. Rasionya, $\epsilon = R/F$ merupakan rata-rata radiasi matahari pada permukaan

tergantung dari luas permukaan. Hal ini menunjukkan kemampuan satu permukaan atau bentuk dalam menerima radiasi matahari dalam waktu dan tempat yang sama.

2.5.2. Solar insolation index

Rata-rata radiasi matahari yang diterima permukaan bervariasi tergantung waktu dan tempat. Berarti hitungan tersebut bukanlah dasar yang mantab untuk menaksir insolasi pada permukaan atau bentuk. Stasinopoulos dalam Ling (2007) memberi gagasan berupa radiasi relatif atau ‘solar insolation index’, μ index. Koefisien ini lebih tepat untuk menghubungkan rata-rata solar insolation pada permukaan dengan radiasi matahari yang tersedia pada periode tertentu. Index ini didefinisikan sebagai rasio rata-rata radiasi matahari pada tiap permukaan dengan permukaan horizontal.

Dengan mempertimbangkan permukaan solid sebagai penerima radiasi matahari, solar insolation index diindikasikan sebuah efisiensi dengan membandingkan rasio solar insolation yang diterima dengan solar insolation yang tersedia dalam waktu dan tempat yang sama. “Solar insolation yang tersedia” biasanya diindikasikan sebagai solar insolation yang diterima permukaan horizontal. Nilai terbesar μ index adalah 1, itu sama artinya dengan 100%.

2.5.3. Langkah menghitung μ index

- Menghitung luas suatu permukaan (f_n), dan radiasi yang menerima permukaan tersebut (I_n) untuk masing-masing permukaan.
- Menghitung total energi (R) pada semua permukaan dengan menjumlahkan hasil dari masing-masing permukaan.

$R = S (I_n f_n)$ dimana S =durasi penyinaran relatif, I_n dan f_n adalah hasil dari perhitungan a.

- Menghitung radiasi yang diterima permukaan (ε) dengan membagi total energi (R) dengan total luas permukaan yang terexpose (F)

$$\varepsilon = R/F$$

- Menghitung μ index dengan membagi radiasi permukaan vertikal (ε) dengan radiasi pada permukaan horizontal dalam waktu yang sama (ε_0)

$$\mu \text{ index} = \varepsilon / \varepsilon_0$$

2.5.4. Angka perpindahan thermal menyeluruh

OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*, harga perpindahan thermal menyeluruh) adalah angka yang menunjukkan perolehan panas akibat radiasi matahari yang melewati permeter persegi luas selubung bangunan. Satuan yang digunakan W/m^2 . OTTV merupakan suatu nilai yang ditentukan sebagai kriteria perancangan untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari lewat selubung bangunan (fasade). Semakin kecil OTTVnya berarti semakin kecil panas yang masuk ke dalam bangunan sehingga beban dingin berkurang dan otomatis kerja AC menjadi lebih ringan. Standar OTTV untuk indonesia adalah 45 W/m^2 untuk tower. masing masing negara memiliki standar yang berbeda-beda.

2.5.4.1. Prinsip dasar OTTV

Pendekatan OTTV dalam design bangunan dapat diaplikasikan untuk kantor dan bangunan komersial lain. Dalam perhitungan OTTV, diasumsikan bangunan tersebut tertutup rapat (tidak ada ventilasi) sehingga ventilation heat gain dianggap 0. begitu juga dengan internal shading device seperti kerai dan gorden, serta pantulan radiasi dan pembayangan gedung sekitar dianggap tidak ada. (Sumber: <http://www.arch.hku.hk/research/beer/bee-reg.htm>).

2.5.4.2. Rumus OTTV

Rumus untuk menghitung OTTV dinding dengan orientasi tertentu:

$$\text{OTTV}_n = \alpha \{U(1-WWR)\} \cdot \Delta T_{eq} + SC \cdot WWR \cdot SF$$

Dengan :

OTTV = harga perpindahan panas menyeluruh pada dinding luar yang memiliki orientasi tertentu, W/m^2 .

α = absorpsi radiasi matahari permukaan dinding (lihat tabel 2.6)

U = Transmision dinding, $\text{W/m}^2\text{degC}$ (lihat tabel 2.7)

WWR = *window-to-wall ratio* atau perbandingan antara luas jendela dan luas seluruh permukaan dinding luar pada orientasi yang sama.

ΔT_{eq} = perbedaan suhu ekuivalen antara sisi luar dan sisi dalam (lihat tabel 2.8)

SF = *Solar Factor* atau faktor radiasi matahari adalah radiasi matahari rata-rata per jam yang menerpa dinding bangunan pada orientasi tertentu W/m^2 .

SC = *Shading Coeficient* atau koefisien peneduh sistem fenestras (bukaan) (lihat tabel 2.9)

Sedangkan rumus untuk OTTV rata-rata seluruh dinding luar digunakan rumus:

$$\text{OTTV} = \{(A_1)(\text{OTTV}_1) + (A_2)(\text{OTTV}_2) + \dots + (A_n)(\text{OTTV}_n)\} / (A_1 + A_2 + \dots + A_n)$$

Dengan :

OTTV = harga perpindahan panas seluruh dinding luar. W/m².

OTTV_n = harga OTTV pada dinding luar n, W/m².

A_n = luas total dinding luar n termasuk jendela. M².

2.5.4.3. Komponen OTTV

a. Absorpsi radiasi (α)

Warna dan bahan pada permukaan eksternal fasade maupun atap ternyata memiliki daya serap tertentu terhadap matahari. Absorpsi yang dimiliki bahan tersebut berpengaruh pada panas yang masuk ke dalam bangunan. Semakin mengkilap dan cerah warna suatu bahan, maka daya serap terhadap radiasi akan semakin rendah. Berikut tabel nilai absorpsi permukaan.

Tabel 2.6. Absorpsi radiasi matahari permukaan dinding

Sumber: Satwiko, 2004

Bahan Dinding Luar	α_w	Cat Dinding Luar	α_p
Beton berat (untuk bangunan nuklir)	0.91	Hitam merata	0.95
Bata merah	0.89	Pernis hitam	0.92
Bitumen Lembaran	0.88	Abu-abu tua	0.91
Batu sabak	0.87	Pernis biru tua	0.91
Beton ringan	0.86	Cat minyak hitam	0.90
Aspal jalan setapak	0.82	Coklat tua	0.88
Kayu permukaan halus	0.78	Abu-abu biru tua	0.88
Beton ekspose	0.61	Biru / hijau tua	0.88
Ubin putih	0.58	Coklat medium	0.84
Bata kuning tua	0.56	Pernis hijau	0.79
Atap putih	0.50	Hijau medium	0.59
Cat Aluminium	0.40	Kuning medium	0.58
Kerikil	0.29	Hijau / biru medium	0.57
Seng putih	0.26	Hijau muda	0.47
Bata glasir putih	0.25	Putih agak mengkilap	0.30
Alumunium lembar mengkilap	0.12	Putih mengkilap	0.25
		Perak	0.25
		Pernis putih	0.21

Absorbsi permukaan yang dicat adalah rata-rata dari absorbsi bahan dinding dan absorbsi cat:

$$\alpha = (\alpha_w + \alpha_p)/2$$

b. Transmitan dinding (U)

Tabel 2.7. Transmitan dinding (U value)
Sumber: Satwiko, 2004

Tipe Konstruksi	Transmitan, U (W/m ² degC)
Batu bata, tidak diplester, tebal 114 mm	3.64
Batu bata diplester kedua sisinya, tebal 114mm	3.24
Batu bata tidak diplester, tebal 228 mm	2.67
Batu bata diplester kedua sisinya, tebal 228 mm	2.44
Beton padat biasa, tebal 152 mm	3.58
Beton padat biasa tebal 203 mm	3.18
Batu brkepadatan sedang, berpori, tebal 305 mm	2.84
Batu brkepadatan sedang, berpori, tebal 457 mm	2.27
Batu bata berongga sejarak 280 mm, bagian luar bata fetton, bagian dalam bata biasa, dan sisi yang menghadap ruang dalam diplester	1.70
Batu bata dengan isolator padan gabus setebal 25 mm, diplester	0.85
Batu bata dengan isolator fiberboard setebal 13mm, diplester	1.19
Batu bata dengan isolator sleb serutan kayu setebal 50mm, diplester	0.85
Batu bata dengan bagian dalam diplester vermiculit setebal 16 mm	1.47
Batu bata, sisi dalam dilapis rangka asbes 13mm dengan rangka kayu	1.19
Batu bata, sisi dalam dilapis papan serat 13 mm dengan rangka kayu	0.95
Batu bata, sisi dalam dilapis papan jerami 50mm dengan rangka kayu, diplester	0.74
Batu bata, sisi dalam dilapis aerated concrete blocks setebal 100mm	1.13
Batu bata, sisi dalam dilapis aerated clinker blocks setebal 100mm	1.30
<i>Aerated concrete block ganda (bercelah) tebal 250 mm (100+50+100), bagian luar di cat, bagian dalam diplester</i>	1.19
<i>Clinker concrete block berongga, tebal 228 mm, satu lapis, bagian luar di cat, bagian dalam diplester</i>	1.08
<i>Aerated concrete block berongga, tebal 228 m, satu lapis, bagian luar</i>	1.70

di cat, bagian dalam diplester	
Clinker concrete block berongga, tebal 228 m, satu lapis, bagian luar di cat, bagian dalam diplester	1.59
Asbes semen gelombang pada rangka	6.53
Asbes semen gelombang pada rangka baja dengan <i>fibreboard</i> 13mm	2.04
Asbes semen gelombang pada rangka baja dengan lapisan jerami atau serutan kayu 50mm	1.19
Asbes semen gelombang pada rangka baja dengan <i>aerated concrete block</i> 76 mm	2.10

Tabel diatas menyebutkan nilai U untuk konstruksi dinding. Sebenarnya masih ada lagi data tentang nilai U pada atap miring maupun datar, namun karena studi ini hanya berfokus pada dinding eksternal, tabel yang dilampirkan hanyalah U-value untuk dinding.

U value dapat dihitung sendiri dengan rumus

$$U = \frac{1}{R_i + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + R_a + R_o}$$

Dengan: x = Ketebalan material dinding atau atap, m

k = Transmisi termal material bangunan, W/m² °C (koefisien standart yang sudah disepakati untuk masing-masing negara)

R_i = Surface film resistance of internal surface of the wall or roof, m² °C/W (koefisien standart yang sudah disepakati untuk masing-masing negara)

R_o = Surface film resistance of external surface of the wall or roof, m² °C/W (koefisien standart yang sudah disepakati untuk masing-masing negara)

R_a = Air space resistance, m² °C/W (koefisien standart yang sudah disepakati untuk masing-masing negara)

(Sumber: <http://www.arch.hku.hk/research/beer/bee-reg.htm>).

c. Beda suhu ekivalen untuk dinding (ΔT_{eq})

Tabel 2.8. Beda suhu ekivalen
Sumber: Satwiko, 2004

Konstruksi Dinding	Berat / satuan luas (Kg/m ²)	ΔT_{eq} (K)
Ringan	< 125	15
Sedang	126-195	12
Berat	>195	10

Untuk diding yang terdiri atas susunan beberapa komponen (material) berbeda, penghitungan berat / satuan luasnya dengan cara menghitung beberapa berat setiap komponenkomponen per atuan luasnya kemudian dijumlahkan. Sebenarnya ada juga tabel bahan yang menunjukkan berat jenis dan berat per satuan luasnya.

d. Shading Coefficient (SC)

Pada sub bab sebelumnya telah dijelaskan mengenai SC. “*The ratio of solar heat gain through a specific glazing system to the total solar heat gain through a single layer of clear, double-strength glass*”

(Sumber: <http://www.consumerenergycenter.org/glossary.htm>)

Tabel 2.9. Shading Coeficient untuk spesific material
Sumber: <http://www.sinarrasa.com/products.htm>

Glass	Thickness MM	V ref %	V trans %	S ref %	S trans %	S abs %	RHG W/m ²	Sum K W/m ² .K	SC
Clear float	6	8	89	7	79	14	554	5.01	0.95
Clear float	12	8	86	7	69	14	506	4.93	0.86
Clear 6 + 6 AS + Clear 6	18	14	80	11	63	26	543	3.48	0.82
Clear 6 + 12 AS + Clear 6	24	14	80	11	63	26	542	3.12	0.82
Tinted dark blue	6	6	58	5	43	52	398	5.39	0.66
Tinted dark blue	12	5	36	5	23	72	296	5.23	0.47
DHFL 6 + 6 AS + Clear 6	18	9	52	6	34	60	360	3.57	0.53
DGFL 6 + 12 AS + Clear 6	18	9	52	6	34	60	360	3.57	0.53
Reflective dark blue	6	30	43	22	34	44	320	5.27	0.51
Reflective dark blue	12	29	28	21	18	61	252	5.23	0.39
SSDH + 6 AS + Clear 6	18	31	39	23	27	50	294	3.52	0.42
SSDH + 12 AS + Clear 6	24	31	39	23	27	50	288	3.17	0.42

Atau jika memerlukan informasi lain mengenai shading coefficient kaca dapat dilihat website http://www.sunshine.com.my/sample/window_film.htm

e. Solar factor (SF)

Solar Factor atau faktor radiasi matahari adalah radiasi matahari rata-rata per jam yang menerpa dinding bangunan pada orientasi tertentu. Setiap daerah memiliki nilai SF masing-masing orientasi dinding yang berbeda-beda. Pada kajian kali ini solar factor dihitung dari ecotect 5.5. perhitungan solar insolation rata-rata per jam merupakan nilai SF untuk objek studi.



2.6. Kerangka Teori

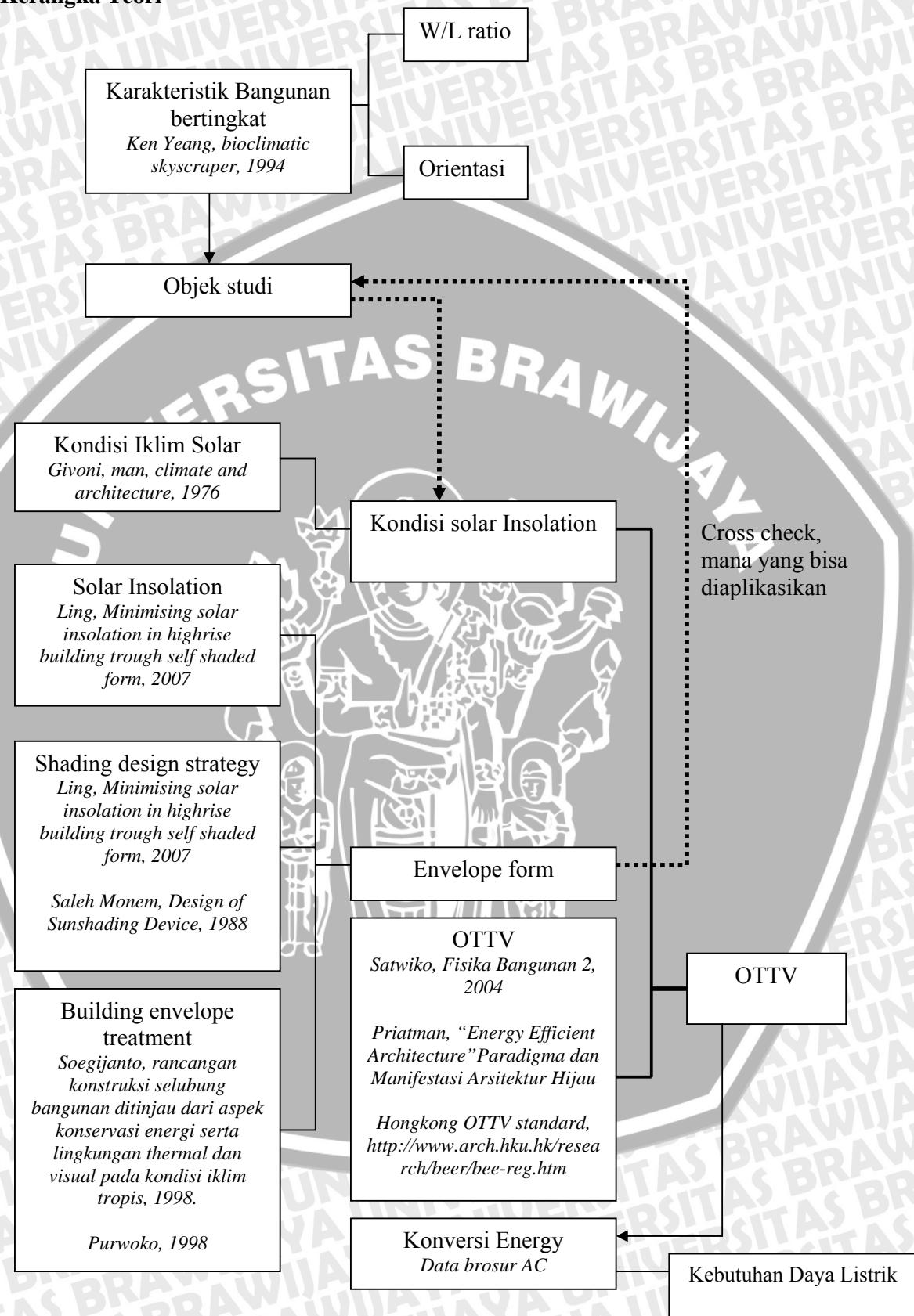


Diagram 2.1. Kerangka teori
Sumber:Hasil analisis, 2008.

BAB III

METODE KAJIAN

3.1. Proses Kajian

Kurangnya riset mengenai radiasi matahari khususnya di daerah tropis membuat riset mengenai envelope form untuk bangunan bertingkat guna memaksimalkan reduksi solar insolation pada permukaan eksternal menjadi penting. Pengaruh radiasi matahari pada fasade external perlu diselidiki lebih jauh. Penelitian mengenai bentuk bangunan yang paling optimal untuk bangunan bertingkat akan lebih efisien jika shading design dapat diaplikasikan di awal design sehingga arsitek dapat merancang dengan ukuran, bentuk, perlletakan dan orientasi yang tepat.

Penelitian yang berjudul aspek solar insolation pada bangunan tingkat menengah di Malang ini dikaji berdasarkan beberapa variabel tertentu, seperti W/L ratio, orientasi, data iklim terutama radiasi matahari, bentuk selubung bangunan, serta shading bangunan. Secara umum penelitian ini menggunakan metode eksperimental.

Penelitian ini berangkat dari isu yang sedang berkembang, dari isu tersebut muncul identifikasi masalah yang kemudian dibuat batasan sehingga didapat rumusan masalah yang ingin diselesaikan Untuk membantu menyelesaikan permasalahan, digunakan landasan teori. Dalam tahapan penyelesaian penelitian maka dilakukan penentuan objek studi, pengumpulan data, kemudian dilakukan analisis terhadap data yang sudah terkumpul yang kemudian menghasilkan sintesis dengan menggunakan bantuan simulasi komputer. Hasil yang sudah dianalisis kemudian diberikan pembahasan, dikaitkan kembali dengan teori yang sudah diambil sebelumnya. Setelah dilakukan pembahasan maka tahapan selanjutnya yaitu menarik kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan.

3.2. Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data yang diperlukan adalah survey lapangan dan studi literatur. Observasi lapangan adalah pengamatan yang dilakukan langsung di lapangan, mendatangi objek studi untuk mengetahui seperti apa kondisi lapangan, denah, tampak dan potongan objek dan spesifikasi bahan yang digunakan dalam bangunan. Pengambilan data primer dilakukan dengan meminta gambar kerja bangunan, namun jika tidak terdapat gambar kerja, maka dilakukan pengukuran dilapangan sehingga bisa didapat sketsa denah dan tampak seta mrncatat spesifikasi bahan bangunan.

Berikutnya adalah survey sekunder, salah satunya survey ke BMG untuk meminta data iklim yang diperlukan. Pengumpulan data sekunder lain dilaksanakan dengan browsing dan mencari teori yang berhubungan dengan iklim solar, solar insolation serta shading dan envelope treatment untuk bangunan bertingkat. Data diperoleh dari penelusuran literatur yang bersumber dari buku, internet serta jurnal.

Data sekunder adalah data yang didapat dari literatur atau data yang di dapat dari penelitian atau survey yang pernah dilakukan orang lain. Data sekunder pertama yang diperlukan adalah kondisi iklim Malang bulanan terutama untuk radiasi matahari dan lama penyinaran dan temperatur dalam satu tahun. Data sekunder lain yang diperlukan antara lain gambar satelit kota malang yang didapat dari google earth, karakteristik bangunan bertingkat untuk iklim tropis lembab, contoh aplikasi shading dan envelope treatment pada bangunan, Tabel α dan U value yang akan digunakan dalam perhitungan OTTV.

3.3. Analisa Data

3.3.1. Penentuan populasi dan objek studi

Dari semua data yang telah disebut di sub-bab sebelumnya, data sekunder berupa gambar satelit google earth digunakan untuk menentukan populasi, sampel dan objek studi.

3.3.1.1. Penentuan populasi

Untuk lebih mengerti tentang konfigurasi dan plan untuk bangunan bertingkat, studi dilakukan pada bangunan bertingkat di malang tentang menyelidiki bentuk umum, plan ratio dan berapa kurang lebihnya luas tipical floor untuk bangunan bertingkat. Dari sini, bangunan tinggi di Malang dapat dipilih. Populasi untuk riset kali ini adalah bangunan tingkat menengah yang ada di malang.

Studi pertama berdasarkan foto satelit dari website google earth (<http://earth.google.com>; diakses tanggal 11 Agustus 2008). Dari gambar kota Malang, terdapat 62 middle rise dengan rincian sebagai berikut: 15 middle rise kantor atau gedung dengan fungsi pendidikan, 4 sebagai kantor pemerintahan, 10 mall dan pertokoan, 10 dengan fungsi perbankan, 7 dengan fungsi hotel dan 6 rumah sakit. dengan berbagai bentuk.

Tabel 3.1. Pengelompokan bangunan middlerise di Malang berdasarkan fungsi
Sumber: Hasil analisis

Pendidikan	Kantor Pemerintahan	Mall/ Pertokoan	Bank	Hotel	RS
Rektorat UB	Kantor pajak (Depan Hartono)	Mitra 2	BCA kayu tangan	Santika	Paviliun RSSA
UNMER	Telkom	Mitra 1	BNI Kayu Tangan	Regen	BKIA
UIN	Taspen	Ramayana	Lipo Bank	Kartika graha	Muhammadiah
Gedung bisnis UB	Galeri Indosat	Dieng Plasa	Bank Sinar Mas	Trio Indah	RSI dinoyo
		MATOS	Bank Mega	Gajayana	RSI belakang SMA5
		MOG		Santoso	RS Bersalin Ibu&Anak
		Malang Plasa		Montana	RS permata bunda
		Gajah Mada Plasa			
		Matahari			

3.3.1.2. Penentuan Kriteria

Kriteria sample yang akan diambil ditentukan berdasarkan studi pustaka yang telah dijabarkan di bab dua. Kriteria pertama diambil dari prinsip bangunan tinggi tropis basah, menurut ken yeang (1996) dan satwiko (2004), bangunan tropis terbaik adalah yang berorientasi utara dan selatan serta memiliki W/L ratio 1:3.

Kriteria berikutnya berdasarkan apa saja yang dapat mempengaruhi nilai solar insolation, antara lain orientasi dinding, sudut kemiringan, dan berbagai macam shading antara lain eksternal shading, secondary skin dan self shaded (sumber: ecotect-tutorial, ling 2007).

3.3.1.3. Penentuan objek studi

Dari gambar yang didapat dari google earth, dapat diketahui nama dan letak masing-masing bangunan bertingkat di Malang sehingga dapat diketahui bagaimana design bangunan tersebut melalui observasi lapangan. Bangunan ang belum ter-update di google earth dilakukan pencarian data di lapangan. Dari data yang ada ditabelkan seperti tabel 3.2 kemudian dipilih bangunan yang berorientasi utara-selatan

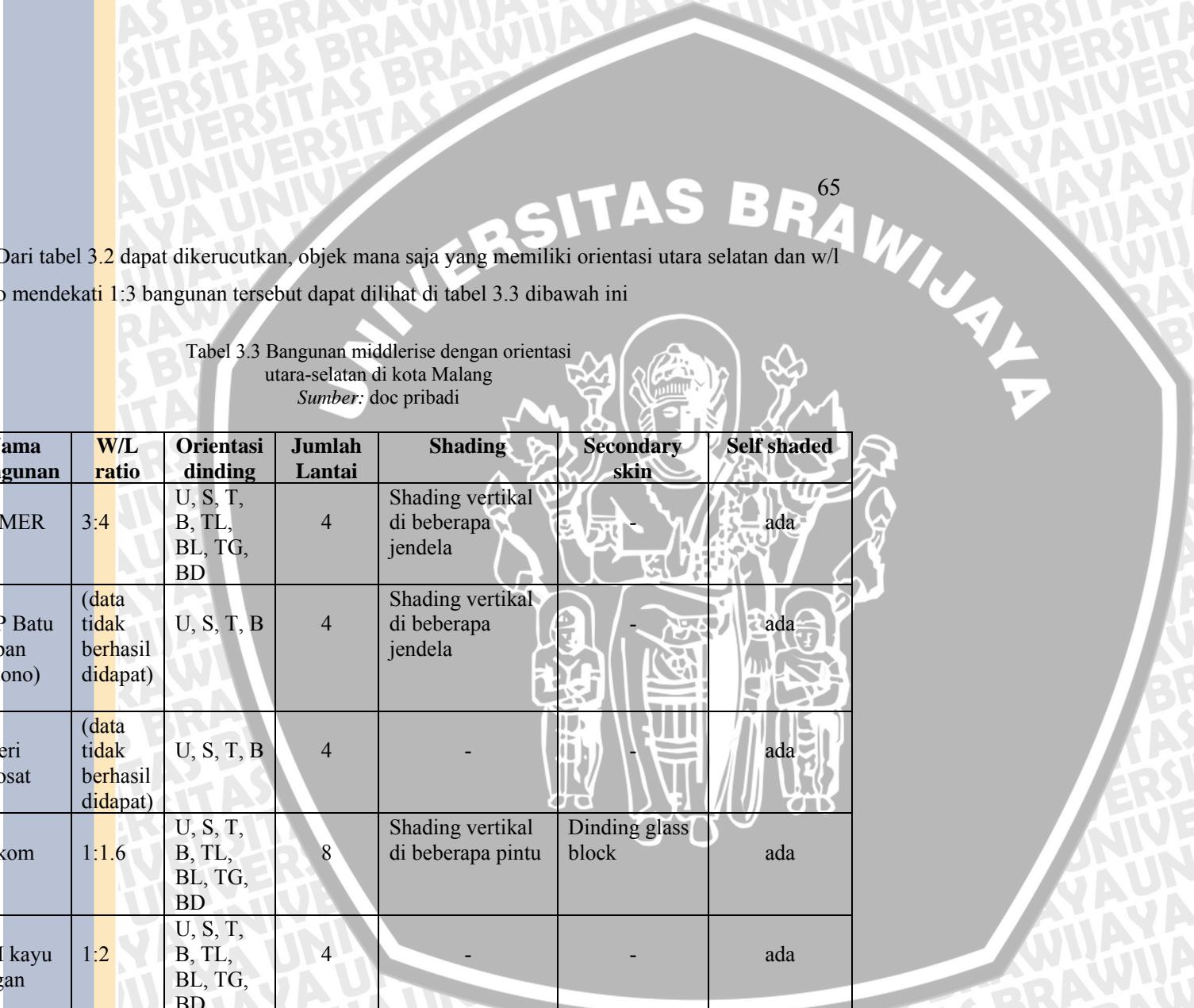
W/L ratio dapat dilihat dengan observasi atau Google earth menyediakan gambar lingkungan suatu daerah. Satelit gambar di google earth update selama tiga tahun sekali. Gambar satelit ini dapat dipakai untuk mengira-ira ketinggian dan ukuran bangunan. Tiap 0.001° Bujur atau 0.001° Lintang adalah 110m. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar berikut. Bisa juga perbandingan W/L ratio dilihat dari jumlah grid yang ada. Jumlah grid yang tampak dapat digunakan langsung sebagai perbandingan W/L ratio.



Nama / Fungsi	Gambar	Jumlah Lantai	W/L Ratio	Orientasi Bangunan	Orientasi Dinding	Material Fasade	Shading Device	Secondary Skin	Self Shaded
Rektorat UB		8 lantai	repository.ub.ac.id 1:1 Tabel 3.2.Middlerise di Sumber: google earth dan doc pribadi bujur sangkar)	(bangunan Malang berbentuk bujur sangkar)	Utara Selatan Timur Barat	• Dinding bata fin. Cat • Kaca film	Berupa overhang atap 1m	Tidak Ada	Berupa lekukan lekukan di setiap sudut
UNMER		4 Lantai	repository.ub.ac.id 	Utara-Selatan	Utara Selatan Timur Barat Timur Laut Barat Laut Tenggara Barat Daya	• Dinding Bata finishing cat • Clear Glass	 • beberapa jendela (tampaknya shading ini berupa tambahan, tidak direncanakan dalam rancangan awal)	Tidak ada	
UIN		6 Lantai	repository.ub.ac.id (picture can't be displayed)	Timur-Barat	Utara Selatan Timur Barat	• Dinding bata fin. Cat • Dinding bata fin. Batu candi	Tidak Ada	Tidak Ada	Belakang serupa struktur depan



65



Dari tabel 3.2 dapat dikerucutkan, objek mana saja yang memiliki orientasi utara selatan dan w/l ratio mendekati 1:3 bangunan tersebut dapat dilihat di tabel 3.3 dibawah ini

Tabel 3.3 Bangunan middlerise dengan orientasi utara-selatan di kota Malang
Sumber: doc pribadi

Nama bangunan	W/L ratio	Orientasi dinding	Jumlah Lantai	Shading	Secondary skin	Self shaded
UNMER	3:4	U, S, T, B, TL, BL, TG, BD	4	Shading vertikal di beberapa jendela	-	ada
KPP Batu (depan hartono)	(data tidak berhasil didapat)	U, S, T, B	4	Shading vertikal di beberapa jendela	-	ada
Galeri Indosat	(data tidak berhasil didapat)	U, S, T, B	4	-	-	ada
Telkom	1:1.6	U, S, T, B, TL, BL, TG, BD	8	Shading vertikal di beberapa pintu	Dinding glass block	ada
BNI kayu tangan	1:2	U, S, T, B, TL, BL, TG, BD	4	-	-	ada
Bank Sinar Mas	1:2.8	U, S, T, B	6	Shading vertikal di main entrance	Kisi hollow	ada

Dari enam bangunan tersebut dinilai telkom dan bank sinar mas memiliki pola shading yang lengkap (tiga kolom shading terisi) sehingga dua bangunan ini yang memungkinkan untuk dijadikan objek studi karena studi shading ini berdasarkan kondisi eksisting, sehingga memungkinkan untuk memunculkan ketiga tipe shading.

Dilihat dari kondisi eksisting, dinding utara dan selatan telkom dan bank sinar mas sama-sama cenderung flat sehingga bisa dijadikan pembanding dalam simulasi. Lain halnya dengan sisi timur dan barat telkom yang memiliki coakan, sisi timur dan barat bank sinar mas cenderung flat.



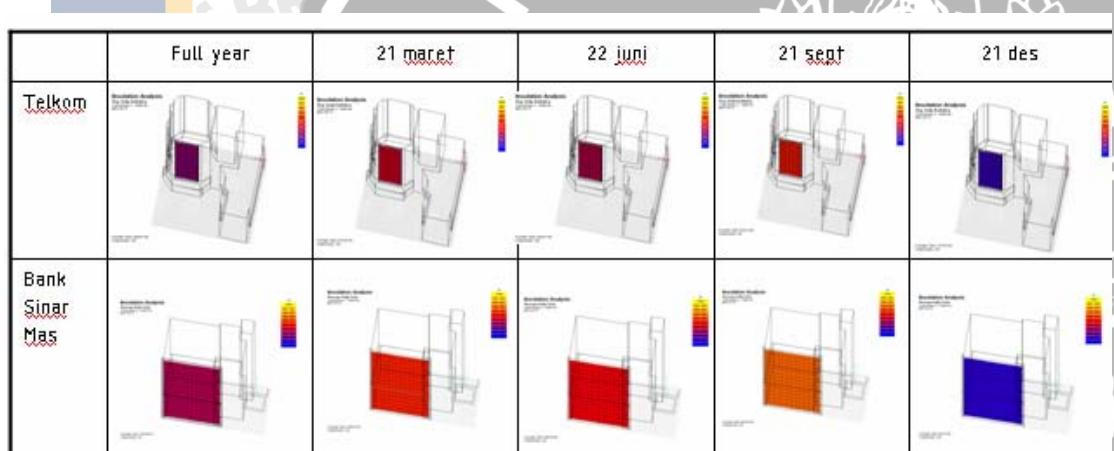
Gambar. 3.1. Dinding utara bank sinar mas dan Telkom
Sumber: doc pribadi



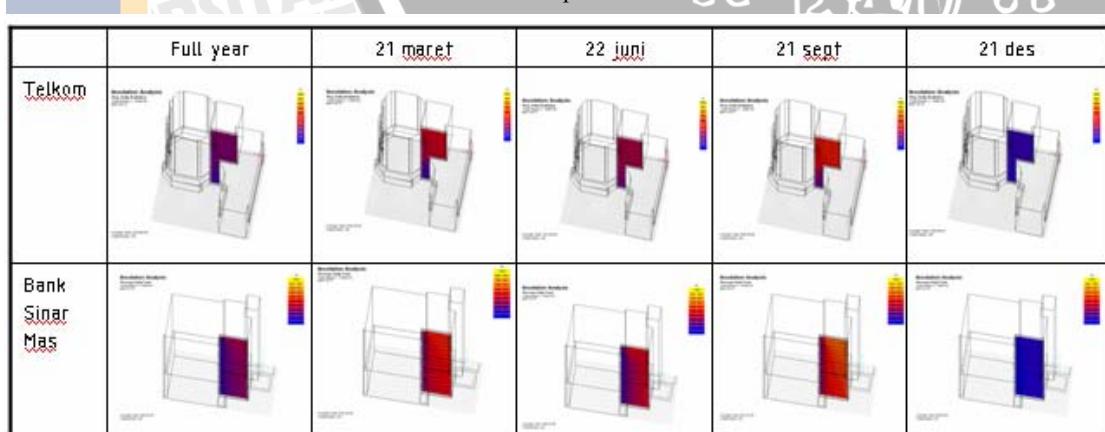
Gambar. 3.2. Dinding selatan bank sinar mas dan Telkom
Sumber: doc pribadi

Simulasi kedua model menghasilkan data sebagai berikut

Tabel 3.4. Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Utara 1
Sumber: doc pribadi

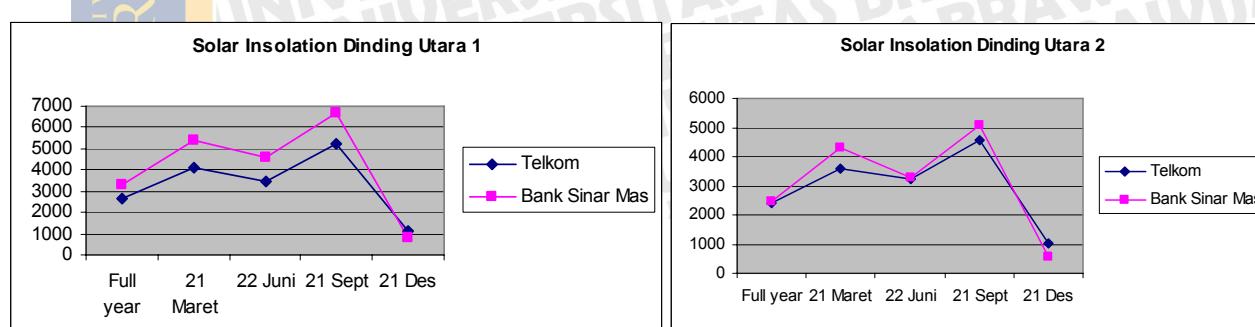


Tabel 3.5. Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Utara 2
Sumber: doc pribadi

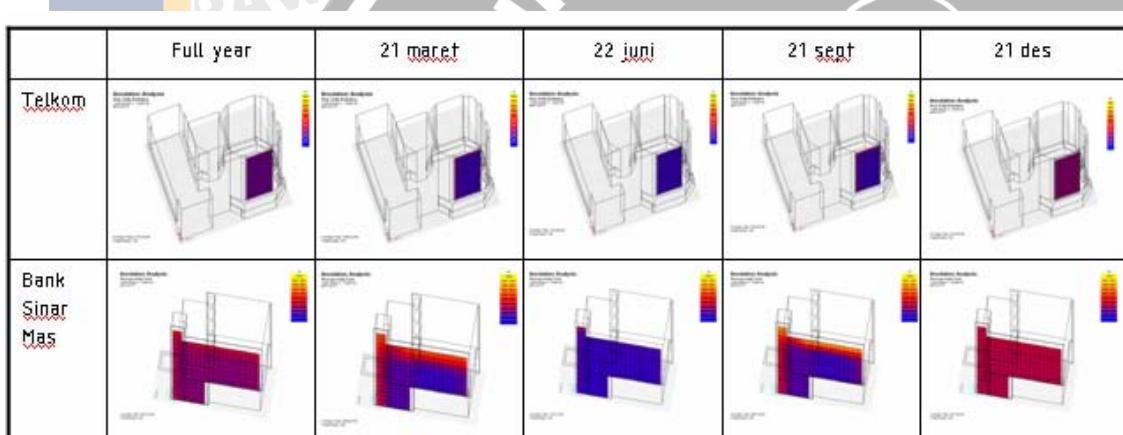


Grafik 3.1. Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Utara 1
Sumber: doc pribadi

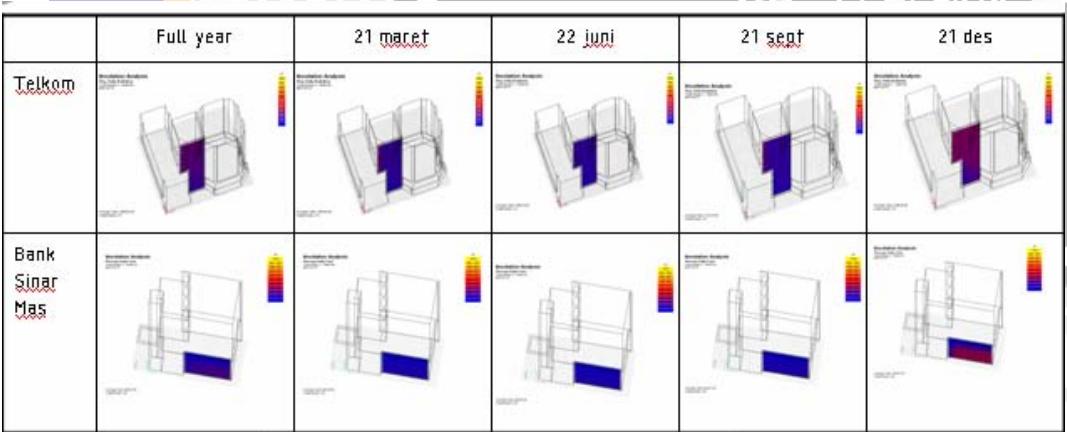
Grafik 3.2. Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Utara 2
Sumber: doc pribadi



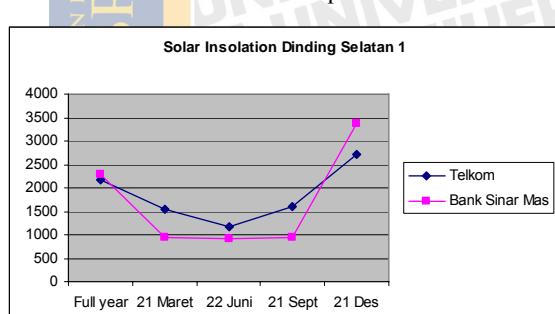
Tabel 3.6. Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Selatan 1
Sumber: doc pribadi



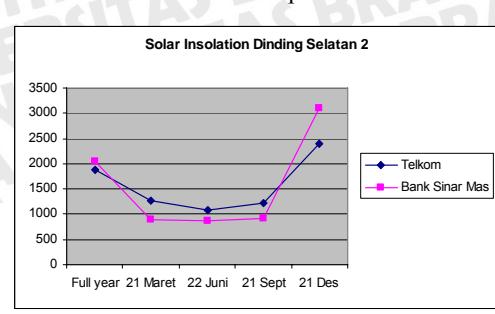
Tabel 3.7. Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Selatan 2
Sumber: doc pribadi



Grafik 3.3. Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Selatan 1
Sumber: doc pribadi



Grafik 3.4. Solar Insolation Bank Sinar Mas dan Telkom pada dinding Selatan 2
Sumber: doc pribadi



Dapat diketahui bahwa pola grafik solar insolation yang muncul walaupun bangunan itu beda W/L ratio, hampir sama. Karena keterbatasan waktu, maka untuk objek studi kajian kali ini dipilih bangunan dengan orientasi dinding paling sedikit dan bentuknya yang simple sehingga Bank Sinar Mas terpilih sebagai objek studi.

3.3.2. Pengolahan data primer

Data primer yang di dapat dari observasi lapangan adalah denah, tampak, potongan dan spesifikasi bahan yang terdapat pada selubung bangunan bank sinar mas. Dari denah, tampak dan potongan yang ada, dianalisa type shading apa saja yang mungkin digunakan untuk bank sinar mas kemudian dibuat model 3D objek studi dalam ecotect untuk mengetahui kondisi solar insolation model dasarnya. Dilakukan juga perhitungan luas dinding tembus cahaya, luas dinding total dan luas dinding tidak tembus cahaya pada masing-masing dinding dengan orientasi tertentu. Spesifikasi bahan digunakan untuk simulasi ecotect mengingat masing-masing bahan memiliki daya serap ataupun daya pantul yang beragam terhadap radiasi matahari. Setelah semua data tersebut terkumpul, dapat dilakukan perhitungan OTTV.

3.3.3. Pengolahan data iklim

Untuk memperoleh detail data iklim malang dalam format WEA yang digunakan untuk simulasi di ecotect, digunakan bantuan software Data Generation. Software tersebut mengkalkulasi data iklim bulanan menjadi data iklim harian tersimpan dalam format csv. Data tersebut di buka dalam weather tool ecotect dan diurutkan sesuai dengan urutan yang ada pada data generator setelah di-impor data tersebut, maka akan muncul file data iklim Malang dalam bentuk WEA, yang akan digunakan dalam simulasi ecotect.

Simulasi model dilakukan dengan software ecotect 5.5. simulasi pertama dilakukan untuk mengetahui solar insolation rata-rata dalam satu tahun, dan rat-rata perhari dalam empat design day, 21 Maret, 22 Juni, 21 September, dan 21 Desember. Simulasi yang kedua dilakukan untuk mengetahui SF, yaitu solar insolation rata-rata per jam dalam satu tahun yang nantinya hasil tersebut digunakan untuk menghitung OTTV.

3.4. Sintesa

Dari langkah yang telah dilakukan sebelumnya, dapat diketahui potensi type shading seperti apa yang bisa diterapkan di sinar mas. Setelah muncul beberapa alternatif design,

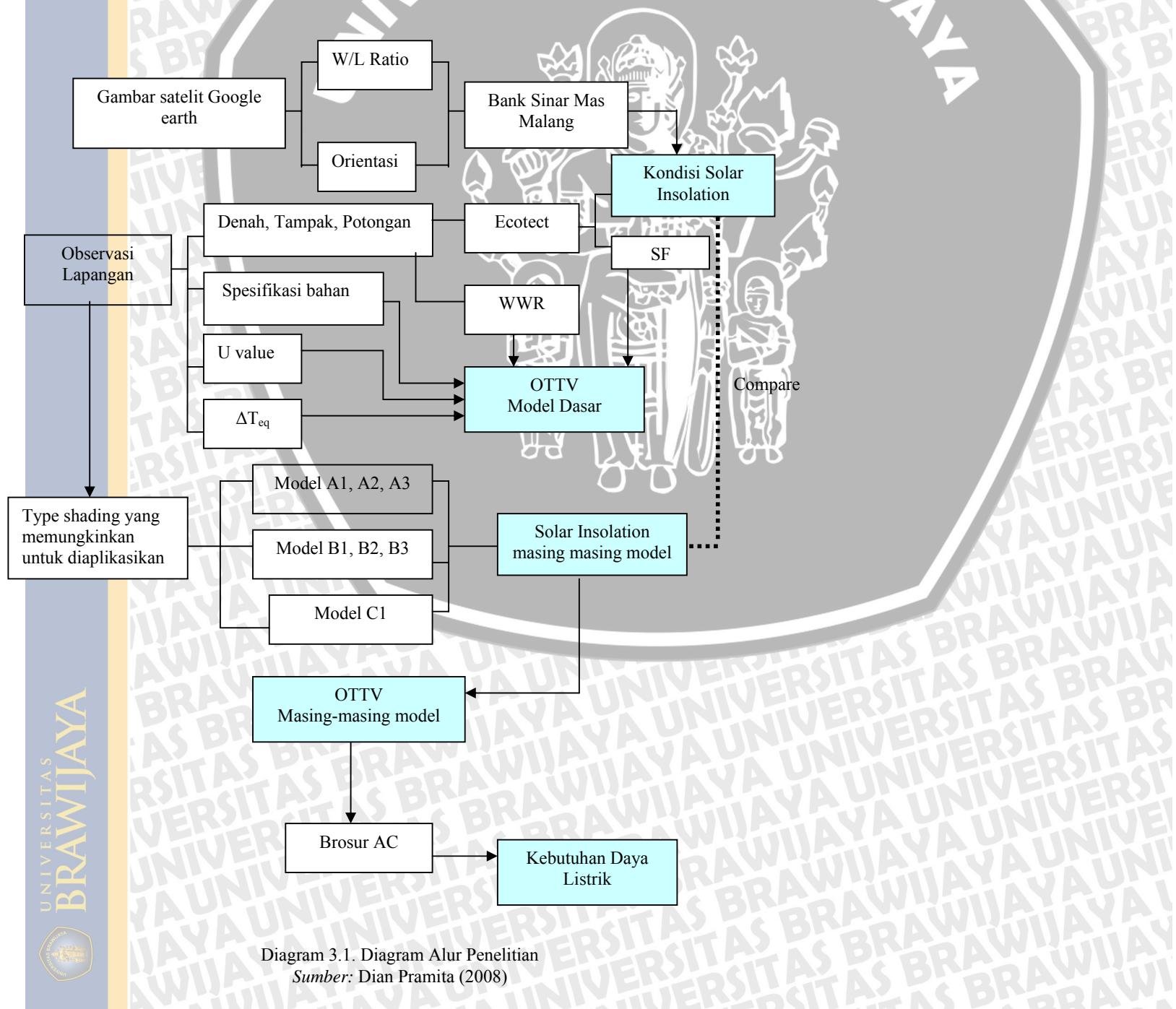
dilakukan pengujian dengan simulasi dan perhitungan OTTV. Design dengan OTTV terendah adalah design fasade yang paling efektif

Pada bab II telah disebutkan tentang teori mengenai shading (Saleh, *design of sunshading device*, 1988), solar insolation (Ling, *Minimising solar insolation in highrise building trough self shaded form*, 2007), serta tentang envelope bangunan (Soegijanto, rancangan konstruksi selubung bangunan ditinjau dari aspek konservasi energi serta lingkungan termal dan visual pada kondisi iklim tropis lembab, 1998). Teori tersebut digunakan untuk mengetahui type shading itu apa saja dari semua type yang ada dipilih mana saja yang memungkinkan untuk diaplikasikan pada bank sinar mas.

Langkah berikutnya adalah menghitung OTTV dengan semua data yang ada. Rumus OTTV yang digunakan tertera pada tinjauan pustaka. Perhitungan OTTV dilakukan pada setiap model.

Internal heat gain dianggap sebagai suatu bilangan konstan atau bisa juga dianggap 0 karena studi ini hanya berfokus pada permukaan dinding eksternal dan bertujuan untuk mengetahui performance masing-masing model shading dan selubung bangunan. Sehingga dianggap panas yang merambat ke dalam bangunan adalah beban dingin AC. Untuk mengetahui berapa daya listrik yang diperlukan untuk kerja AC dapat dilihat dari brosur AC. Disana tertera jika panas yang menjadi beban dinginnya X watt, maka daya listrik yang diperlukan Y watt. Dari situ dapat diketahui penghematan rupiah yang arus dikeluarkan untuk AC per bulannya. Sehingga dapat disimpulkan model mana yang paling efektif untuk sinar mas.

3.5. Diagram Alur Penelitian



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Umum Lokasi Penelitian

4.1.1. Kota Malang

Kota Malang Berada di Jawa Timur dengan posisi $7^{\circ}46'48''$ - $8^{\circ}46'42''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}31'42''$ - $112^{\circ}48'48''$ Bujur timur dengan kondisi bentang alam yang berupa dataran tinggi dengan ketinggian 440-467m (data pemkot Malang 2007). Kota Malang dikelilingi oleh Gunung Arjuno di sebelah utara, Gunung Tengger di sebelah timur, Gunung Kawi di sebelah barat, dan Gunung Kelud di sebelah selatan.

Kondisi kota Malang di Tahun 2007 sebagai berikut: suhu maksimum mencapai sekitar 30.1°C dan terendah mencapai sekitar 17.7°C . Kelembaban rata-rata 77.25%, Penyinaran matahari rata-rata 71.08% dan radiasi matahari rata-rata sekitar 345.5 kal/cm^2 . (Sumber: Data BMG 2007).

4.1.2. Objek studi

4.1.2.1. Kondisi Eksisting Bank Sinar Mas

Bank Sinar Mas berada di kecamatan Klojen kota Malang, tepatnya di JL. Basuki Rachmad Kayu Tangan. Daerah ini termasuk daerah CBD (Central Business District) dimana daerah ini merupakan pusat kota, tempat berkembangnya perkantoran, pertokoan atau unit usaha lain.

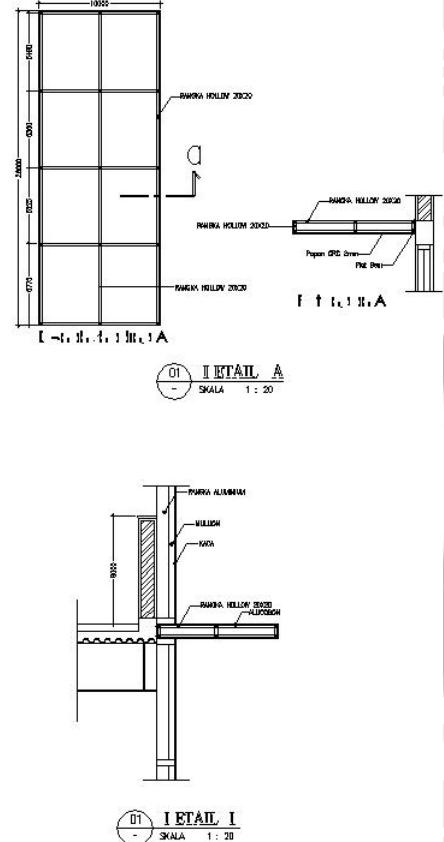
Bank Sinar Mas memiliki 1 lantai basement, 1 Lantai semi Basement, 5 Lantai fungsional yang digunakan sebagai bank dan kantor, dan 1 lantai atas, berupa atap kantor dan ruang servis (shaft dan ruang mesin lift).

Model dasar Bank Sinar Mas berbentuk balok dengan orientasi bangunan utara-selatan dan memiliki W/L ratio 1:2.8. berikut ini gambaran kondisi eksisting dan aplikasi shading yang memungkinkan untuk tiap-tiap dinding



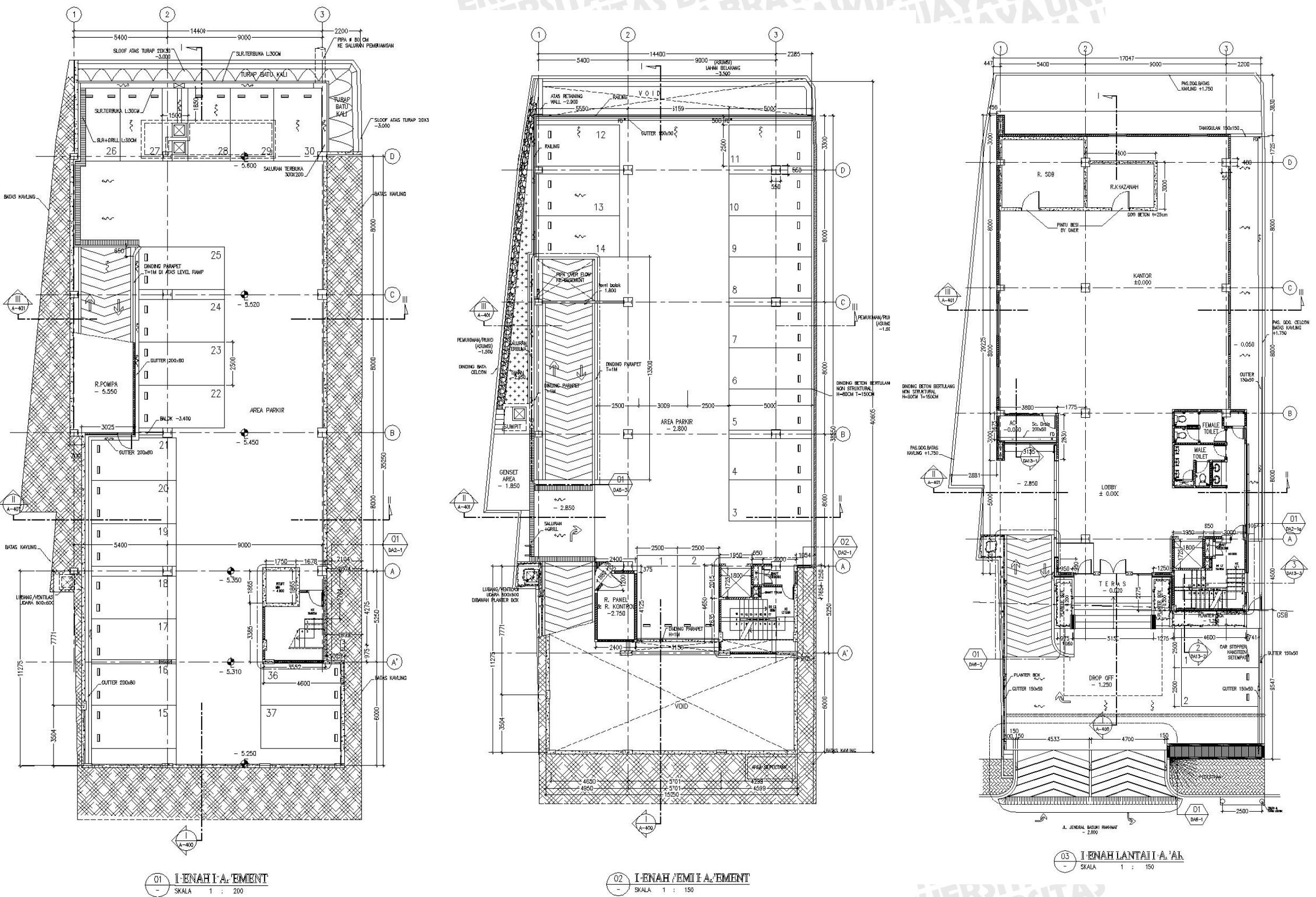
Tabel 4.1. Kondisi Selubung Bangunan Bank Sinar Mas
Sumber: Doc. Proyek dan Hasil Analisa

Dinding Sisi...	Bahan Dinding	Shading eksternal Yang memungkinkan untuk diaplikasikan	Secondary skin Yang memungkinkan untuk diaplikasikan	Self Shaded Yang memungkinkan untuk diaplikasikan	Luas (m ²)		Jenis Jendela	Kaca Yang digunakan	Posisi Jendela	Shading Coefficient
					Dinding Tembus chy	Dinding Tak tembus chy				
Barat (Depan)	1. Dinding Bata Fin. Aluminium. Kom: Panel + Rangka warna Putih 2. Dinding Bata Fin. Aluminium. Kom: Panel + Rangka warna Abu-abu 3. Dinding Bata Fin. Aluminium. Kom: Panel + Rangka warna Merah 4. Pot Tanaman Dengan Dinding Bata fin. Batu Andesit 5. Bingkai Main Entry Fin.Aluminium comp. Panel 200x400 warna merah 6. Dinding Bata Fin. Cat dulux (waetherseld) putih dengan kisi hollow 20x40x1.2 fin. Cat zinkcromate warna Hitam 7. Curtain wall Aluminium + kaca stopsol oneway 8. Nat 7 cm Alum. Comp. Panel reses 2	<ul style="list-style-type: none"> • Shading horizontal di setiap jendela karena setiap jendela memiliki balok dan kolom praktis. Pada jendela sisi barat shading digunakan dari rangka hollow dibungkus alucobon <ul style="list-style-type: none"> • Shading vertikal dengan bahan yang sama dengan shading horizontal <ul style="list-style-type: none"> • Shading eggcrates yang merupakan gabungan shading vertikal dan horizontal. 	Dinding barat sudah memiliki secondary skin berupa pasangan kisi hollow, dinding barat yang lain berupa curtain wall dan dinding dengan cladding, maka tidak memungkinkan untuk mengaplikasikan secondary skin pada sisi ini	Dinding barat terbangun dengan jarak 2.275m dari kolom modul pertama jadi cukup rawan jika diberi self shaded yang lebih dari itu.	123.99	224.83	PJ1 = Pintu kaca + Jendela Mati (1 buah) J9 = Jendela Mati (1 Buah)	1. Kaca polos 12mm + sirip kaca tempered 15mm (jendela) & clear glass 12mm (pintu)	±0.00 s/d +3.24 (h=3.24)	0.94
							J11 = curtain wall + kaca stopsol oneway (1 Buah)	2. Kaca polos 12m	+4.50 s/d +7.25 (h=2.75)	0.94
							J11 = curtain wall + kaca stopsol oneway (1 Buah)	3. Kaca Stopsol oneway	+8.50 s/d +21.3 (h=12.8)	0.42

	cm stainless steel hairline 9. Kaca polos 12mm											
Utara	1. Dinding Bata Fin.Cat dulux (waetherseld) Putih 2. Dinding Bata Fin. Aluminium. Kom: Panel + Rangka warna Putih 3. Dinding Bata Fin. Aluminium. Kom: Panel + Rangka warna Abu-abu 4. Dinding Bata Fin. Aluminium. Kom: Panel + Rangka warna Merah 5. Pot Tanaman Dengan Dinding Bata fin. Batu Andesit 6. Curtain wall Aluminium + kaca stopsol oneway 7. Nat 7 cm Alum. Comp. Panel reses 2 cm stainless steel hairline 8. kaca polos 12mm	<ul style="list-style-type: none"> shading horizontal dengan rangka hollow yang bertumpu pada balok latai dan dibungkus dengan panel GRC 2mm dan finishing alicobon untuk dinding yang di finish cladding. 	<ul style="list-style-type: none"> Untuk menyesuaikan dengan fasade barat, dapat ditambahkan kisi hollow atau bidang kaca berjarak 80cm dari dinding dengan sistem pemasangan seperti curtain wall. 	Dinding utara 1 (batu bta fin.cat) memungkinkan untuk menggunakan self shaded. Bangunan ini memiliki self shaded dengan dalam 2.42m dan 1.75m. self shading yang akan diaplikasikan berdasarkan data yang ada	220.91	560.08	J3 = Jendela Mati (1 Buah)	1. kaca polos 12mm + sirip kaca tempered 15mm	+1.15 s/d +3.70 (h=2.55)	0.86		
								J4' = Jendela mati + slading (5 Buah)	2. Panasap glass 6mm	Lt. dasar = +1.38 s/d +3.38 (h=2.00) Lantai 1-4= +0.88 s/d +2.88 (h=2.00)	0.66	
								J5 = Jendela Mati (9 Buah)	3. Panasap glass 6mm	Lt. dasar = +1.38 s/d +3.38 (h=2.00) Lantai 1-4= +0.88 s/d +2.88 (h=2.00)	0.66	
								J4 = Jendela mati + slading (4 Buah)	4. Panasap glass 6mm	Lt. dasar = +1.38 s/d +3.38 (h=2.00) Lantai 1-4= +0.88 s/d +2.88 (h=2.00)	0.66	
								J10 = Kaca Mati (1 Buah)	5. Kaca polos 12mm	+4.50 s/d +7.25 (h=2.75)	0.94	
								J11 (terusan dari dinding timur)	6. Kaca Stopsol oneway	+8.50 s/d +21.3 (h=12.8)	0.42	
Timur (Belakang)	1. Dinding Bata Fin. Aluminium. Kom: Panel + Rangka warna Merah 2. Dinding Bata Fin. Cat dulux (waetherseld)	a. shading horizontal dengan rangka hollow yang bertumpu pada balok latai dan dibungkus dengan panel GRC 2mm.	Untuk menyesuaikan dengan fasade barat, dapat ditambahkan kisi hollow.	Self shaded sudah ada pada sisi ini. Tidak perlu ada tambahan lagi.	205.19	139.19	J7' = Jendela Mati (2 buah)	1. Panasap glass 6mm	+0.83 s/d +2.20 (h=1.37)	0.66		
								J7 = Jendela Slading (3 Buah)	2. Panasap glass 6mm	+5.33 s/d +6.70 (h=1.37)	0.66	

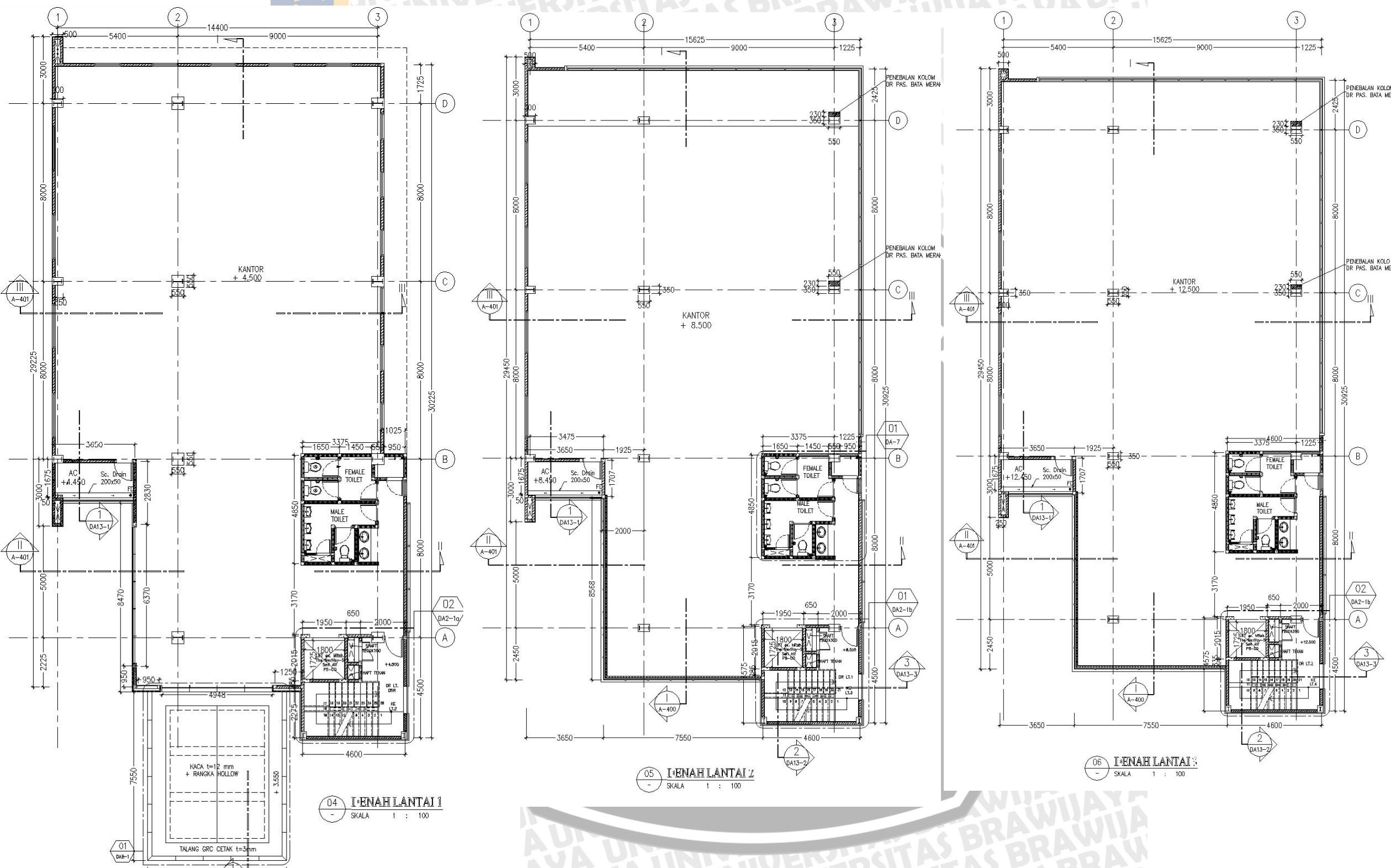
	Putih	b. Shading vertikal bertumpu pada kolom praktis jendela dengan finishing panel GRC. c. Eggcrates, yang berupa gabungan keduanya		J8 = Jendela Mati (2 Buah) J12 = kombinasi antara jendela mati dan slading (3 buah)	3. Panasap glass 6mm 4. Panasap glass 6mm	+5.33 s/d +6.70 (h=1.37) +9.33 s/d +11.38 (h=2.05) +13.33 s/d +15.38 (h=2.05) +17.33 s/d +19.38 (h=2.05)	0.66 0.66	
Selatan	1. Dinding Bata Fin. Cat dulux (waetherseld) Putih 2. Dinding Bata Fin. Aluminium. Kom: Panel + Rangka warna Abu-abu 3. Pot Tanaman Dengan Dinding Bata fin. Batu Andesit 4. Kaca stopsol oneway 5. Kaca stopsol oneway + kusen aluminium	a. shading horizontal dengan rangka hollow yang bertumpu pada balok latai dan dibungkus dengan panel GRC 2mm dan finishing alicobon untuk dinding yang di finish cladding. b. Shading vertikal bertumpu pada kolom praktis jendela dengan finishing panel GRC. c. Eggcrates, yang berupa gabungan keduanya	Karena pola bukaan dan bentuk selubung selatan seperti tampak pada gambar di bawah ini, sepertinya tidak mungkin untuk menambahkan kisi atau secondary skin kaca. 	Self shaded sudah ada pada sisi ini. Tidak perlu ada tambahan lagi.	248.68 614.02 J7' = Jendela Mati (2 buah) J8 = Jendela Mati (4 Buah) J7 = Jendela Slading (6 Buah) J6 = jendela mati (5 buah) J1 = Jendela Mati (1 Buah) J2 = Jendela Mati (1 Buah)	1. Panasap glass 6mm 2. Panasap glass 6mm 3. Panasap glass 6mm 4. Panasap glass 6mm 5. Kaca stopsol oneway dan kusen al 6. Kaca stopsol	+0.83 s/d +2.20 (h=1.37) +0.83 s/d +2.20 (h=1.37) +5.33 s/d +6.70 (h=1.37) +0.83 s/d +2.20 (h=1.37) +5.33 s/d +6.70 (h=1.37) +0.83 s/d +2.20 (h=1.37) +5.33 s/d +6.70 (h=1.37) Lt. dasar = +1.33 s/d +3.38 (h=2.05) Lantai 1-4= +0.83 s/d +2.88 (h=2.05) +1.33 s/d +21.38 (h=20.05) +1.35 s/d +22.435	0.66 0.66 0.66 0.66 0.42 0.42

				J12 (terusan dari dinding barat)	oneway	(h=21.085)	
			7. Panasap glass 6mm	+9.33 s/d +11.38 (h=2.05)			0.66
				+13.33 s/d +15.38 (h=2.05)			
				+17.33 s/d +19.38 (h=2.05)			

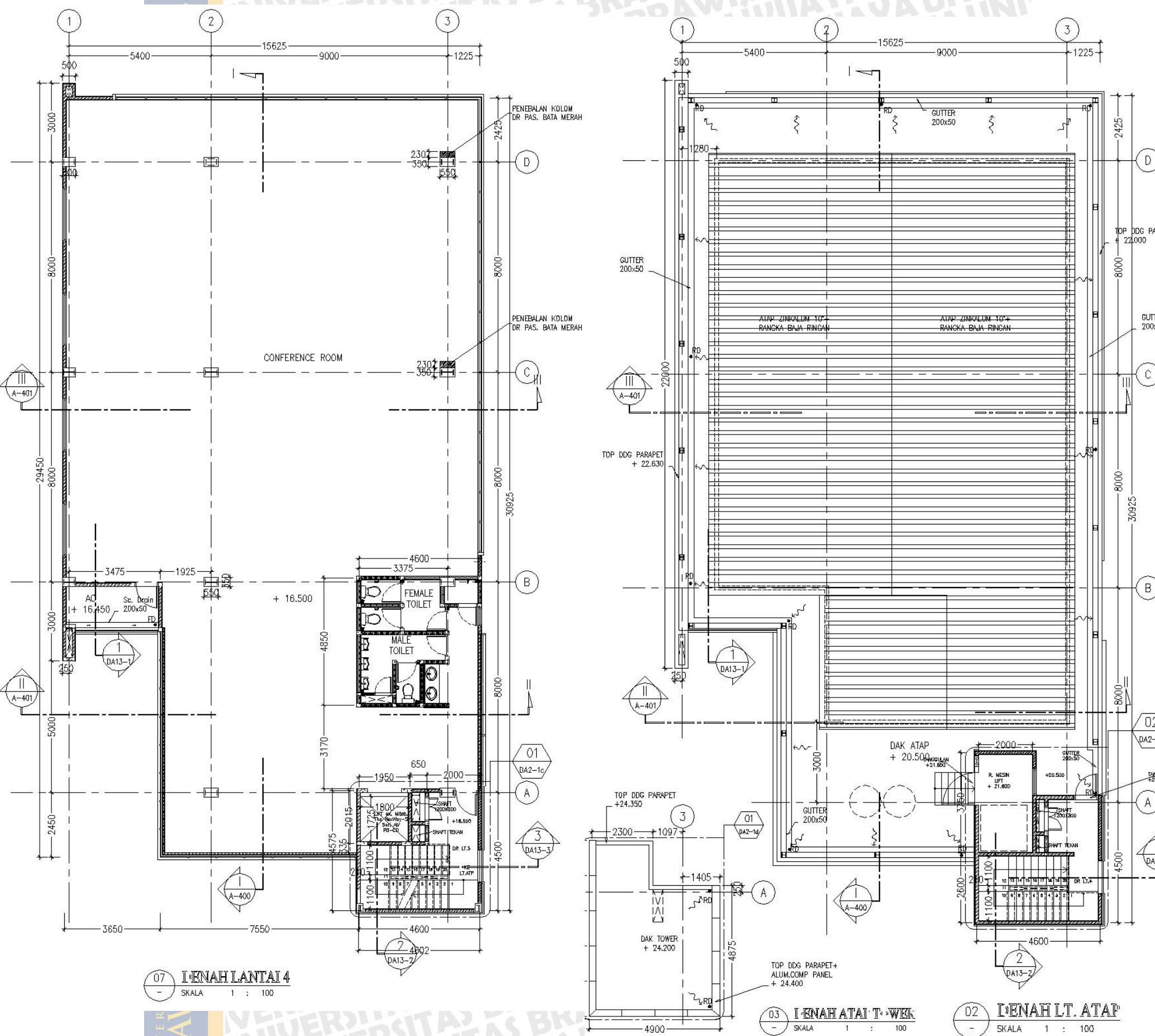


Gambar . 4.1. Denah Basement, Semi Basement dan Denah Lantai Dasar
Bank Sinar Mas

Sumber: Dok Proyek, 2008



Gambar. 4.2. Denah Lantai 1, Lantai 2, Lantai 3
Sumber: Dok. proyek , 2008



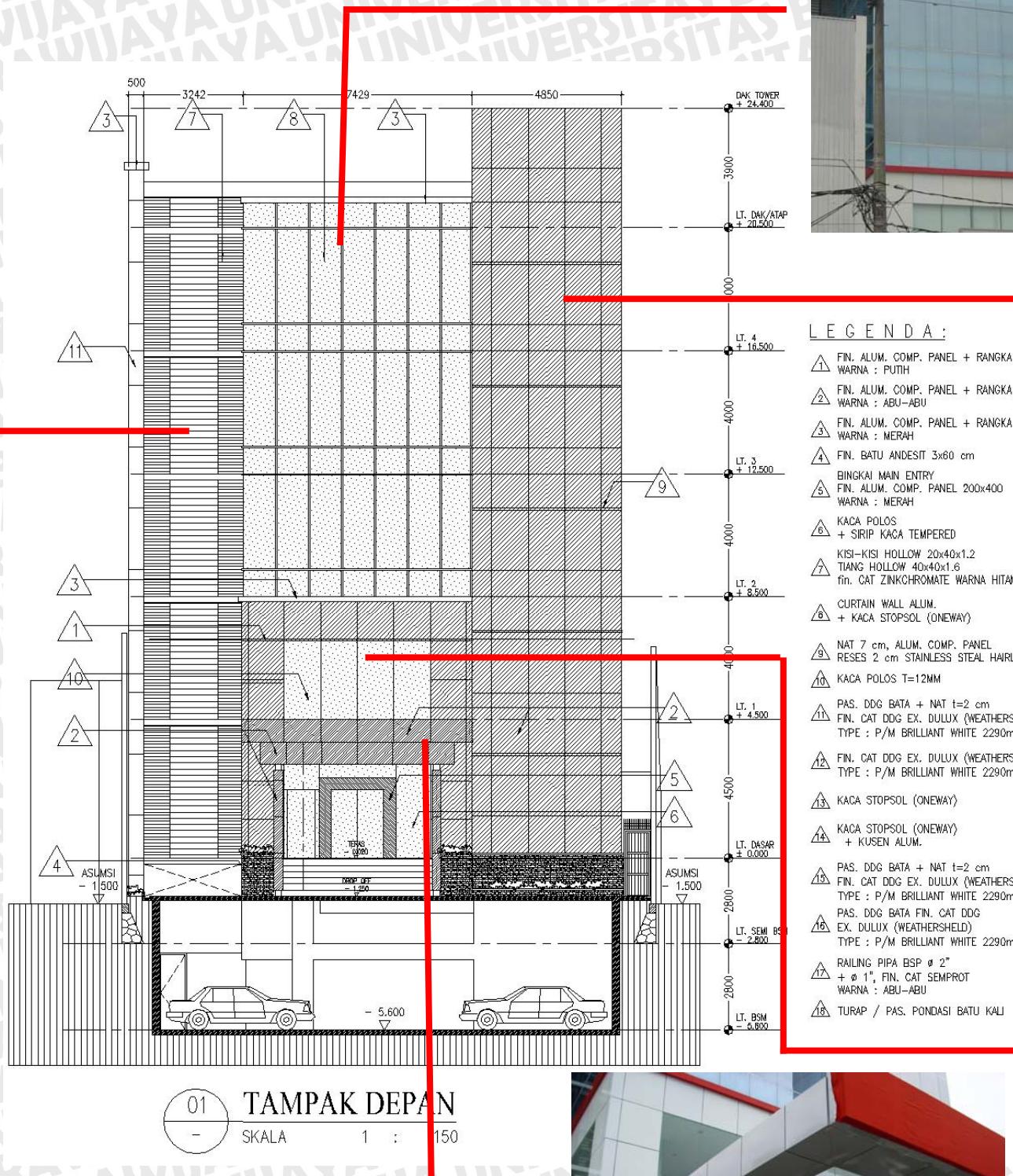
Gambar. 4.3. Denah Lantai 4, Denah lantai atap (core)
Sumber: Dok Proyek 2008



Tampak Depan



Kisi Hollow



Gambar. 4.4. Tampak Depan dan Foto aksisting
Sumber: Dok Pribadi, 2008



Curtain Wall

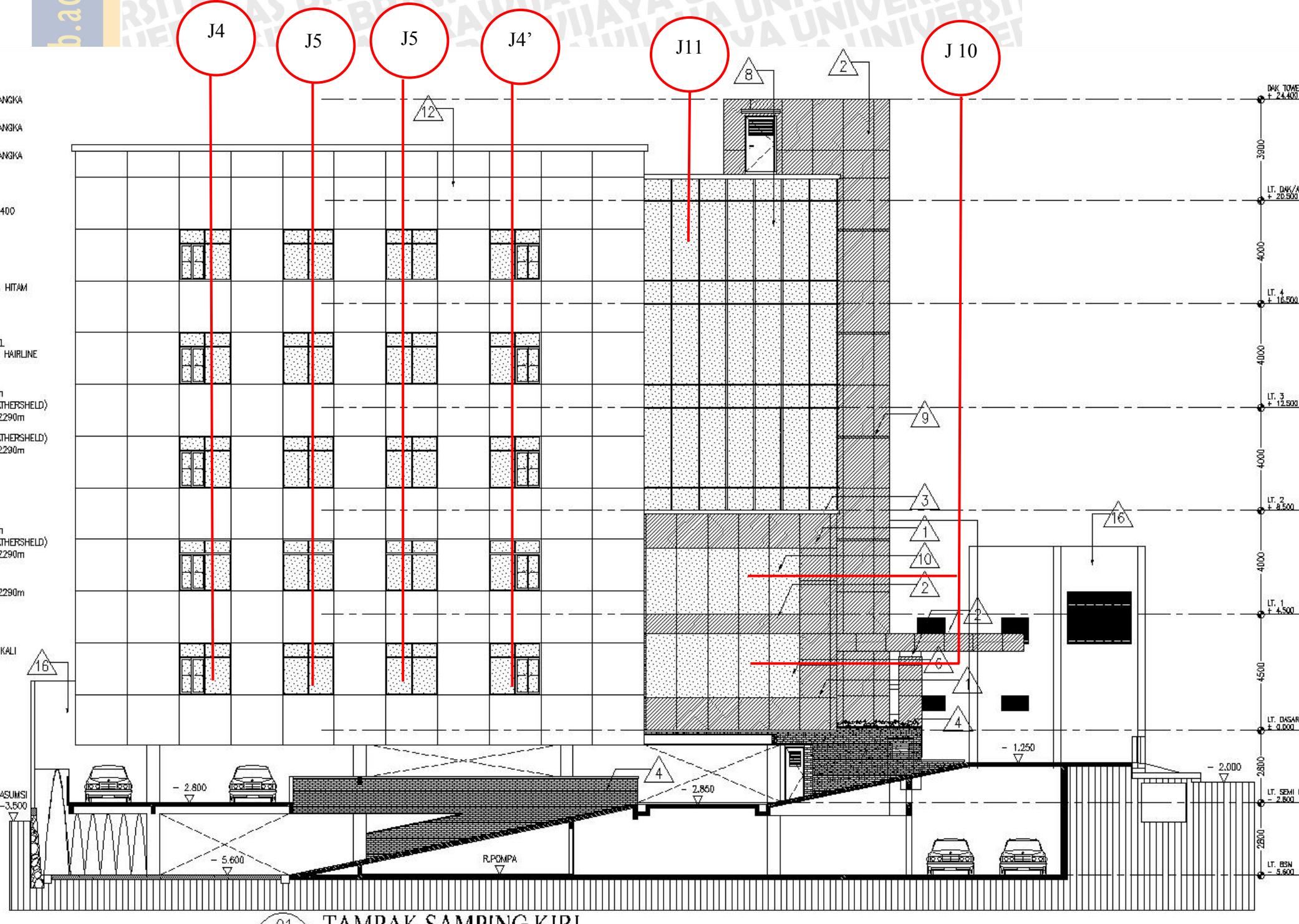


Core, Al cladding

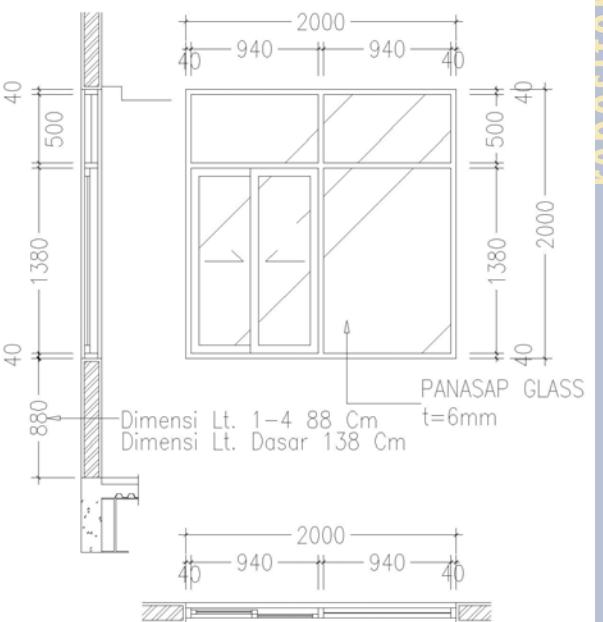


LEGENDA :

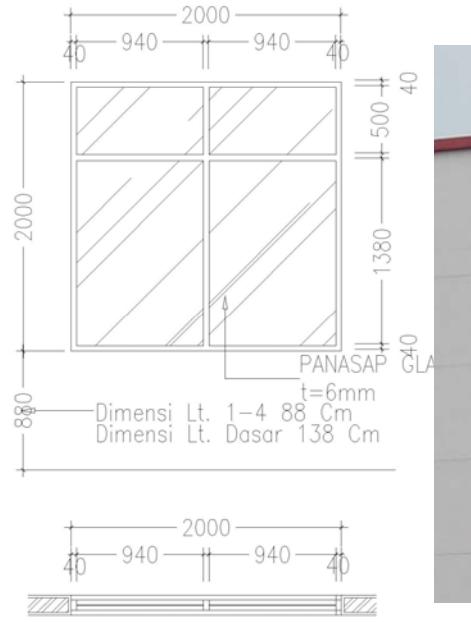
- FIN. ALUM. COMP. PANEL + RANGKA
WARNA : PUTIH
- FIN. ALUM. COMP. PANEL + RANGKA
WARNA : ABU-ABU
- FIN. ALUM. COMP. PANEL + RANGKA
WARNA : MERAH
- FIN. BATU ANDESIT 3x60 cm
BINGKAI MAIN ENTRY
- FIN. ALUM. COMP. PANEL 200x400
WARNA : MERAH
- KACA POLOS
+ SIRIP KACA TEMPERED
- KISI-KISI HOLLOW 20x40x1.2
TIANG HOLLOW 40x40x1.6
fin. CAT ZINKCHROMATE WARNA HITAM
- CURTAIN WALL ALUM.
+ KACA STOPSOLO (ONEWAY)
- NAT 7 cm, ALUM. COMP. PANEL
RESES 2 cm STAINLESS STEEL HAIRLINE
- KACA POLOS T=12MM
- PAS. DDG BATA + NAT t=2 cm
FIN. CAT DDG EX. DULUX (WEATHERSHIELD)
TYPE : P/M BRILLIANT WHITE 2290m
- FIN. CAT DDG EX. DULUX (WEATHERSHIELD)
TYPE : P/M BRILLIANT WHITE 2290m
- KACA STOPSOLO (ONEWAY)
- KACA STOPSOLO (ONEWAY)
+ KUSEN ALUM.
- PAS. DDG BATA + NAT t=2 cm
FIN. CAT DDG EX. DULUX (WEATHERSHIELD)
TYPE : P/M BRILLIANT WHITE 2290m
- EX. DULUX (WEATHERSHIELD)
TYPE : P/M BRILLIANT WHITE 2290m
- RAILING PIPA BSP d 2"
+ d 1", FIN. CAT SEMPROT
WARNA : ABU-ABU
- TURAP / PAS. PONDASI BATU KALI



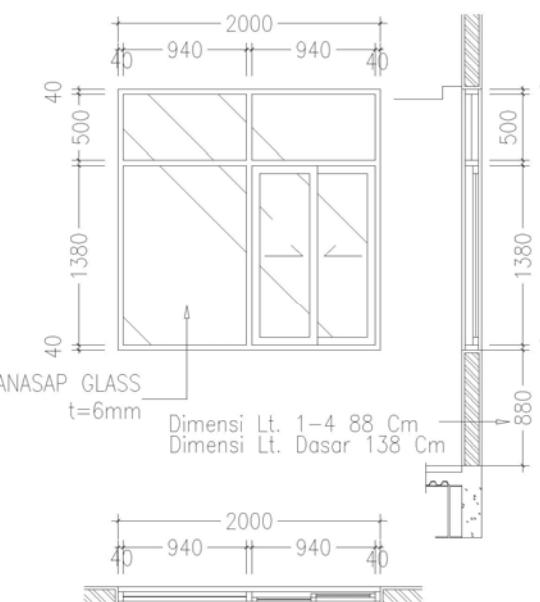
Gambar. 4.5. Tampak Utara
Sumber: Dok. Pribadi, 2008



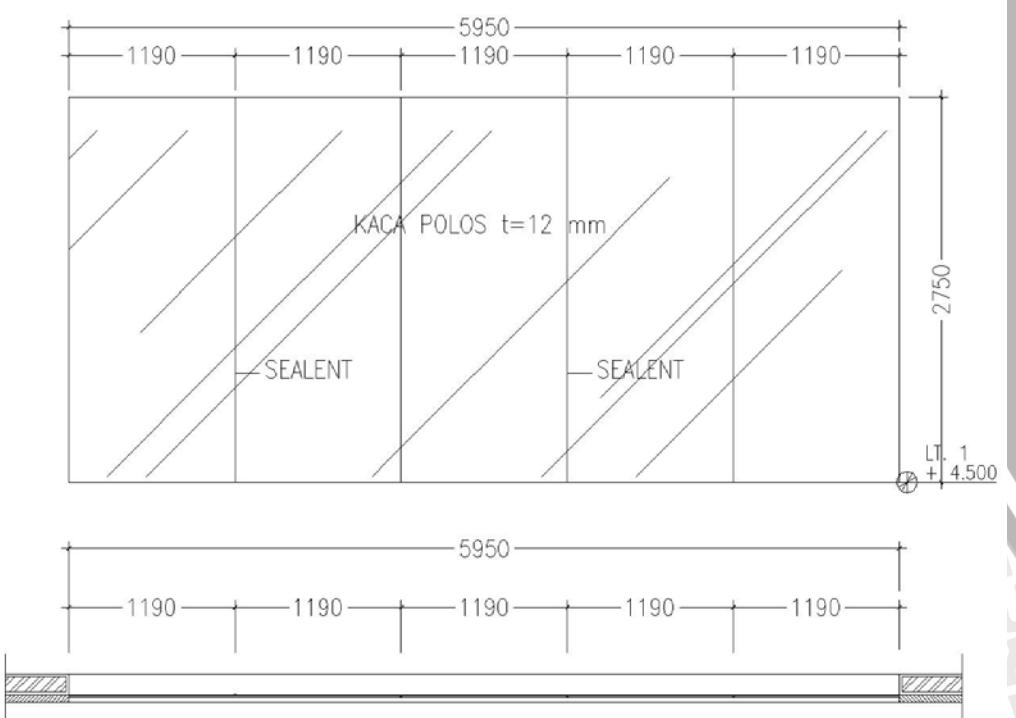
Gambar. 4.6. Detail J4
Sumber: Dok. Prbadi, 2008



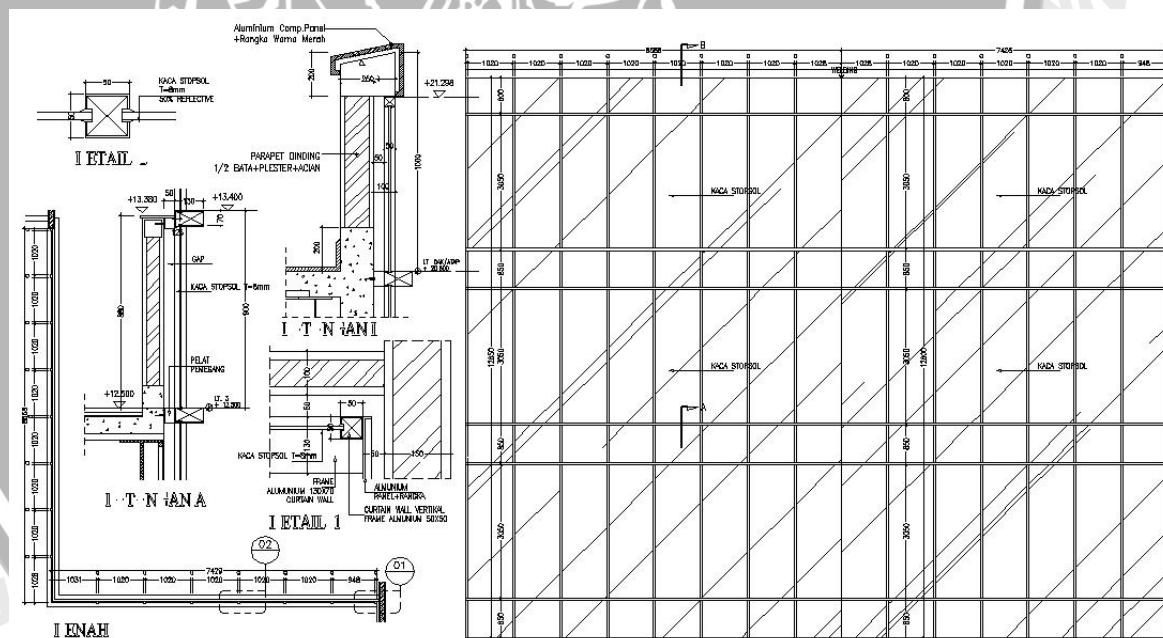
Gambar 4.7. Detail J5
Sumber: Dok. Prbadi, 2008



Gambar 4.8. Detail J6
Sumber: Dok. Prbadi, 2008



Gambar 4.9 Detail J10
Sumber: Dok. Prbadi, 2008

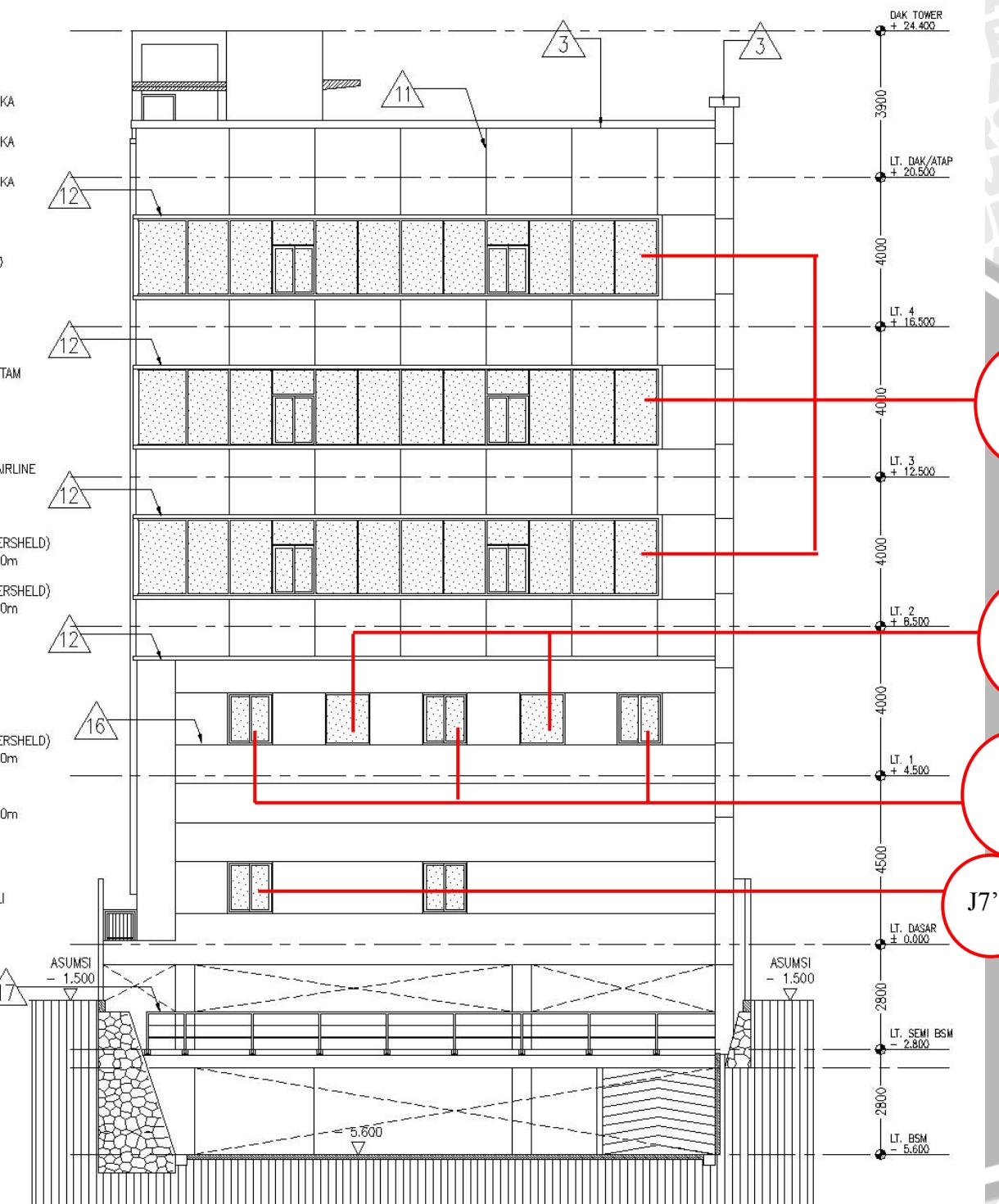


Gambar 4.10.. Detail J11
Sumber: Dok. Prbadi, 2008



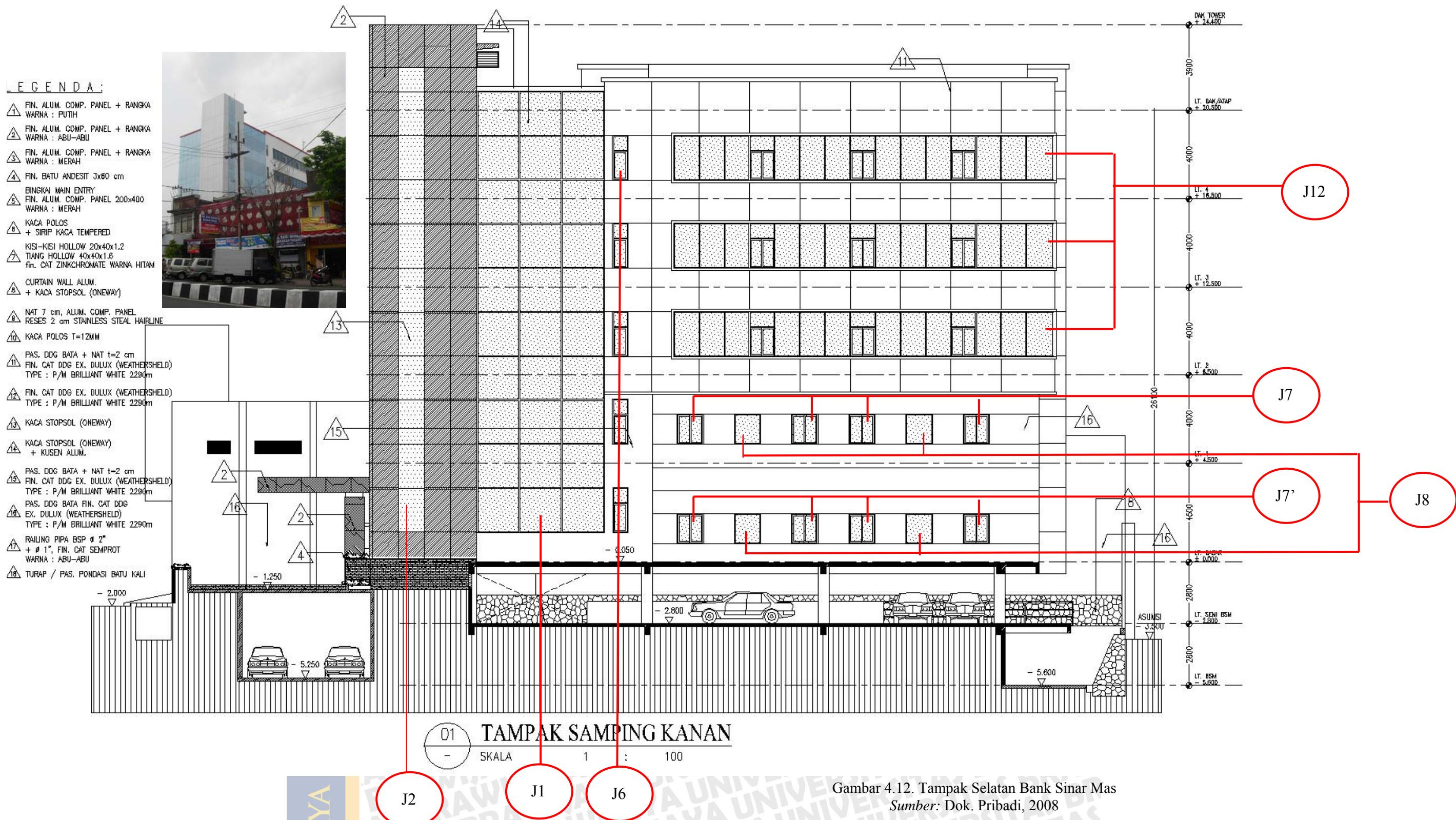
LEGENDA :

- △ FIN. ALUM. COMP. PANEL + RANGKA WARNA : PUTIH
- △ FIN. ALUM. COMP. PANEL + RANGKA WARNA : ABU-ABU
- △ FIN. ALUM. COMP. PANEL + RANGKA WARNA : MERAH
- △ FIN. BATU ANDESIT 3x60 cm
- △ BINGKAI MAIN ENTRY
- △ FIN. ALUM. COMP. PANEL 200x400 WARNA : MERAH
- △ KACA POLOS + SIRIP KACA TEMPERED
- △ KISI-KISI HOLLOW 20x40x1.2
- △ TIAK HOLLOW 40x40x1.6 fin. CAT ZINKCHROMATE WARNA HITAM
- △ CURTAIN WALL ALUM. + KACA STOPSO (ONEWAY)
- △ NAT 7 cm, ALUM. COMP. PANEL RESES 2 cm STAINLESS STEAL HAIRLINE
- △ KACA POLOS T=12MM
- △ PAS. DDG BATA + NAT t=2 cm
FIN. CAT DDG EX. DULUX (WEATHERSHIELD)
TYPE : P/M BRILLIANT WHITE 2290m
- △ FIN. CAT DDG EX. DULUX (WEATHERSHIELD)
TYPE : P/M BRILLIANT WHITE 2290m
- △ KACA STOPSO (ONEWAY)
- △ KACA STOPSO (ONEWAY) + KUSEN ALUM.
- △ PAS. DDG BATA + NAT t=2 cm
FIN. CAT DDG EX. DULUX (WEATHERSHIELD)
TYPE : P/M BRILLIANT WHITE 2290m
- △ PAS. DDG BATA FIN. CAT DDG EX. DULUX (WEATHERSHIELD)
TYPE : P/M BRILLIANT WHITE 2290m
- △ RAILING PIPA BSP Ø 2"
+ Ø 1", FIN. CAT SEMPROT WARNA : ABU-ABU
- △ TURAP / PAS. PONDASI BATU KALI

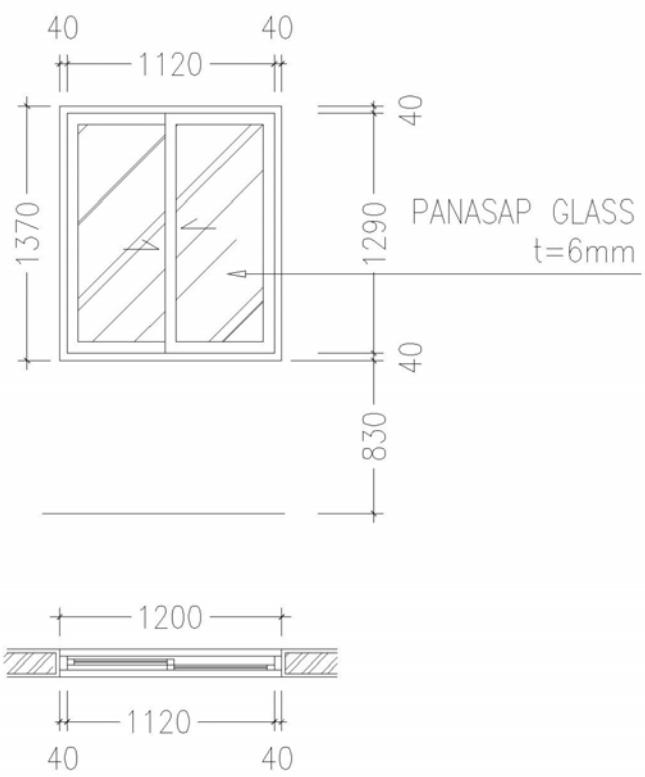


Gambar 4.11 Tampak Barat (Belakang)
Sumber: Dok. Pribadi

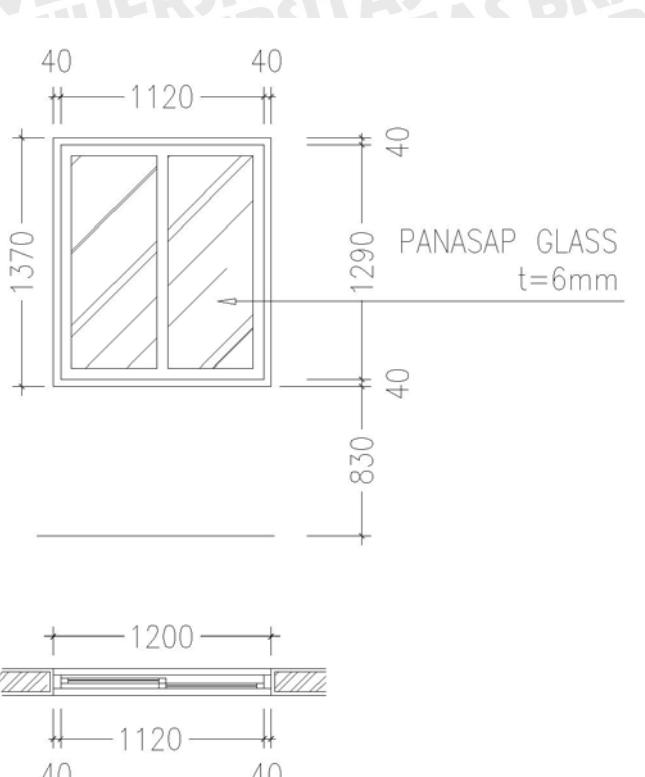




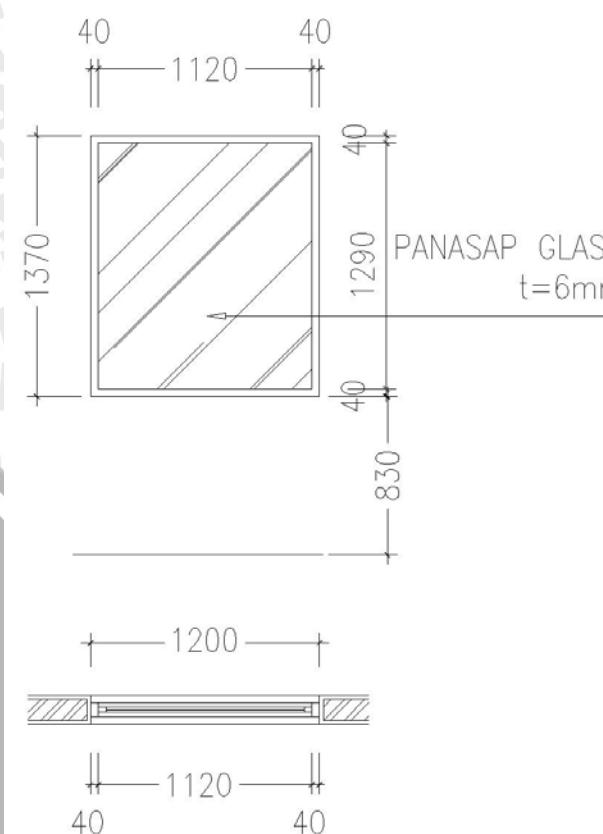
Gambar 4.12. Tampak Selatan Bank Sinar Mas
Sumber: Dok. Pribadi, 2008



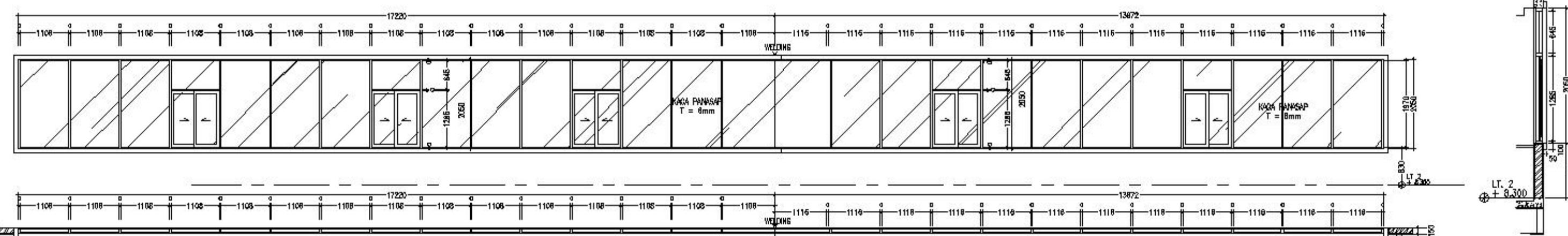
Gambar 4.13. Detail J7
Sumber: Dok Pribadi, 2008



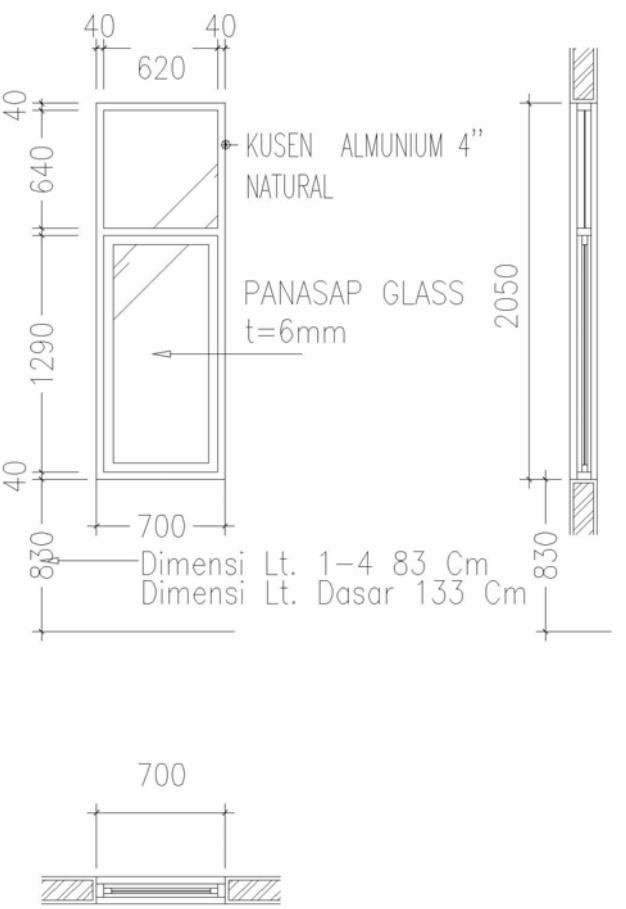
Gambar 4.14. Detail J /
Sumber: Dok Pribadi, 2008



Gambar 4.15. Detail J8
Sumber: D k Pribadi, 200



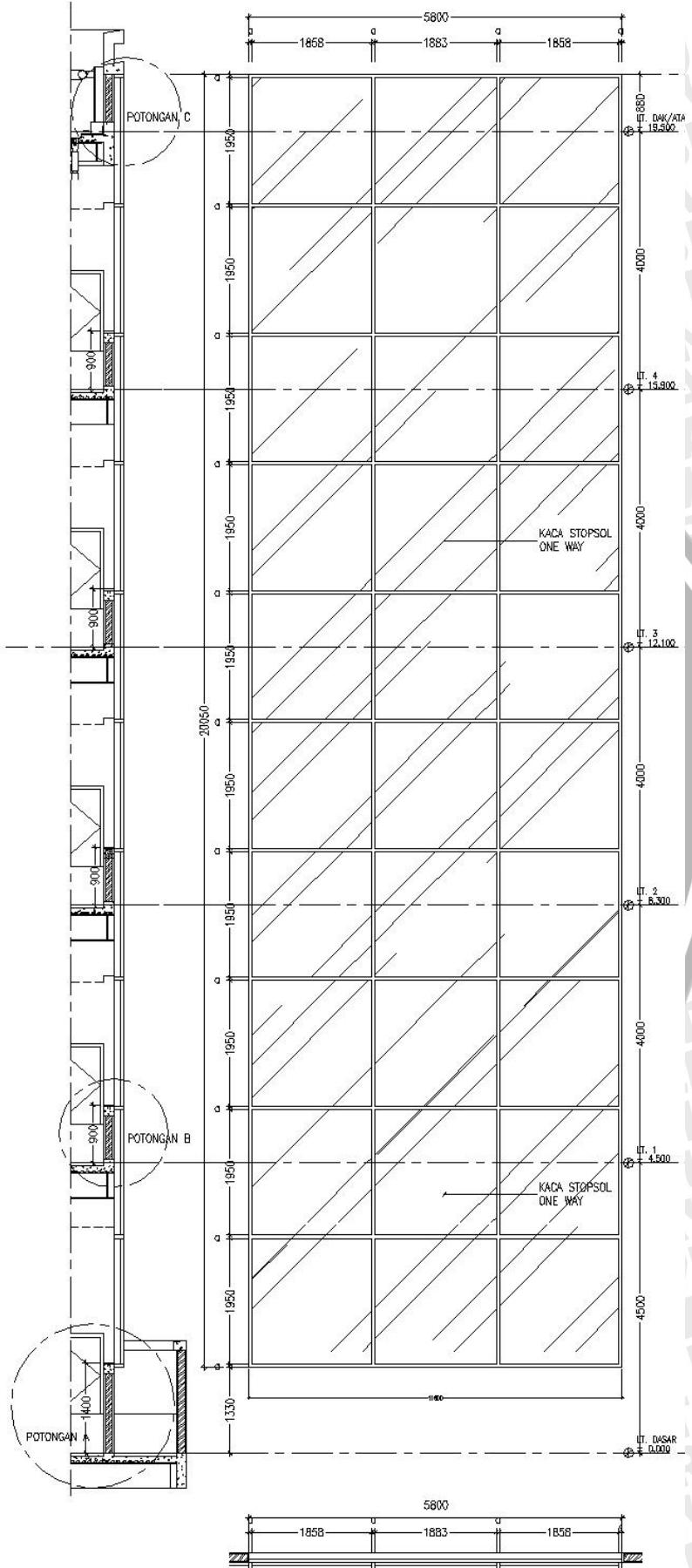
Gambar 4.16. Detail J12
Sumber: Dok Pribadi, 2008



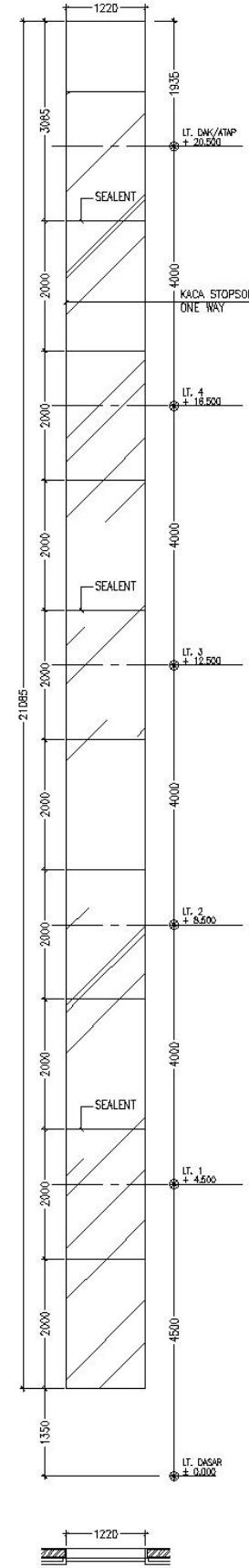
Gambar 4.17. Detail J6
Sumber: Dok Pribadi, 2008



Gambar 4.18. J2 dan J1
Sumber: Dok Pribadi, 2008



Gambar 4.19. Detail J1
Sumber: Dok Pribadi, 2008

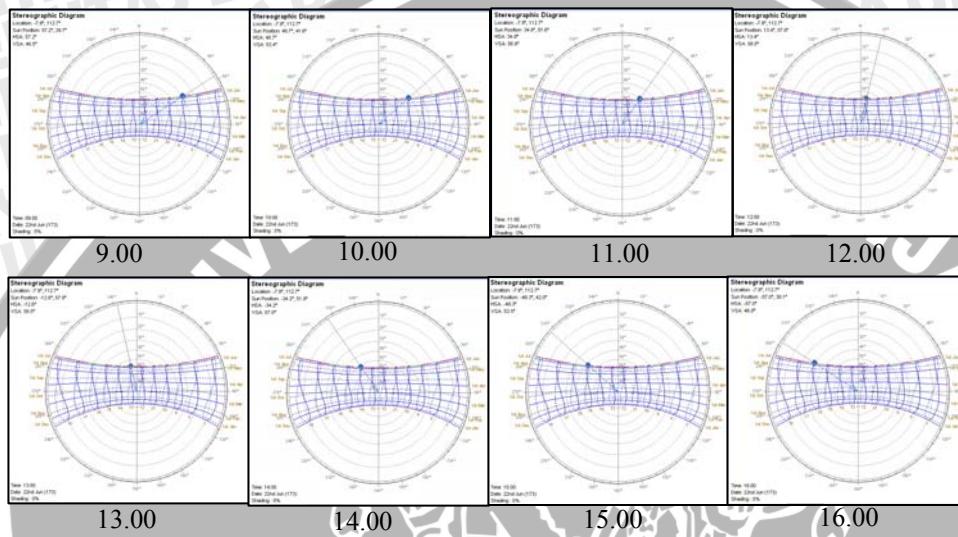


Gambar 4.20. Detail J2
Sumber: Dok Pribadi, 2008

4.1.2.2. Sudut bayangan vertikal dan horizontal yang menerpa bangunan

A. VSA dan HSA untuk shading horizontal

Pada kajian ini, untuk shading dinding utara yang digunakan sebagai dasar adalah VSA dan HSA tanggal 22 Juni pukul 09.00-17.00 (jam kerja kantor). Berikut ini tabel yang menunjukkan azimut, altitude, VSA dan HSA untuk dinding utara. Karena dinding utara yang dihitung, maka orientasi fasade = 0, sehingga azimuth = HSA



Gambar 4.21. Sun Path per jam mulai pukul 09.00-16.00 tanggal 22 juni

Sumber: hasil analisis, 2008

Tabel 4.2. Sudut Bayangan dinding Utara
22 Juni pada Bank Sinsr Mas Malang

Sumber: Hasil analisis, 2008

Latitude = -7.9°

Longitude = 112.7°

Time Zone = 120.0 (+8.0hrs)

Sunrise = 06:44

Sunset = 18:17

Date = 22 June

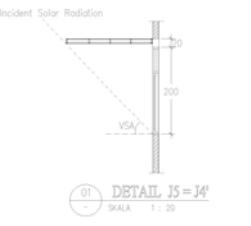
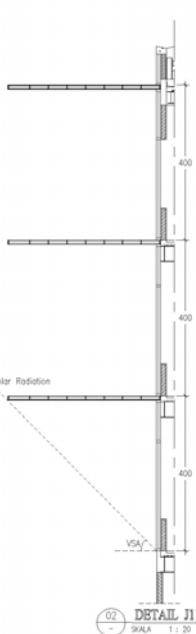
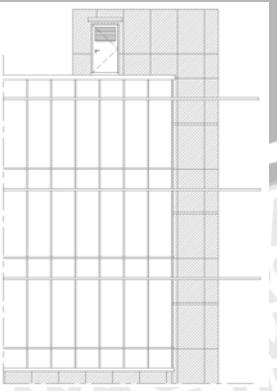
Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	H S A	V S A
9.00	(08:29)	57.2	29.7	57.2	46.6
9.30	(08:59)	53.5	35.8	53.5	50.6
10.00	(09:29)	48.7	41.6	48.7	53.0
10.30	(09:59)	42.6	46.9	42.6	55.4
11.00	(10:29)	34.8	51.6	34.8	57.0
11.30	(10:59)	25.1	55.3	25.1	57.9
12.00	(11:29)	13.4	57.8	13.4	58.4
12.30	(11:59)	0.4	58.7	0.4	59.3
13.00	(12:29)	-12.6	57.9	-12.6	58.6
13.30	(12:59)	-24.4	55.5	-24.4	57.9
14.00	(13:29)	-34.2	51.9	-34.2	57.1

14.30	(13:59)	-42.1	47.2	-42.1	55.4
15.00	(14:29)	-48.3	42.0	-48.3	53.6
15.30	(14:59)	-53.2	36.2	-53.2	51.1
16.00	(15:29)	-57.0	30.1	-57.0	46.6

Sudut yang diambil adalah yang memiliki VSA terendah dan tertinggi untuk mengetahui panjang shading maksimum dan minimum dalam satu hari di tanggal kritis yang disimulasikan. Bagaimanapun juga hasil perhitungan yang muncul dari VSA terendah berupa panjang shading yang maksimal untuk jendela tersebut. Hasil ini tidak diaplikasikan karena sengatan matahari pada tanggal ekstrim hanya dirasakan paling lama satu bulan saja (menjelang dan setelah titik balik utara misalnya), selain itu menjelang sore cahaya matahari intensitasnya lebih rendah. Berikut ini hasil perhitungan ukuran shading vertikal untuk masing-masing jendela di sisi utara.

Tabel 4.3. Perhitungan horizontal shading device jendela sisi utara dengan VSA terendah

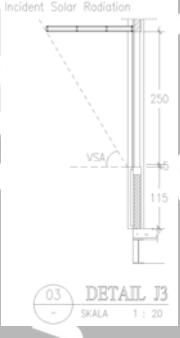
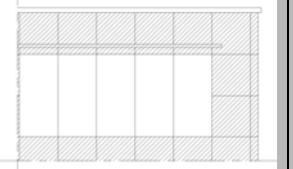
Sumber: Hasil analisis, 2008

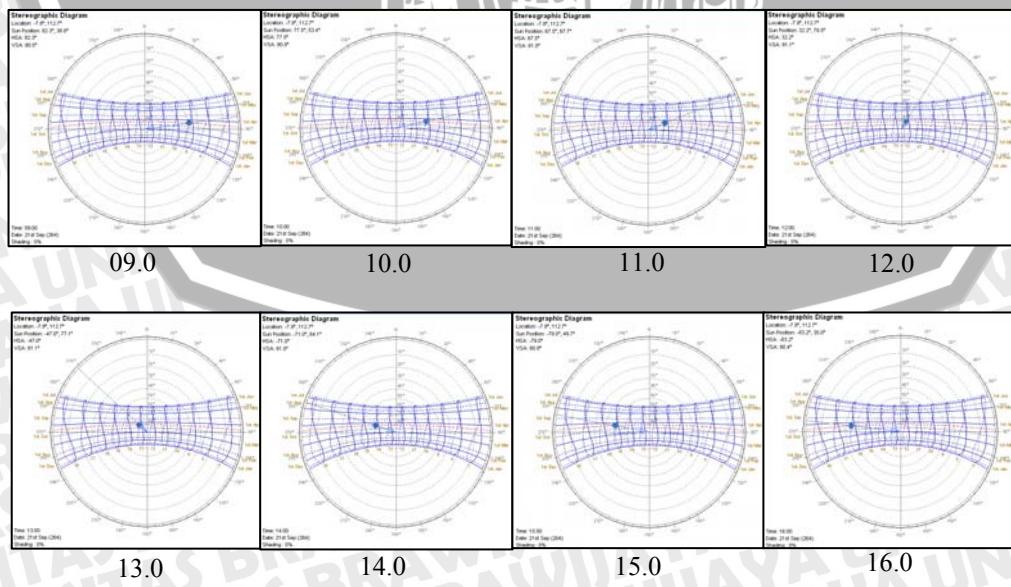
Jendela	Potongan	Perhitungan	Tampak	Perhitungan
J5 = J4°		$D = \frac{200 + 20}{\tan 46.6}$ $= 220 : 1.05$ $= 209.5 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 209.5 \tan 57$ $= 322.60 \text{ cm}$ $L = (2x3.22)+14\text{m}$ $= 20.44 \text{ m}$
J11		$D = \frac{400}{\tan 46.6}$ $= 380.95 \text{ cm}$		$e = D J11 \text{ barat}$ $= 563.5$ $L = 856.8+563.5$ $= 14.2 \text{ m}$

J3		$D = \frac{250}{\tan 46,6}$ $= 250 : 1.05 \text{ cm}$ $= 238.09 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 238 \tan 57$ $= 366.5$ $L = (2x366.5) + 595$ $= 1327.97 \text{ cm}$
J10		$D = \frac{275 + 25}{\tan 46,6}$ $= 300 : 1.05 \text{ cm}$ $= 285.7 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 285.7 \tan 57$ $= 439.9 \text{ cm}$ $L = (2x440) + 595$ $= 1475 \text{ cm}$

Tabel 4.4. Perhitungan horizontal shading device jendela sisi utara dengan VSA tertinggi
Sumber: Hasil analisis, 2008

Jendela	Potongan	Perhitungan	Tampak	Perhitungan
J5 = J4'		$D = \frac{200 + 20}{\tan 58,9}$ $= 220 : 1.65$ $= 133.3 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 133.3 \tan 0.4$ $= 0.93 \text{ cm}$ $L = (2x1) + 1400$ $= 14.02 \text{ m}$
J11		$D = \frac{400}{\tan 58,9}$ $= 242.4 \text{ cm}$		$e = D J11 \text{ barat}$ $= 13.27 \text{ cm}$ $L = 856.8 + 13.27$ $= 870.07 \text{ m}$

J3		$D = \frac{250}{\tan 58.9}$ $= 250:1.65 \text{ cm}$ $= 151.5 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 151.5 \tan 0.4$ $= 1.05$ $L = (2x1.05) + 595.0$ $= 594.1 \text{ cm}$
J10		$D = \frac{275 + 25}{\tan 58.9}$ $= 300:1.65 \text{ cm}$ $= 181.8 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 181.8 \tan 0.4$ $= 1.26 \text{ cm}$ $L = (2x1.26) + 595.0$ $= 597.5 \text{ cm}$



Gambar 4.22. sun path per jam mulai pukul 09.00-16.00 tanggal 21 September
Sumber: Hasil analisis, 2008

Untuk dinding sisi barat dan timur yang digunakan patokan pada design shading adalah kondisi matahari pada bulan September, pada saat matahari tepat di katulistiwa. Pada jam dibawah jam 12.00, HSA dinding barat menunjukkan angka minus karena matahari ada di sisi timur. Berarti shading yang dipakai shading yang sesuai untuk jam 12.00 ke atas. Sama halnya dengan dinding utara, perhitungan dilakukan untuk VSA terendah dan tertinggi. Tabel 4.7 menunjukkan perhitungan shading untuk sudut terendah dan tabel 4.8 menunjukkan perhitungan shading untuk VSA tertinggi.

Tabel 4.5 Sudut Bayangan dinding barat 21 September pada Bank Sinsr Mas Malang

Sumber: Hasil analisis, 2008

Latitude = -7.9°
Longitude = 112.7°
Time Zone = 120.0 (+8.0hrs)

Sunrise = 06:22

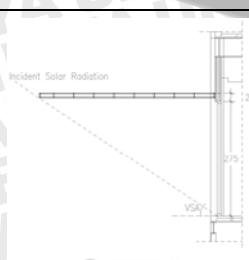
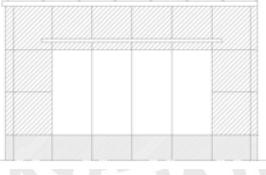
Sunset = 18:21

Date = 21 Sept

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	H S A	V S A
9.00	(08:37)	82.3	38.8	-187.7	-
9.30	(09:07)	80.2	46.2	-189.8	-
10.00	(09:37)	77.5	53.4	-192.5	-
10.30	(10:07)	73.6	60.6	-196.4	-
11.00	(10:37)	67.5	67.7	-202.5	-
11.30	(11:07)	56.3	74.2	-213.7	-
12.00	(11:37)	32.2	79.5	-237.8	-
12.30	(12:07)	347.7	80.9	77.7	88.1
13.00	(12:37)	313.0	77.1	43.0	80.4
13.30	(13:07)	297.0	70.9	27.0	72.8
14.00	(13:37)	289.0	64.1	19.0	65.4
14.30	(14:07)	284.2	56.9	14.2	57.8
15.00	(14:37)	281.0	49.7	11.0	49.9
15.30	(15:07)	278.6	42.4	8.6	42.9
16.00	(15:37)	276.8	35.0	6.8	35.4

Tabel 4.6. Perhitungan horizontal shading device jendela sisi barat dengan VSA terendah

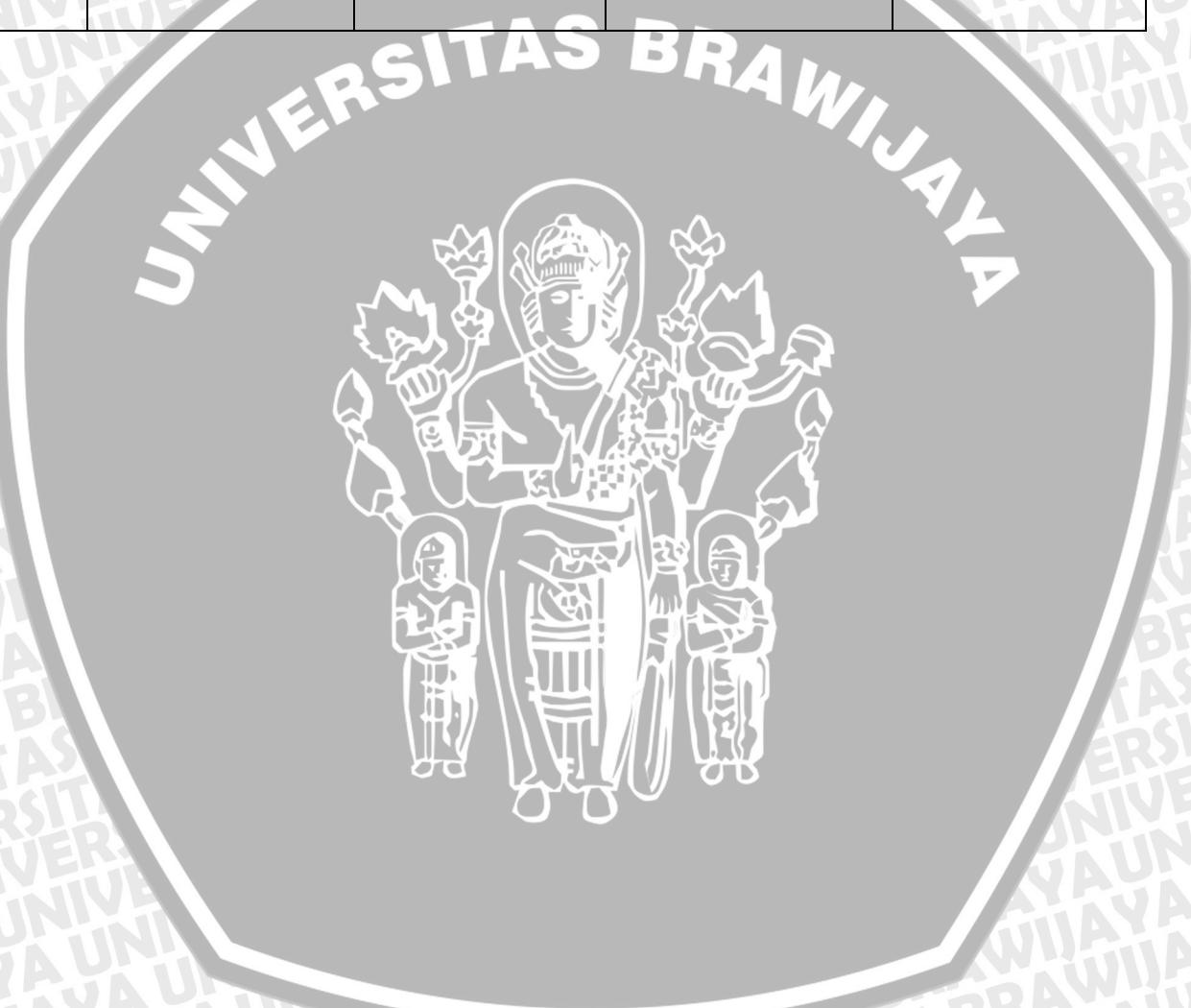
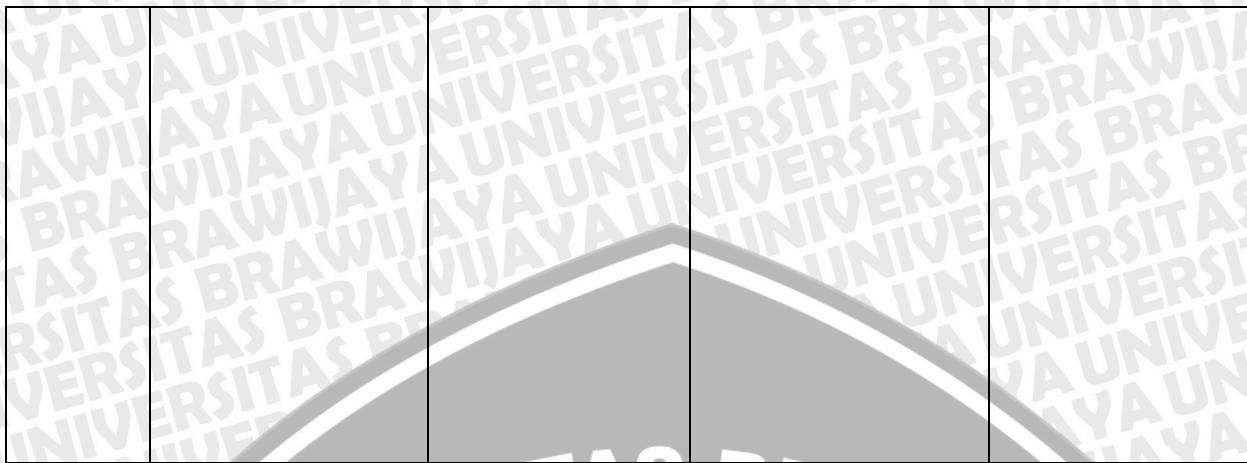
Sumber: Hasil analisis, 2008

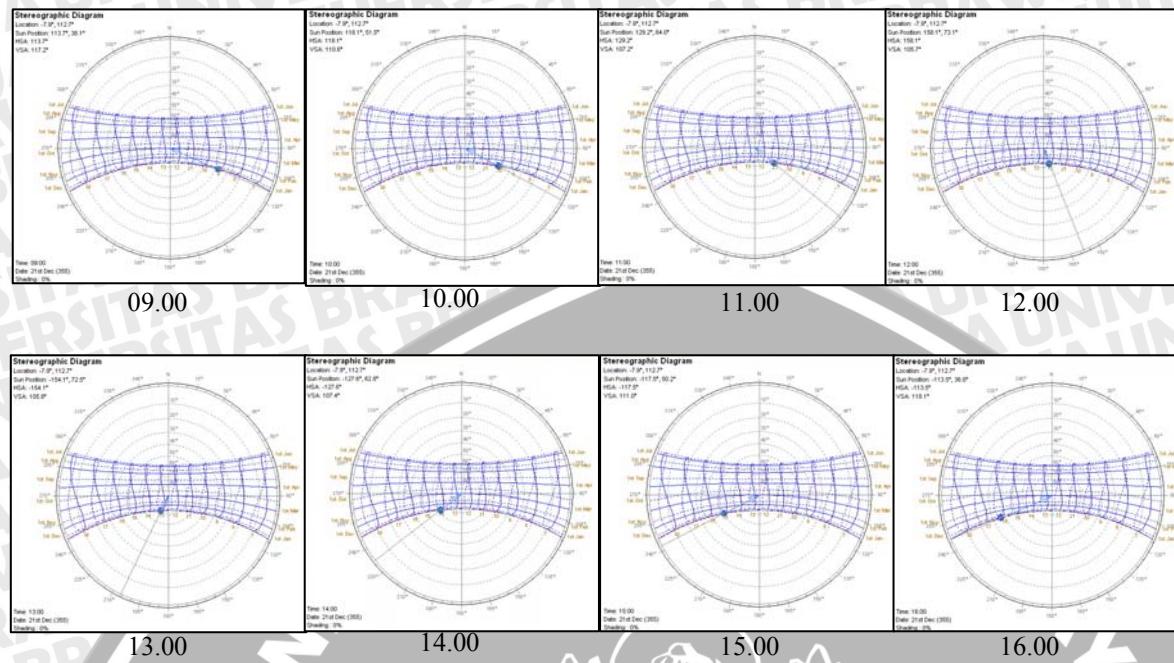
Jendela	Potongan	Perhitungan	Tampak	Perhitungan
J9	 <p>Incident Solar Radiation</p> <p>DETAIL J9</p> <p>SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{275 + 20}{\tan 35.4}$ $= 295 : 0.71$ $= 415.5 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 415.5 \tan 6.8$ $= 415.5 \times 0.11$ $= 49.54$ $L = (2 \times 50) + 476$

J11		$D = \frac{400}{\tan 35.4}$ $= 400 : 0.71$ $= 563.3 \text{ cm}$		$= 5.76 \text{ m}$ $e = D_{J11} \text{ utara}$ $= 380.95 \text{ cm}$ $L = 742.6 + 380.95$ $= 11.05 \text{ m}$
-----	--	---	--	---

Tabel 4.7. Perhitungan horizontal shading device jendela sisi barat dengan VSA tertinggi
Sumber: Hasil analisis, 2008

Jendela	Potongan	Perhitungan	Tampak	Perhitungan
J9		$D = \frac{275 + 20}{\tan 88.1}$ $= 295 : 30.14$ $= 9.78 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 9.78 \tan 77.7$ $= 44.8$ $L = (2 \times 45) + 476$ $= 566 \text{ cm}$
J11		$D = \frac{400}{\tan 88.1}$ $= 400 : 30.14$ $= 13.27 \text{ cm}$		$e = D_{J11} \text{ utara}$ $= 242.4 \text{ cm}$ $L = 742.6 + 242.4$ $= 985 \text{ cm}$





Gambar 4.23. sun path per jam mulai pukul 09.00-16.00 tanggal 21 Desember
Sumber: Hasil analisis, 2008

Yang menjadi pedoman dalam merancang shading dinding selatan adalah HSA dan VSA pada tanggal 21 Desember, saat matahari berada di selatan (south solstice).

Tabel 4.8. Sudut Bayangan dinding Selatan 21 Desember pada Bank Sinsr Mas Malang
Sumber: Hasil analisis, 2008

Latitude = -7.9°
Longitude = 112.7°
Time Zone = 120.0 (+8.0hrs)

Sunrise = 06:13
Sunset = 18:40
Date = 21 Dec

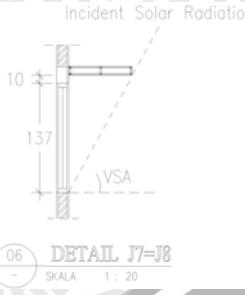
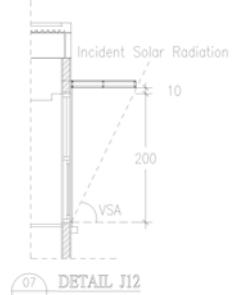
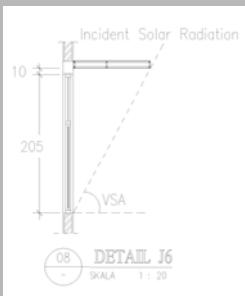
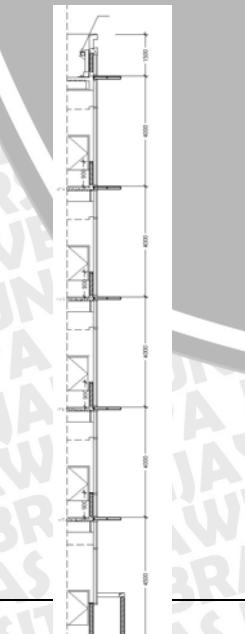
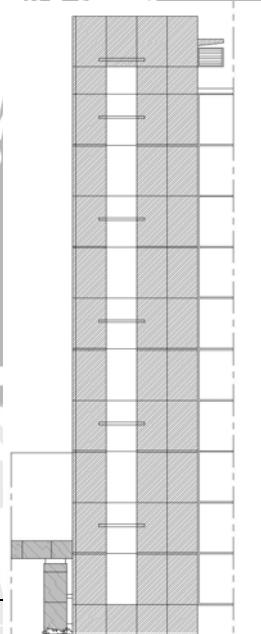
Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	H S A	V S A
9.00	(08:32)	113.7	38.1	66.3	62.8
9.30	(09:02)	115.4	44.9	64.6	67.0
10.00	(09:32)	118.1	51.5	61.9	69.3
10.30	(10:02)	122.4	57.9	57.6	75.5
11.00	(10:32)	129.2	64.0	50.8	76.6
11.30	(11:02)	140.3	69.3	39.7	73.9
12.00	(11:32)	158.1	73.1	21.9	74.3
12.30	(12:02)	182.5	74.4	2.5	74.6
13.00	(12:32)	205.9	72.5	25.9	74.3
13.30	(13:02)	222.3	68.3	42.3	73.7
14.00	(13:32)	232.4	62.8	52.4	72.5
14.30	(14:02)	238.6	56.7	58.6	71.3
15.00	(14:32)	242.5	50.2	62.5	69.0

15.30	(15:02)	245.0	43.6	65.0	66.1
16.00	(15:32)	246.5	36.8	66.5	62.2



Tabel 4.9. Perhitungan horizontal shading device jendela sisi selatan dengan VSA terendah

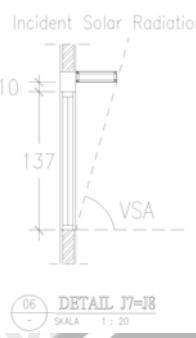
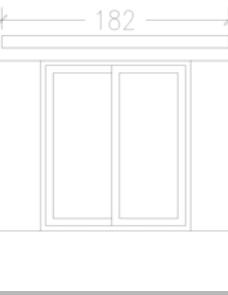
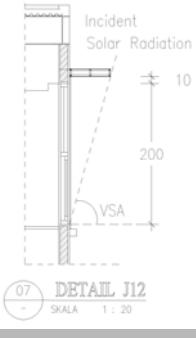
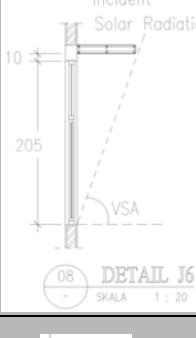
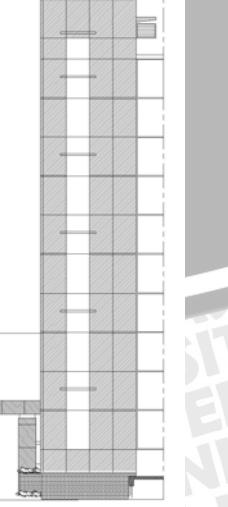
Sumber: Hasil analisis, 2008

Jendela	Potongan	Perhitungan	Tampak	Perhitungan
J7=J8	 <p>Incident Solar Radiation</p> <p>VSA</p> <p>06 DETAIL J7=J8 SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{147}{\tan 62.2}$ $= 147 : 1.89$ $= 77.8 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 77.8 \tan 66.5$ $= 77.8 \times 2.29$ $= 178.9 \text{ cm}$ $L = (2 \times 179) + 120$ $= 478 \text{ cm}$
J12	 <p>Incident Solar Radiation</p> <p>VSA</p> <p>07 DETAIL J12 SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{210}{\tan 62.2}$ $= 210 : 1.89$ $= 111.1 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 111.1 \tan 66.5$ $= 111.1 \times 2.29$ $= 254.4 \text{ cm}$ $L = (2 \times 255) + 259.3$ $= 769.3 \text{ cm}$
J6	 <p>Incident Solar Radiation</p> <p>VSA</p> <p>08 DETAIL J6 SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{215}{\tan 62.2}$ $= 215 : 1.89$ $= 113.7 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 113.7 \tan 66.5$ $= 113.7 \times 2.29$ $= 260.4 \text{ cm}$ $L = (2 \times 260) + 70$ $= 590 \text{ cm}$
J2	 <p>Incident Solar Radiation</p> <p>VSA</p> <p>09 DETAIL J2 SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{400}{\tan 62.2}$ $= 400 : 1.89$ $= 213.9 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 213.9 \tan 66.5$ $= 213.9 \times 2.29$ $= 489.8 \text{ cm}$ $L = (2 \times 490) + 119$ $= 1099 \text{ cm}$



Tabel 4.10. Perhitungan horizontal shading device jendela sisi selatan dengan VSA tertinggi

Sumber: Hasil analisis, 2008

Jendela	Potongan	Perhitungan	Tampak	Perhitungan
J7=J8	 <p>Incident Solar Radiation 137 10 VSA 06 DETAIL J7=J8 SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{147}{\tan 74.6}$ $= 147 : 3.63$ $= 40.4 \text{ cm}$	 <p>182</p>	$e = D \tan HSA$ $= 40.4 \tan 2.5$ $= 40.4 \times 0.04$ $= 1.61 \text{ cm}$ $L = (2x2) + 120$ $= 124 \text{ cm}$
J12	 <p>Incident Solar Radiation 200 10 VSA 07 DETAIL J12 SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{210}{\tan 74.6}$ $= 210 : 3.63$ $= 57.85 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 57.85 \tan 2.5$ $= 57.85 \times 0.04$ $= 2.31 \text{ cm}$ $L = 2.3 + 259.3 + D \text{ timur}$ $= 282.2 \text{ cm}$
J6	 <p>Incident Solar Radiation 205 10 VSA 08 DETAIL J6 SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{215}{\tan 74.6}$ $= 215 : 3.63$ $= 59.22 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 59.22 \tan 2.5$ $= 59.22 \times 0.04$ $= 2.36 \text{ cm}$ $L = (2x2.36) + 70$ $= 74.7 \text{ cm}$
J2	 <p>Incident Solar Radiation 400 10 VSA 09 DETAIL J2 SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{400}{\tan 74.6}$ $= 400 : 3.63$ $= 110.19 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 110.19 \tan 2.5$ $= 110.19 \times 0.04$ $= 4.40 \text{ cm}$ $L = (2x4.4) + 119$ $= 127.8 \text{ cm}$

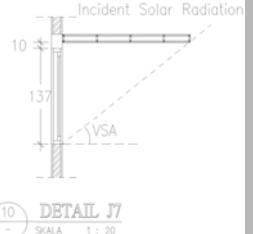
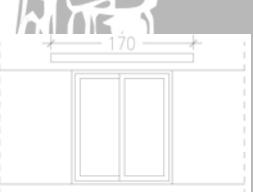
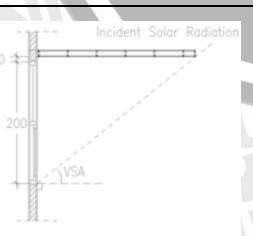
Tabel 4.11. Sudut Bayangan dinding Timur
21 September pada Bank Sinsr Mas Malang
Sumber: Hasil analisis, 2008

Latitude = -7.9° Sunrise = 06:22
Longitude = 112.7° Sunset = 18:21
Time Zone = 120.0 (+8.0hrs) Date = 21 Sept

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude	H S A	V S A
9.00	(08:37)	82.3	38.8	7.7	39.0
9.30	(09:07)	80.2	46.2	9.8	46.7
10.00	(09:37)	77.5	53.4	12.5	54.1
10.30	(10:07)	73.6	60.6	16.4	61.7
11.00	(10:37)	67.5	67.7	22.5	69.3
11.30	(11:07)	56.3	74.2	33.7	76.8
12.00	(11:37)	32.2	79.5	57.8	84.4
12.30	(12:07)	347.7	80.9	-257.7	-
13.00	(12:37)	313.0	77.1	-223.0	-
13.30	(13:07)	297.0	70.9	-207.0	-
14.00	(13:37)	289.0	64.1	-199.0	-
14.30	(14:07)	284.2	56.9	-194.2	-
15.00	(14:37)	281.0	49.7	-191.0	-
15.30	(15:07)	278.6	42.4	-188.6	-
16.00	(15:37)	276.8	35.0	-186.8	-

Sama halnya dengan dinding Barat, untuk perancangan dinding timur digunakan sun path tanggal 21 september, saat matahari berada di katulistiwa. HSA minus menunjukkan bahwa matahari menyinari sisi barat bangunan sehingga dinding sisi timur tidak terkena pancaran radiasi secara langsung. Sun path yang muncul sama dengan gambar 4.20.

Tabel 4.12. Perhitungan horizontal shading device jendela sisi timur dengan VSA terendah
Sumber: Hasil analisis, 2008

Jendela	Potongan	Perhitungan	Tampak	Perhitungan
J7=J8=J7'		$D = \frac{147}{\tan 39}$ $= 147 : 0.81$ $= 181.4 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 181.4 \tan 7.7$ $= 181.4 \times 0.13$ $= 24.5 \text{ cm}$ $L = (2 \times 25) + 120$ $= 170 \text{ cm}$
J12		$D = \frac{210}{\tan 39}$ $= 210 : 0.81$ $= 259.3 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 259.3 \tan 7.7$ $= 259.3 \times 0.13$ $= 33.71 \text{ cm}$ $L = 34 + D \text{ selatan}$ $= 34 + 213.9$ $= 247.61 \text{ cm}$

4.2. Pilihan Design Shading

4.2.1. Horizontal shading device

Model pertama adalah aplikasi horizontal shading device pada setiap jendela di bank sinar mas. Lebar shading 1m dan tebal shading 10cm. Untuk dinding bata finishing cat, digunakan shading dengan rangka hollow dan dibungkus dengan papan GRC 2mm. Shading yang ada memanfaatkan balok latai di atas jendela sebagai tumpuan. Sebut saja model pertama ini sebagai model A1



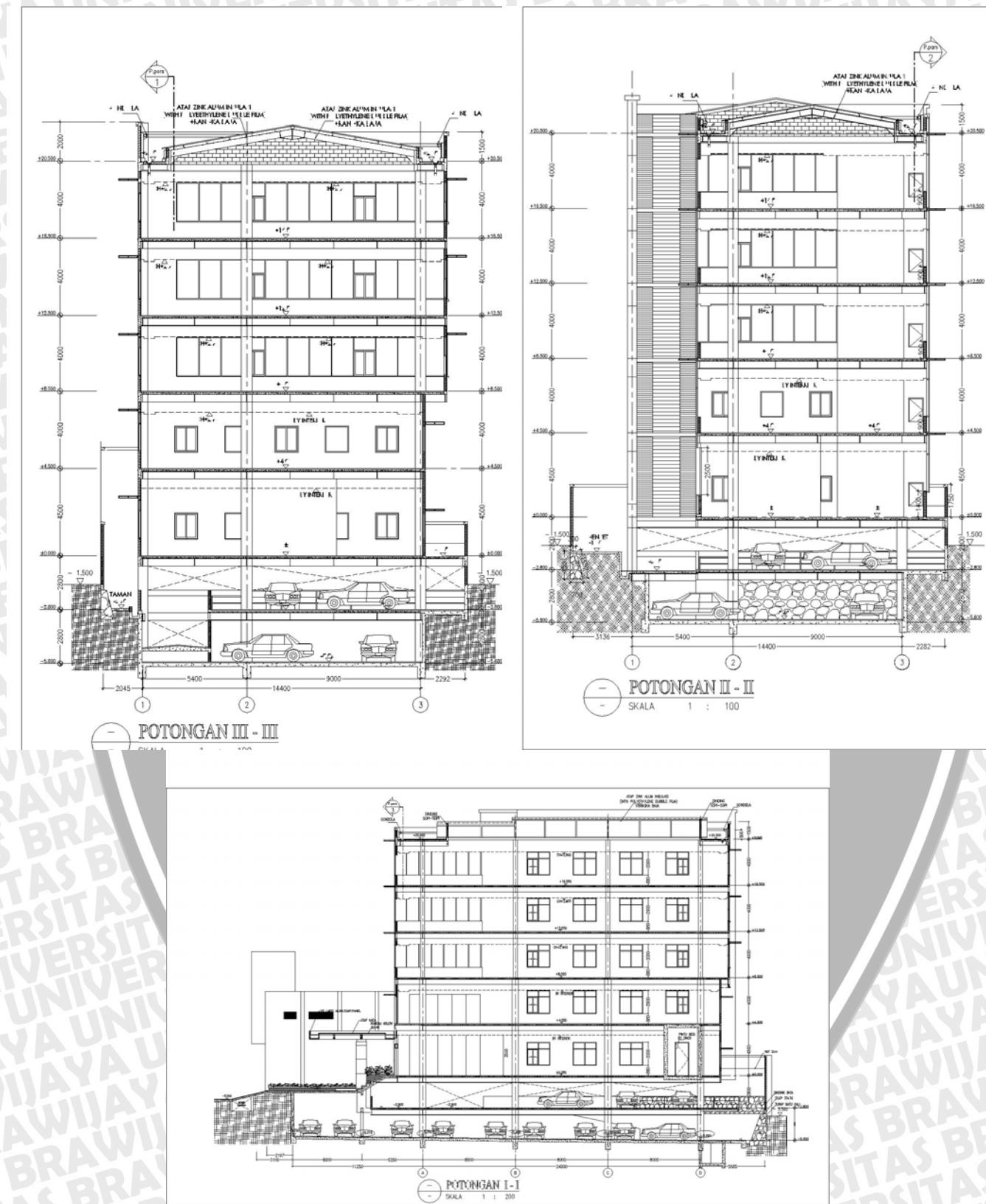
Gambar 4.26. Kondisi eksisting Bank Sinar Mas

Sumber: doc. Pribadi, 2008

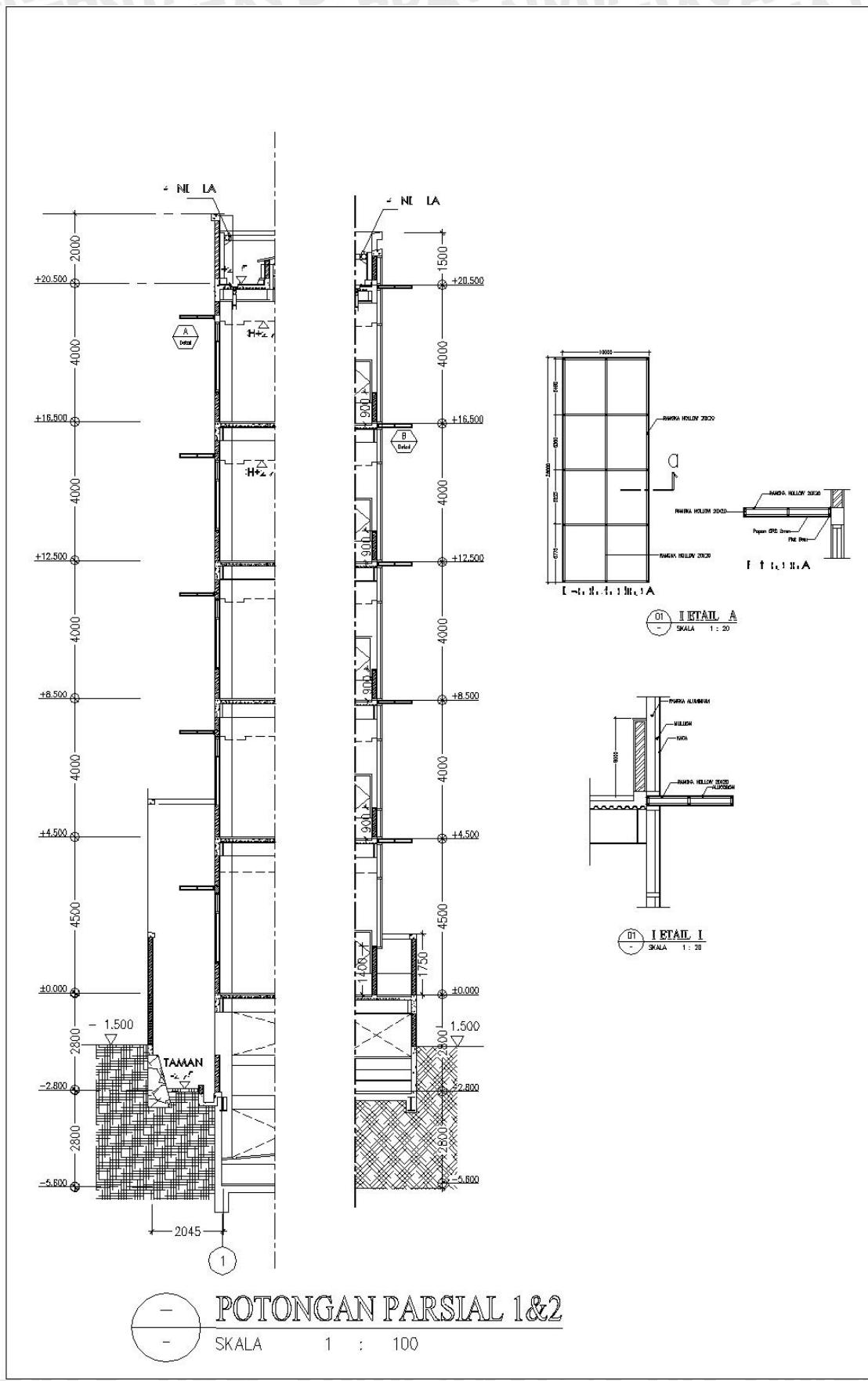


Gambar 4.27. model A1 Bank Sinar Mas

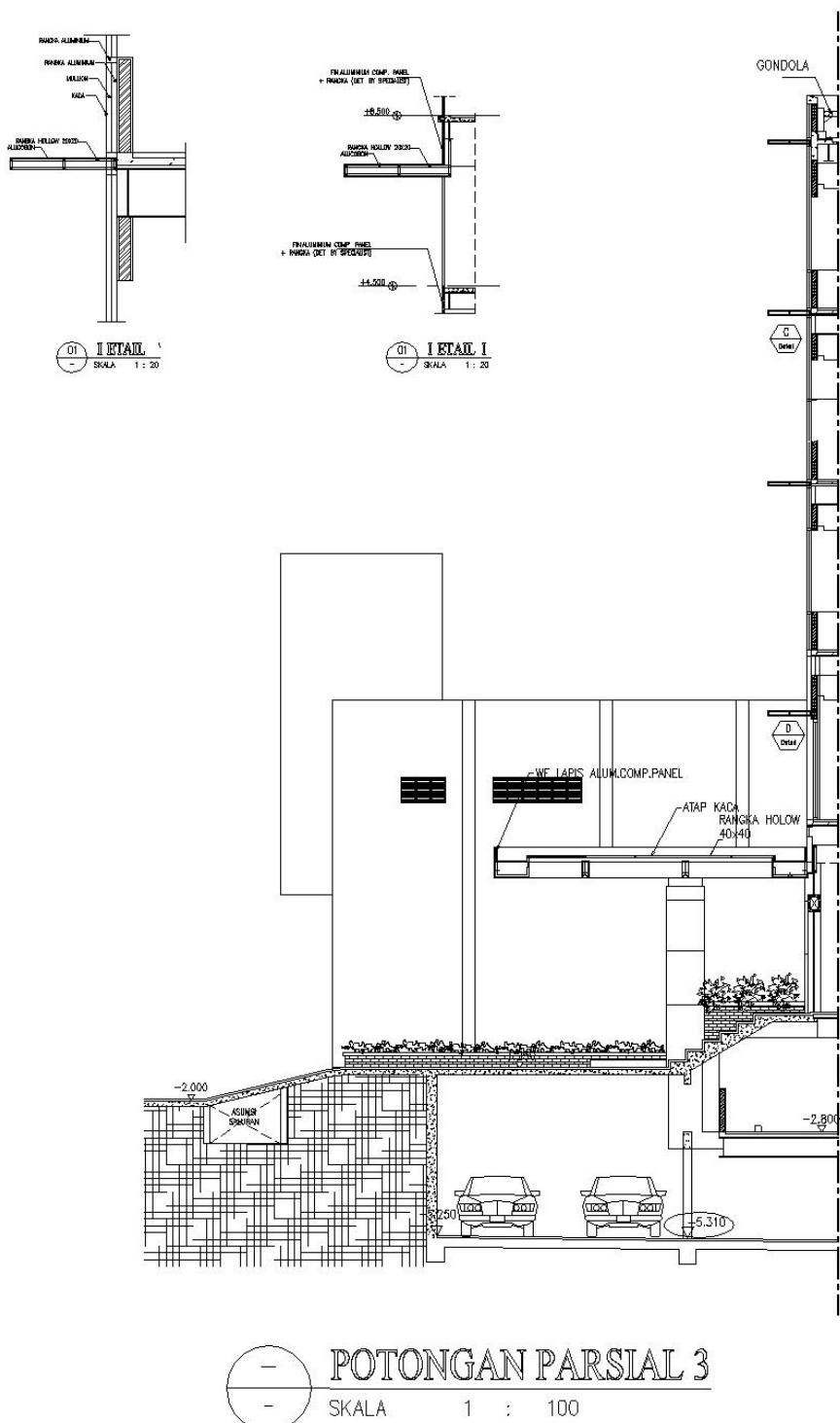
Sumber: doc. Pribadi, 2008



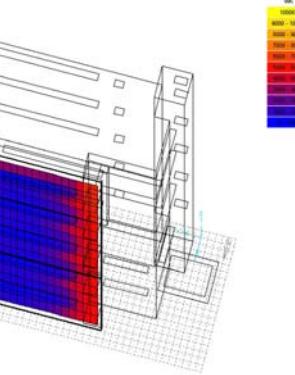
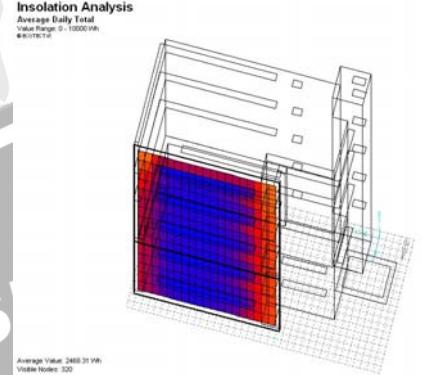
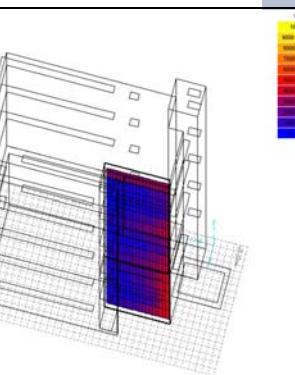
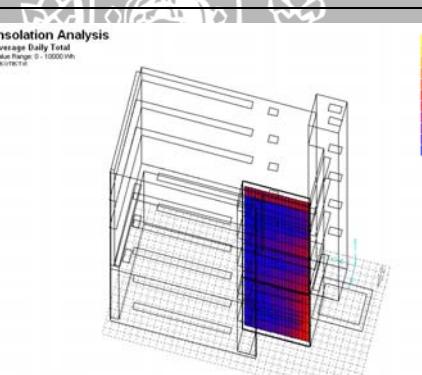
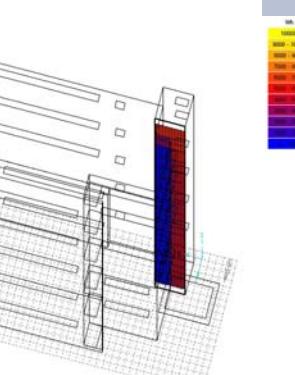
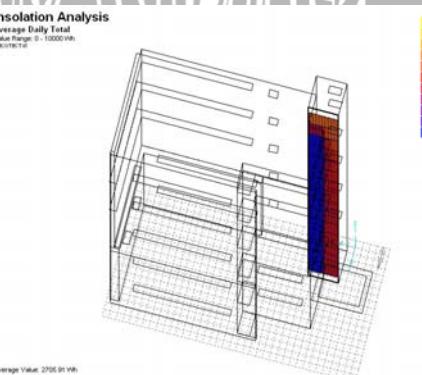
Gambar 4.28. Potongan Model A1
Sumber: doc. Pribadi, 2008



Gambar 4.29. Ptotongan persial Model A1
Sumber: doc. Pribadi, 2008



Gambar 4.30. Detail dan pott parsial model A1
Sumber: doc. Pribadi, 2008

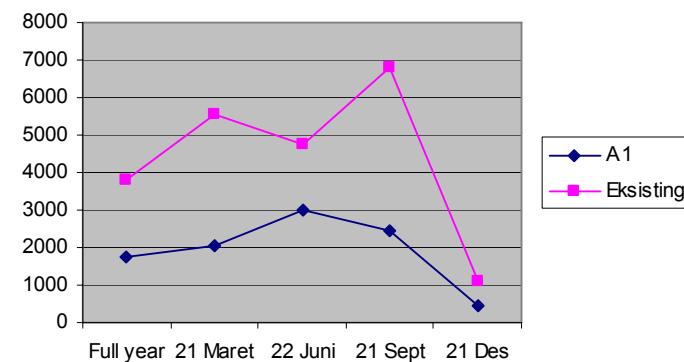
Sisi			
	22 Juni	21 September	21 Desember
	 <p>Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320</p> <p>Average Value: 3024.59 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320</p> <p>Average Value: 2468.31 Wh Visible Nodes: 320</p>	
	3024.59 Wh	2468.31 Wh	444.78 Wh
	1713.35 Wh	4345.24 Wh	678.41 Wh
	 <p>Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320</p> <p>Average Value: 2450.77 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320</p> <p>Average Value: 1765.03 Wh Visible Nodes: 320</p>	
	2450.77 Wh	1765.03 Wh	287.01 Wh
	1164.35 Wh	34444.35 Wh	678.41
	 <p>Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320</p> <p>Average Value: 1546.79 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320</p> <p>Average Value: 2705.91 Wh Visible Nodes: 320</p>	
	1546.79 Wh	2705.91 Wh	281.58 Wh
	403.36 Wh	411.82 Wh	591.36 Wh

Grafik 4.7. Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1

pada dinding utara 1

Sumber: hasil analisis, 2008

Perbandingan Solar Insolation Dinding Utara 1



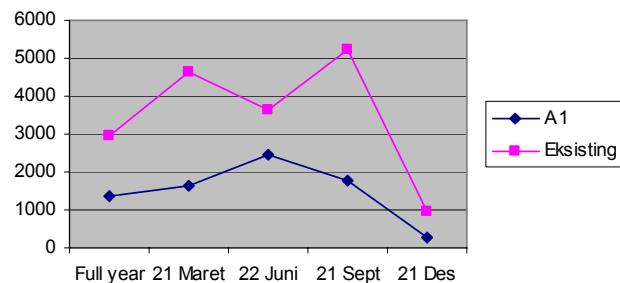
Penambahan shading eksternal horizontal pada dinding utara 1 ternyata mampu menurunkan nilai solar insolation dinding tersebut. Berbeda dengan kondisi eksisting dimana bulan september adalah radiasi terbesar menerpa bangunan, pada model A1 bulan juni lah yang memiliki angka solar insolation terbesar. Bulan juni adalah saat matahari berada di utara, maret dan september saat matahari berada di katulistiwa. Saat matahari berada di katulistiwa, shading masih mampu membayangi dinding bangunan, namun ketika matahari lebih condong ke utara, pembayangan oleh shading horizontal selebar 1m tidak mampu membayangi secara optimal.

Grafik 4.8. Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1

pada dinding utara 2

Sumber: hasil analisis, 2008

Perbandingan Solar Insolation Dinding Utara 2



Pada dinding utara 2, terdapat J11 yang berupa jendela menerus berukuran besar. Untuk model A1, jendela tersebut diubah, tidak lagi menjadi jendela menerus hingga ketinggiannya mencapai lantai atas, namun terpotong menjadi beberapa bagian.

Grafik 4.9. Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1

pada dinding utara 3

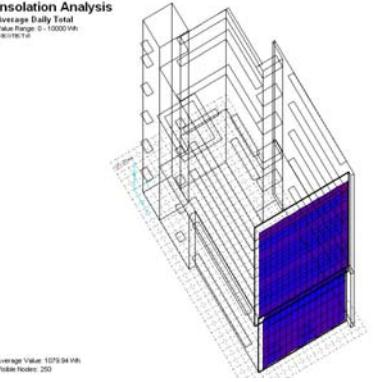
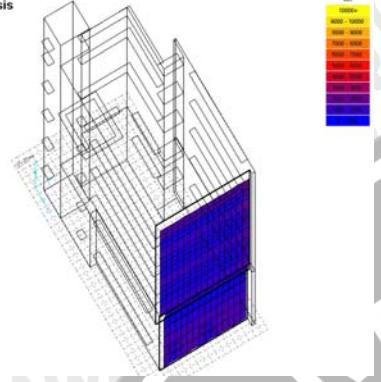
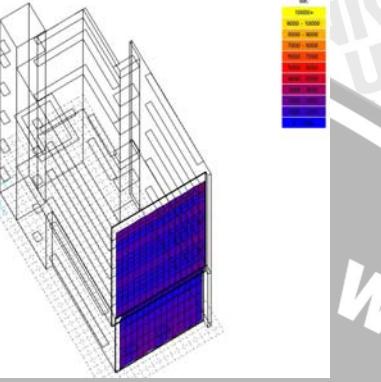
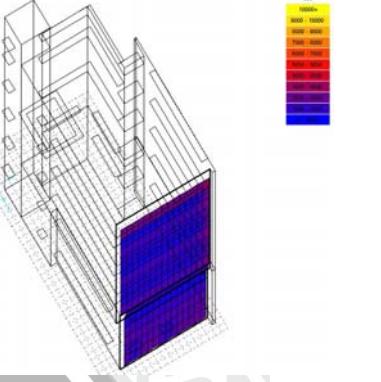
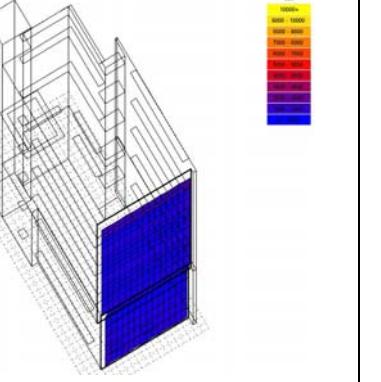
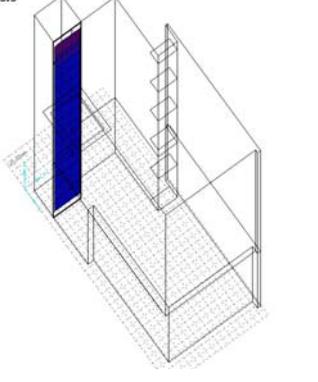
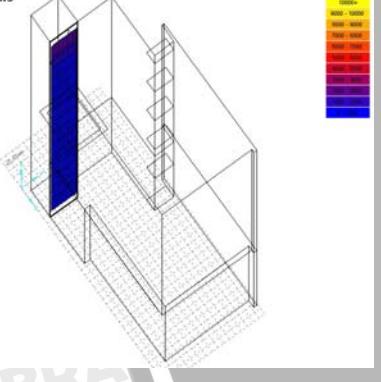
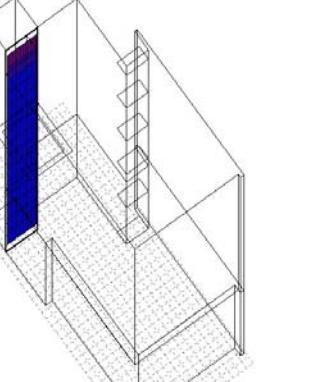
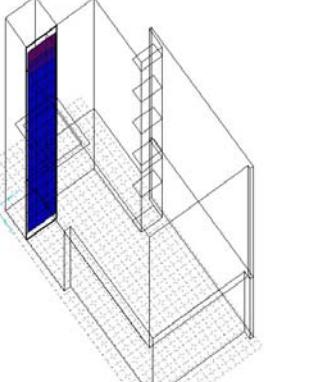
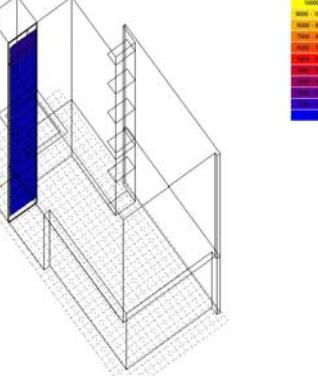
Sumber: hasil analisis, 2008

Perbandingan Solar Insolation Dinding Utara 3



Dinding Utara 3 merupakan dinding core yang tidak memiliki jendela sehingga tidak ada shading atau treatment khusus. Perubahan nilai solar insolation ini disebabkan karena pengaruh shading yang ada di dinding barat2.

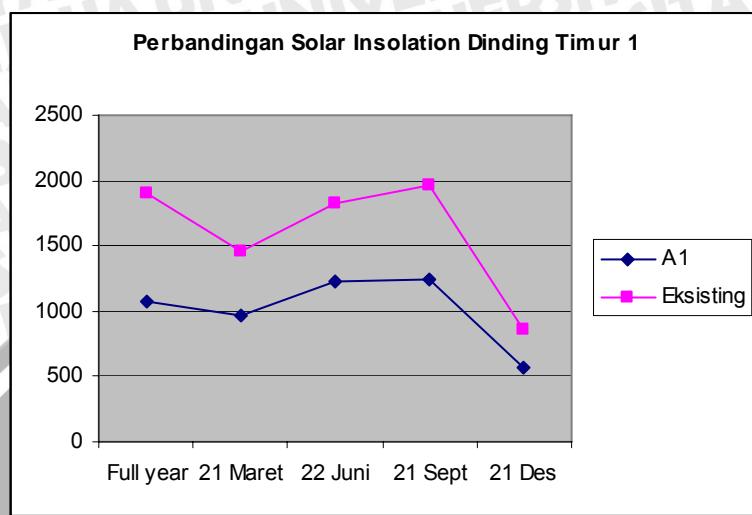
Tabel 4.23. Simulasi Model A1 Bank Sinar Mas Pada dinding Timur
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Sisi				
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Timur 1					
Rata-rata	1079.94 Wh	970.95 Wh	1222.84 Wh	1243.23 Wh	566.22 Wh
Selisih	826.44 Wh	481.99 Wh	597.06 Wh	713.57 Wh	291.6 Wh
Timur 2					
Rata-rata	246.34 Wh	211.56 Wh	268.19 Wh	284.81 Wh	129.87 Wh
Selisih	0 Wh	0 Wh	0 Wh	0 Wh	0 Wh

Grafik 4.10. Perbandingan solar insolation eksisting dan model

A1 pada dinding timur 1

Sumber: hasil analisis, 2008

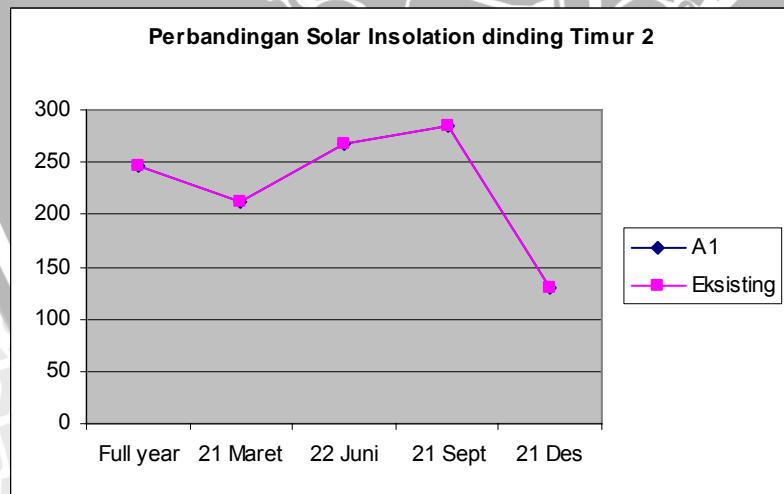


Penambahan shading horizontal pada dinding timur dapat menurunkan solar insolation hingga 63.5%. dinding timur 2 tidak mengalami perubahan karena dinding ini merupakan core dan memang tidak mendapat treatment apapun.

Grafik 4.11. Perbandingan solar insolation eksisting dan model

A1 pada dinding timur 2

Sumber: hasil analisis, 2008



Utara 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.16 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 1} &= 497.86 \\
 \text{SC} &= 0.66 \\
 \text{SF} &= 123.22 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV utara 1

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.16) \times 15\} + \\
 &\quad 0.66 \times 0.16 \times 123.22 \\
 &= 37.338 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Utara 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.64 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 2} &= 220.95 \\
 \text{SC} &= 0.79 \\
 \text{SF} &= 123.22 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.64) \times 15\} + \\
 &\quad 0.79 \times 0.64 \times 123.22 \\
 &= 71.146 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Utara 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15
 \end{aligned}$$

Barat 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 1} &= 70.02 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 210.58 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV barat 1

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \\
 &\quad \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 210.58 \\
 &= 28.917 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.77 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 2} &= 160.46 \\
 \text{SC} &= 0.77 \\
 \text{SF} &= 210.58 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.21
 \end{aligned}$$

OTTV barat 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \\
 &\quad \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\
 &= \{0.21 \times 3.24 (1-0.77) \times 15\} + \\
 &\quad 0.77 \times 0.77 \times 210.58 \\
 &= 127.07 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{utara\ 3} &= 62.17 \\ SC &= 0 \\ SF &= 123.22 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.515 \end{aligned}$$

OTTV utara 3

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\ &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\ &\quad 0 \times 0 \times 123.22 \\ &= 25.029 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Selatan 1a

$$\begin{aligned} \alpha_w &= 0.12 \\ \alpha_p &= 0.91 \\ U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\ WWR &= 0.22 \\ \Delta T_{eq} &= 15 \\ A_{sel\ 1} &= 118.95 \\ SC &= 0.42 \\ SF &= 43.9 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.515 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1a

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\ &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.22) \times 15\} + \\ &\quad 0.42 \times 0.22 \times 43.9 \\ &= 23.604 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Selatan 1b

$$\begin{aligned} \alpha_w &= 0.89 \\ \alpha_p &= 0.3 \\ U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\ WWR &= 0.37 \\ \Delta T_{eq} &= 15 \\ A_{sel\ 1} &= 646.37 \\ SC &= 0.63 \\ SF &= 43.9 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.595 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1b

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.37) \times 15\} + \\ &\quad 0.63 \times 0.37 \times 43.9 \\ &= 28.505 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Selatan 2

$$\alpha_w = 0.89$$

$$\begin{aligned} A_{barat\ 3} &= 118.34 \\ SC &= 0 \\ SF &= 210.58 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.515 \end{aligned}$$

OTTV barat 3

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + \\ &= SC.WWR.SF \\ &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\ &\quad 0 \times 0 \times 210.58 \\ &= 25.029 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Timur 1

$$\begin{aligned} \alpha_w &= 0.89 \\ \alpha_p &= 0.3 \\ U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\ WWR &= 0.62 \\ \Delta T_{eq} &= 15 \\ A_{timur\ 1} &= 332.14 \\ SC &= 0.66 \\ SF &= 99.7 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.595 \end{aligned}$$

OTTV timur 1

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + \\ &= SC.WWR.SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.62) \times 15\} + \\ &\quad 0.66 \times 0.62 \times 99.7 \\ &= 51.704 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Timur 2

$$\begin{aligned} \alpha_w &= 0.89 \\ \alpha_p &= 0.3 \\ U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\ WWR &= 0 \\ \Delta T_{eq} &= 15 \\ A_{timur\ 2} &= 12.24 \\ SC &= 0 \\ SF &= 99.7 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.595 \end{aligned}$$

OTTV timur 2

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + \\ &= SC.WWR.SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\ &\quad 0 \times 0 \times 99.7 \\ &= 28.917 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_p &= 0.3 \\ U &= 3.24 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \text{WWR} &= 0.15 \\ \Delta T_{eq} &= 15 \\ A_{sel\ 2} &= 133.38 \\ \text{SC} &= 0.66 \\ \text{SF} &= 43.9 \quad \text{W/m}^2 \\ \alpha &= 0.595\end{aligned}$$

OTTV selatan 2

$$\begin{aligned}\text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.15) \times 15\} \\ &+ \\ &0.66 \times 0.15 \times 43.9 \\ &= 28.925 \quad \text{W/m}^2\end{aligned}$$

OTTV Bangunan

$$\begin{aligned}\text{OTTV} &= \{(A_{utara1} \times \text{OTTV}_{utara1}) + (A_{utara2} \times \text{OTTV}_{utara2}) + (A_{utara3} \times \text{OTTV}_{utara3}) + \\ &(Abarat\ 1 \times \text{OTTV}_{barat1}) + (Abarat2 \times \text{OTTV}_{barat2}) + (Abarat3 \times \text{OTTV}_{barat3}) + \\ &(Asel\ 1a \times \text{OTTV}_{sel\ 1a}) + (Asel\ 1b \times \text{OTTV}_{sel\ 1b}) + (Asel\ 2 \times \text{OTTV}_{sel\ 2}) + \\ &(Atim\ 1 \times \text{OTTV}_{tim\ 1}) + (Atim\ 2 \times \text{OTTV}_{tim\ 2})\} / (\text{A semua dinding}) \\ &= 43.7692 \quad \text{W/m}^2\end{aligned}$$

Beban Dingin (internal Heatgein dianggap 0)

$$\begin{aligned}&= \text{OTTV} \times \text{Luas total dinding} \\ &= 43.769 \times 2372.98 \\ &= 103860 \quad \text{Watt} \\ &= 103.86 \quad \text{Kwh}\end{aligned}$$

Kebutuhan Daya Listrik

$$\begin{aligned}&= 19.8 + 14.8 \\ &= 34.6 \quad \text{kWh}\end{aligned}$$

Selisih Kebutuhan Daya

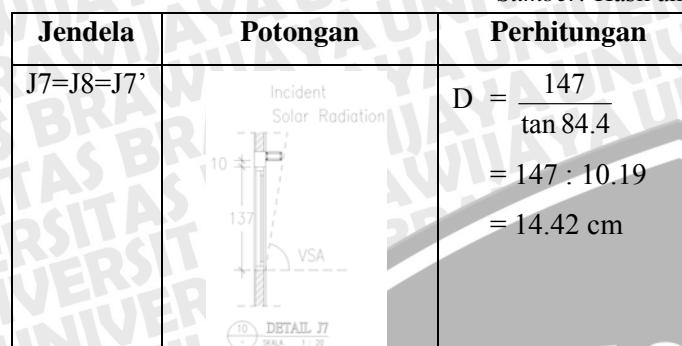
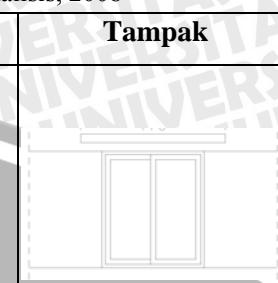
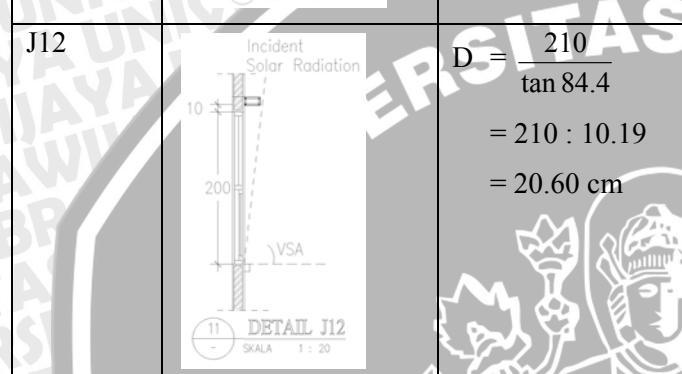
$$= 9.15 \quad \text{kWh}$$

Biaya listrik perbulan

(asumsi 26 hari kerja&jam kerja 9 jam)

$$= \text{Rp } 3,238,560.00$$

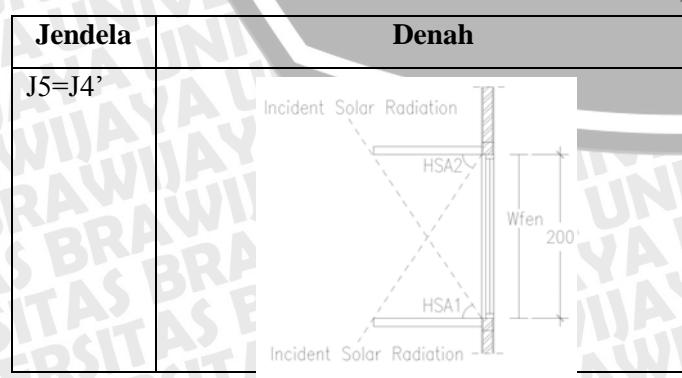
Tabel 4.13. Perhitungan horizontal shading device jendela sisi timur dengan VSA tertinggi
Sumber: Hasil analisis, 2008

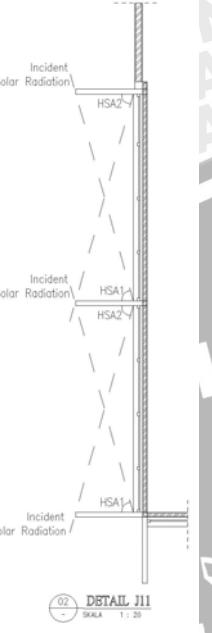
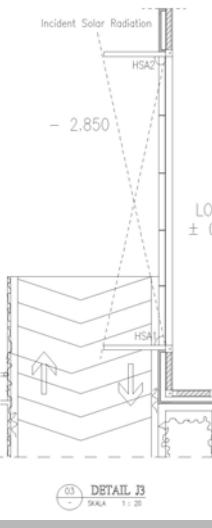
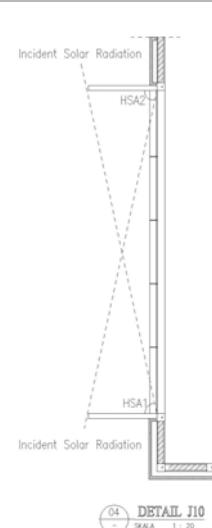
Jendela	Potongan	Perhitungan	Tampak	Perhitungan
J7=J8=J7'	 <p>Incident Solar Radiation 10° 1.37 VSA DETAIL J7 SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{147}{\tan 84.4}$ $= 147 : 10.19$ $= 14.42 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 14.42 \tan 57.8$ $= 14.42 \times 1.58$ $= 22.8 \text{ cm}$ $L = (2 \times 22.8) + 120$ $= 165.79 \text{ cm}$
J12	 <p>Incident Solar Radiation 10° 2.00 VSA DETAIL J12 SKALA 1 : 20</p>	$D = \frac{210}{\tan 84.4}$ $= 210 : 10.19$ $= 20.60 \text{ cm}$		$e = D \tan HSA$ $= 20.60 \tan 57.8$ $= 20.60 \times 1.58$ $= 32.56 \text{ cm}$ $L = 32.56 + D \text{ selatan}$ $= 32.56 + 57.85$ $= 90.41 \text{ cm}$

B. VSA dan HSA untuk shading Vertikal

Design vertical shading device tergantung pada HSA dan waktu. Untuk kajian kali ini, shading diharapkan mampu menaungi mulai pukul 09.00 hingga pukul 16.00. pada tabel 4.3 telah tertera HSA pada pukul 09.00 = 57.2°, sedangkan HSA pukul 16.00 = 57.0°. Hasil perhitungan yang muncul merupakan panjang fin maksimum yang digunakan untuk jendela tersebut.

Tabel 4.14. Perhitungan vertical shading device jendela sisi utara
Sumber: Hasil analisis, 2008

Jendela	Denah	Perhitungan
J5=J4'	 <p>Incident Solar Radiation HSA2 Wfen 200° HSA1 Incident Solar Radiation DETAIL JS = J4' SKALA 1 : 20</p>	$f = \frac{Wfen}{\tan HSA} = \frac{200}{\tan 57}$ $= 200 : 1.53$ $= 130.7 \text{ cm}$

J11		$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{428.4}{\tan 57}$ $= 428.4 : 1.53$ $= 280 \text{ cm}$
J3		$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{595}{\tan 57}$ $= 595 : 1.53$ $= 388.9 \text{ cm}$
J10		$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{595}{\tan 57}$ $= 595 : 1.53$ $= 388.9 \text{ cm}$

--	--	--

Untuk dinding barat digunakan sun path pada tanggal 21 September, HSA yang ada dapat dilihat di tabel 4.6. Karena perhitungan yang diharapkan merupakan panjang fin maksimum, maka digunakan HSA pukul 16.00 seperti perhitungan dinding utara sebelumnya.

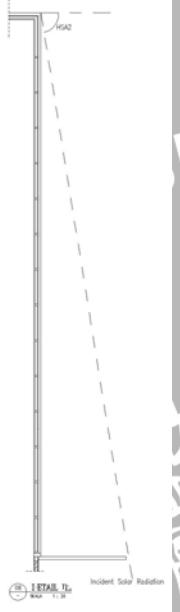
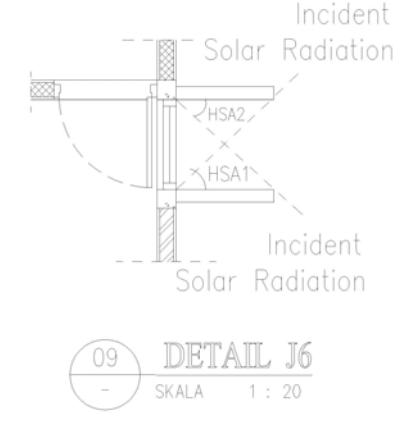
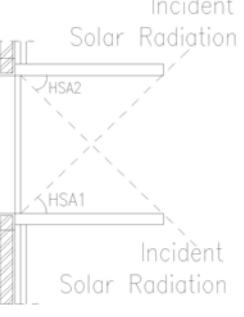
Tabel 4.15. Perhitungan vertical shading device jendela sisi barat

Jendela	Denah: Hasil analisis, 2008	Perhitungan
J9		$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{238}{\tan 6.8}$ $= 238 : 0.11$ $= 2163 \text{ cm}$
J11		$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{209}{\tan 6.8}$ $= 209 : 0.11$ $= 1900 \text{ cm}$

Dinding selatan menggunakan sun path tanggal 21 desember. Sama seperti dinding utara, dilakukan perhitungan dengan asumsi shading akan menaungi mulai pukul 09.00-16.00 sehingga HSA yang digunakan adalah sudut pada jam tersebut. Tabel sudut jatuh matahari untuk dinding selatan dapat dilihat di tabel 4.9.

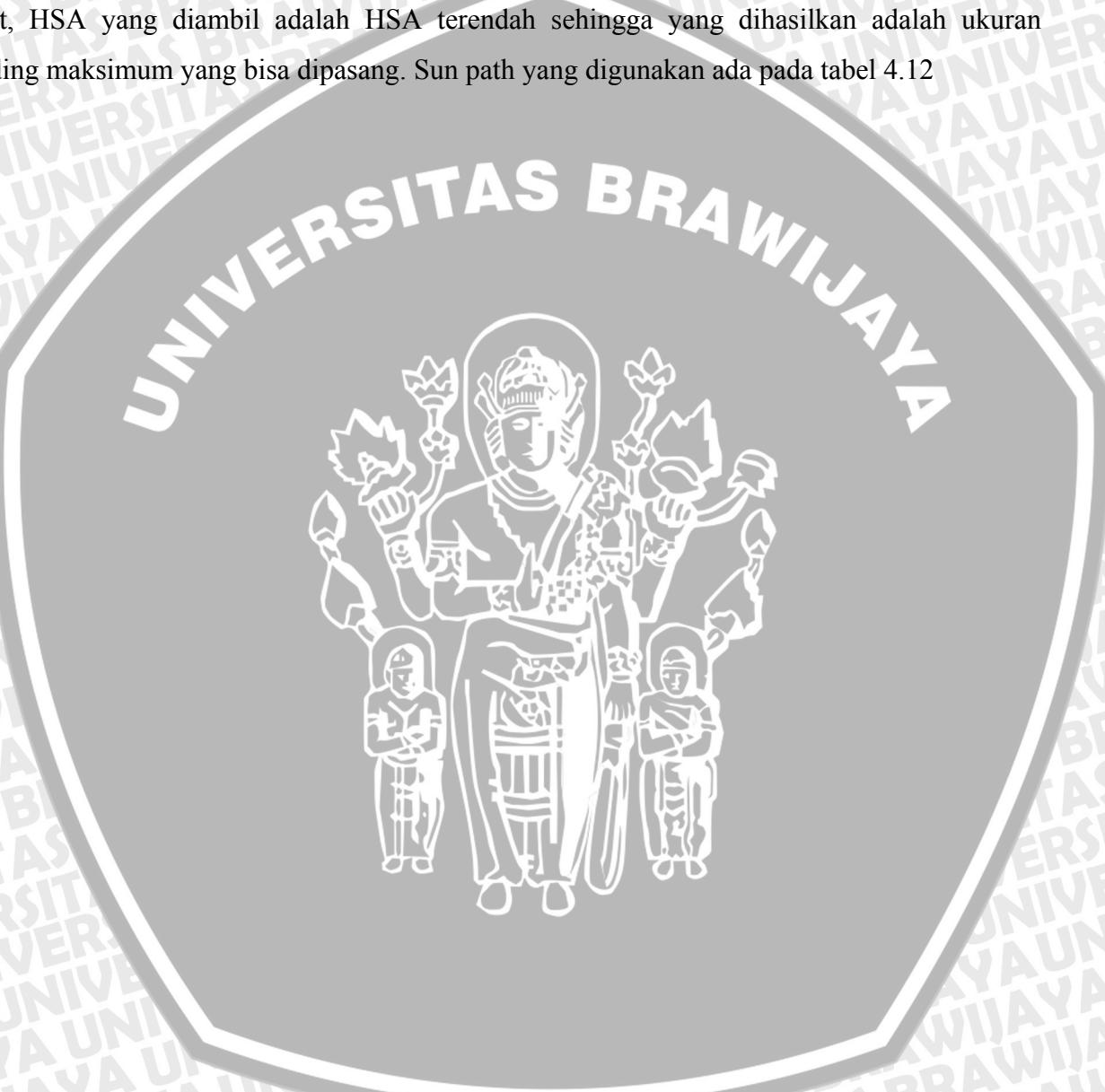
Tabel 4.16. Perhitungan vertical shading device jendela sisi selatan
Sumber: Hasil analisis, 2008

Jendela	Denah	Perhitungan
J7=J8		$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{120}{\tan 66.3}$ $= 120 : 2.27$

J12		$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{1722}{\tan 66.3}$ $= 1722 : 2.27$ $= 758.5 \text{ cm}$
J6		$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{70}{\tan 66.3}$ $= 70 : 2.27$ $= 30.83 \text{ cm}$
J2		$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{122}{\tan 66.3}$ $= 122 : 2.27$ $= 53.7 \text{ cm}$



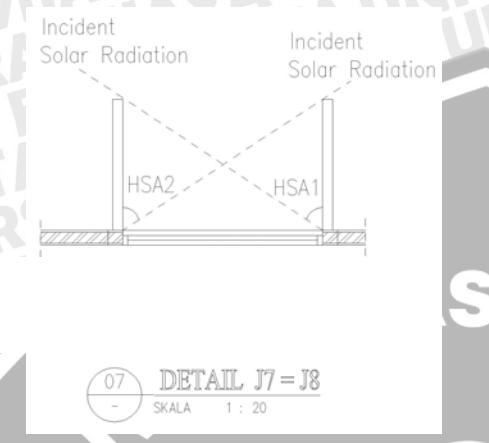
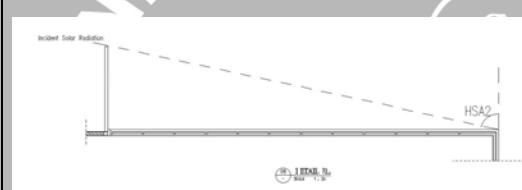
Dinding timur digunakan sun path tanggal 21 September dan sama halnya dengan dinding barat, HSA yang diambil adalah HSA terendah sehingga yang dihasilkan adalah ukuran shading maksimum yang bisa dipasang. Sun path yang digunakan ada pada tabel 4.12



Tabel 4.17. Perhitungan vertical shading

device jendela sisi timur

Sumber: Hasil analisis, 2008

Jendela	Denah	Perhitungan
J7=J7'=J8	 <p>Incident Solar Radiation</p> <p>Incident Solar Radiation</p> <p>HSA2</p> <p>HSA1</p> <p>07 SKALA 1 : 20</p>	$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{120}{\tan 7.7}$ $= 120 : 0.13$ $= 923 \text{ cm}$
J12	 <p>Incident Solar Radiation</p> <p>HSA2</p> <p>07 SKALA 1 : 20</p>	$f = \frac{W_{fen}}{\tan HSA} = \frac{1387.2}{\tan 6.8}$ $= 1387.2 : 0.11$ $= 10670 \text{ cm}$

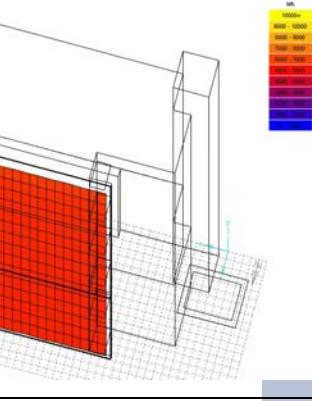
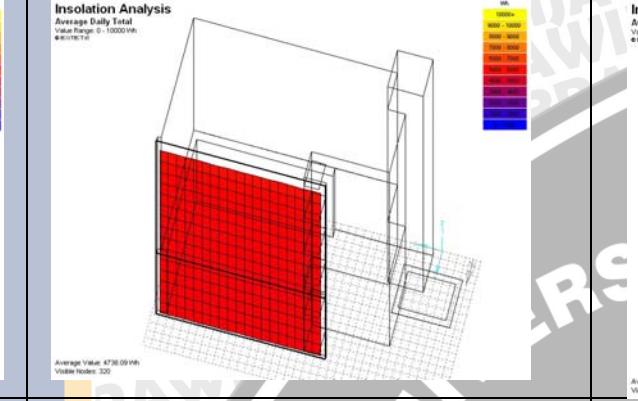
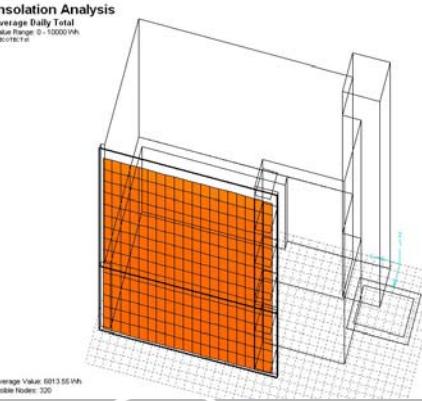
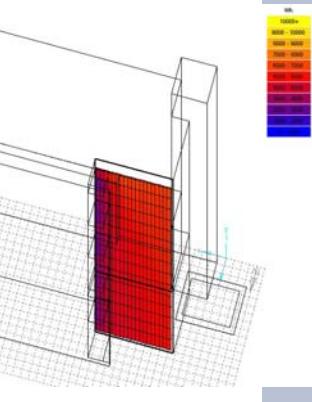
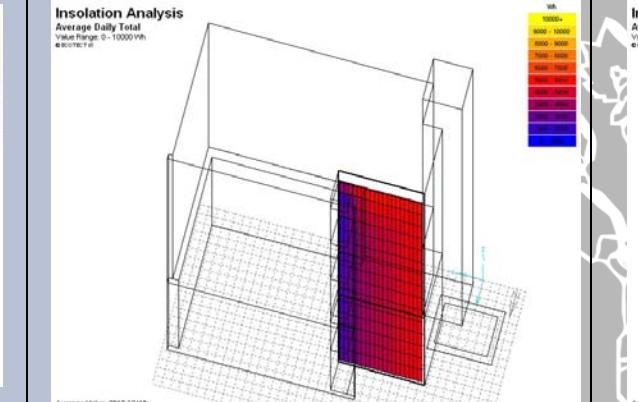
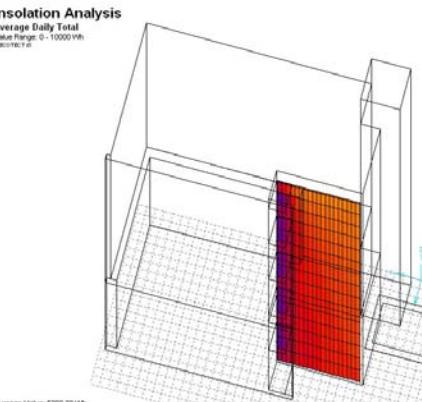
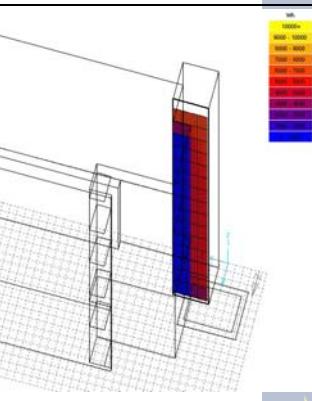
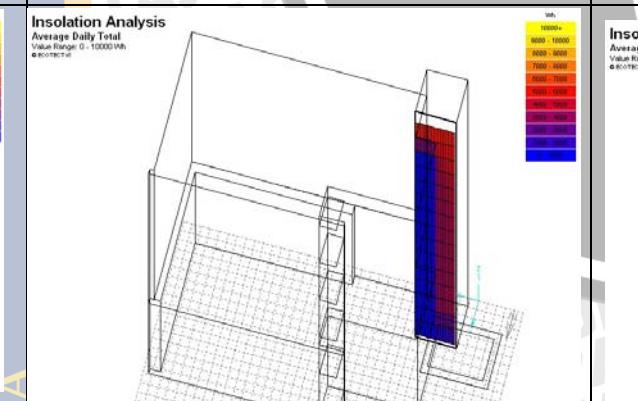
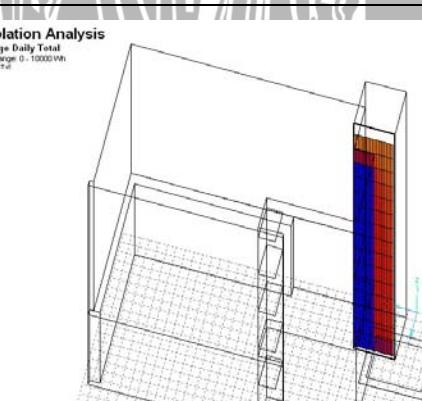
Mengingat studi ini berfokus pada meminimalkan radiasi matahari yang sampai pada bangunan, bukan optimalisasi shading, maka perhitungan yang telah dilakukan hanya untuk mengetahui ukuran shading maksimum sehingga shading yang diaplikasikan tidak terlalu panjang dan membuat gelap ruangan. Jika kedalaman shading maksimum didapat lebih dari 1m, maka yang akan diaplikasikan ke bangunan adalah 1m. Namun jika kurang dari 1m, maka yang akan diaplikasikan adalah perhitungan tersebut.

4.1.2.3. Simulasi Model Dasar

Simulasi dilakukan untuk mengetahui kondisi solar insolation bank sinar mas. Simulasi dilakukan pada tanggal 21 Desember saat matahari berada di selatan, 22 Juni saat matahari ada di sisi utara, 21 Maret dan 21 September saat matahari tepat berada di khatulistiwa, serta kondisi solar insolation untuk satu tahun penuh. Hasil simulasi pada design day dapat digunakan untuk management energi pada bangunan tersebut, sedangkan hasil simulasi dalam satu tahun digunakan untuk memberi solusi design bangunan.

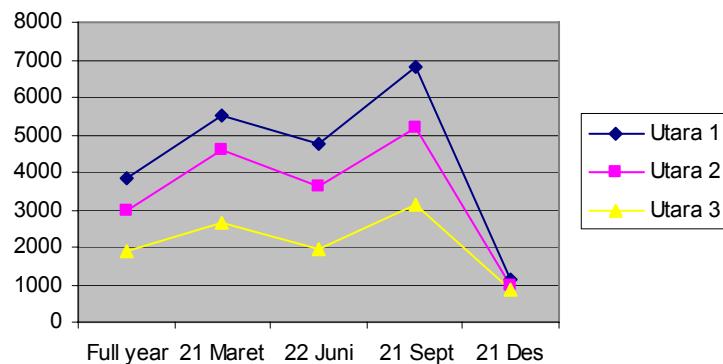
Simulasi yang dilakukan menghasilkan rata-rata solar insolation dalam satu hari tersebut atau dalam satu tahun. Simulasi tidak dapat dilakukan per jam karena keterbatasan software. Dinding dianggap solid karena ecotect tidak mampu memunculkan grid pada dinding kaca sehingga hasil yang muncul berantakan. Namun angka solar insolation rata-rata hasil dari simulasi dengan jendela maupun tanpa jendela menunjukkan angka yang hampir sama. Berikut ini hasil simulasi bentuk dasar Bank Sinar Mas Malang.



repose	22 Juni	21 September	21 Desember
	4738.09 Wh 	6813.55 Wh 	1123.19 Wh 
	3615.12 Wh 	5209.38 Wh 	965.11 Wh 
	1950.15 Wh 	3117.73 Wh 	872.94 Wh 

Grafik 4.1. Solar Insolation Pada dinding Utara (eksisting)

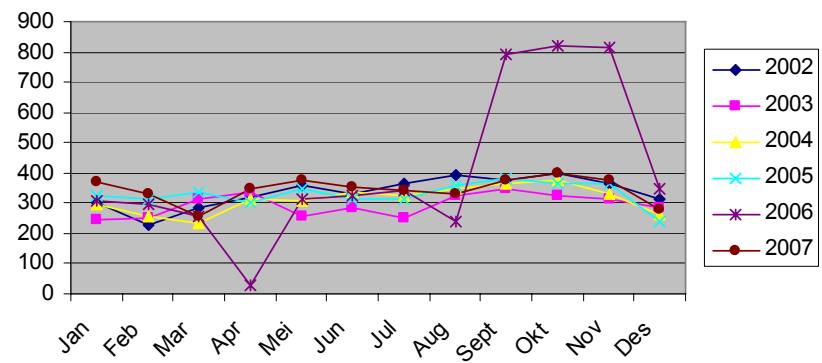
Sumber: hasil analisis, 2008

Solar Insolation pada Dinding Utara

Solar insolation erat kaitannya dengan posisi lintang dan posisi matahari. 21 Maret dan 21 September, matahari berada di garis katulistiwa, 22 Juni matahari berada di Utara, sedangkan pada 21 Desember matahari berada di selatan. Posisi kota malang terletak di belahan bumi selatan sehingga pada saat matahari berada di garis katulistiwa, dinding utara terkena radiasi matahari paling besar. Pada saat matahari berada di utara, radiasi yang diterima dinding utara melemah karena sudut altitudennya lebih kecil, selain itu, berdasarkan data BMG malang tahun 2002 s/d tahun 2007, radiasi di bulan september lebih besar jika dibanding radiasi matahari di bulan Maret, juni, dan Desember.

Grafik 4.2. Radiasi Matahari tahun 2002-2007

Sumber: BMG pos Karangploso, 2008

Radiasi Matahari Malang 5 Tahun Terakhir

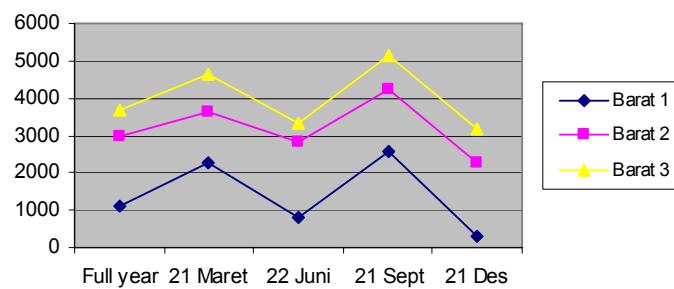
Pada dinding utara 2 tampak bahwa pada saat matahari berada di selatan, bentuk tonjolan dinding utara 1 dapat memberi efek pada radiasi yang diterima dinding. Saat matahari berada di selatan, dinding utara menerima radiasi yang rendah.

Tabel 4.19. Simulasi Model Dasar Bank Sinar Mas Pada dinding Barat
Sumber: Hasil analisis, 2008

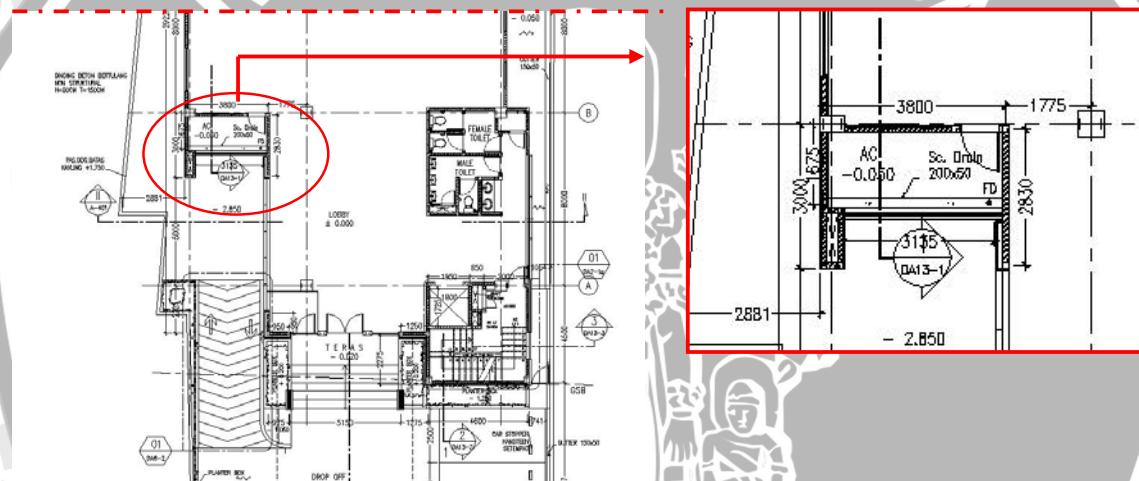
Tanggal	Sisi	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Barat 1						
Rata-rata	1105.15 Wh	2293.49 Wh	819.83 Wh	2572.61 Wh	281.40 Wh	
Barat 2						
Rata-rata	2953.69 Wh	3647.24 Wh	2804.56 Wh	4239.73 Wh	2252.14 Wh	
Barat 3						
Rata-rata	3669.85 Wh	4632.32 Wh	3317.36 Wh	5141.62 Wh	3169.39 Wh	

Grafik 4.3. Solar Insolation Pada dinding Barat (eksisting)

Sumber: hasil analisis, 2008

Solar Insolation pada Dinding Barat

Dinding barat1 letaknya lebih dalam dibanding dinding barat 2 dan 3, selain itu tonjolan pada dinding utara 1 dan shading berupa plat yang digunakan untuk meletakkan outdoor unit AC memberi pengaruh yang cukup besar terhadap solar insolation pada sisi ini.



Gambar 4.24. Dinding Barat1

Sumber: Doc Pribadi, 2008

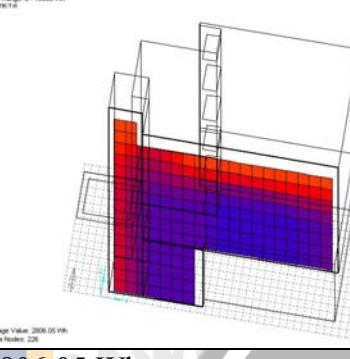
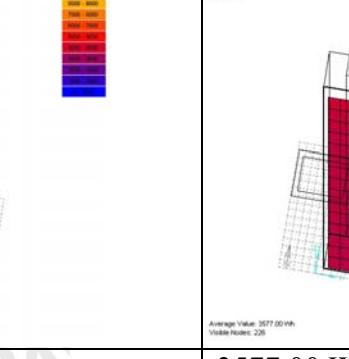
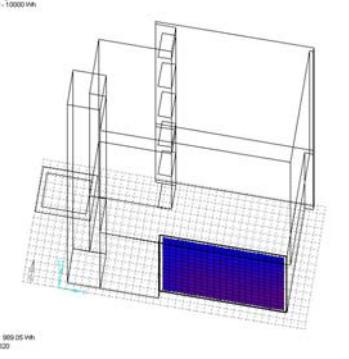
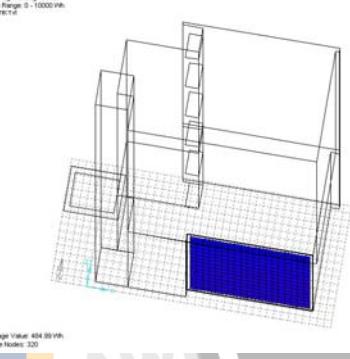
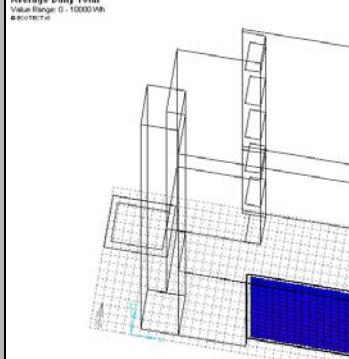
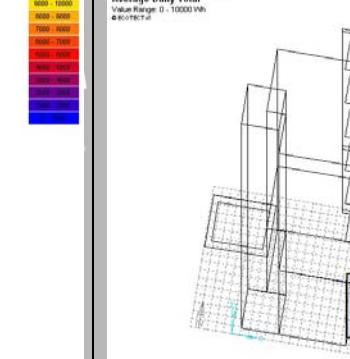
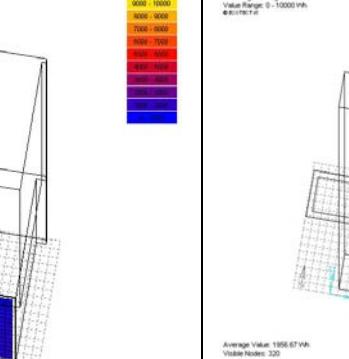
Dinding barat2 merupakan posisi entrance dimana entrance tersebut memiliki atap datar berukuran 7.55m x 6.25m dengan ketinggian +3.55m dari level ±0.00. atap entrance ini dapat juga menjadi shading untuk dinding barat2 seperti terlihat pada hasil simulasi.



Gamber 4.25. Atap Entrance

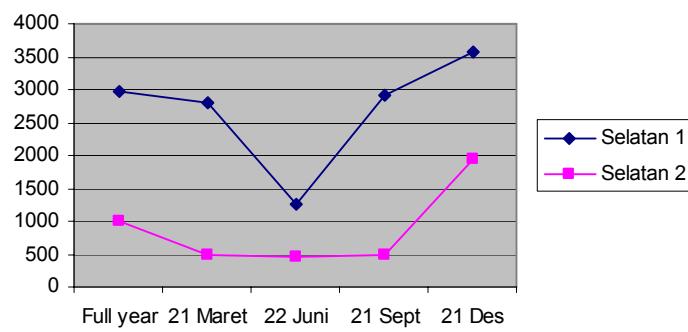
Sumber: Dok. Pribadi, 2007

Tabel 4.20. Simulasi Model Dasar Bank Sinar Mas Pada dinding Selatan
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Sisi					
		Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Selatan 1		Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 226 	Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 226 	Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 226 	Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 226 	Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 226 
Rata-rata	2974.52 Wh	2806.05 Wh	1247.75 Wh	2901.74 Wh	3577.00 Wh	
Selatan 2		Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320 	Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320 	Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320 	Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320 	Insolation Analysis Average Daily Total Value Range: 0 - 10000 Wh Visible Nodes: 320 
Rata-rata	989.05 Wh	484.99 Wh	469.63 Wh	486.01 Wh	1956.67 Wh	

Grafik 4.4. Solar Insolation Pada dinding Selatan (eksisting)

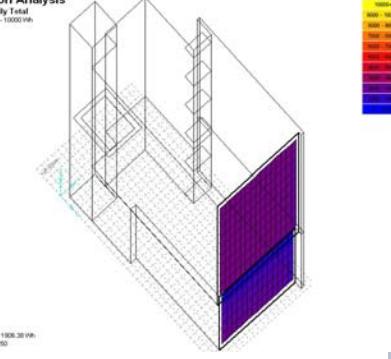
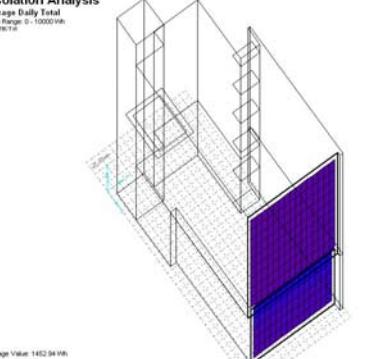
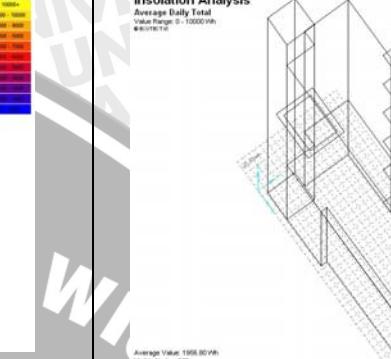
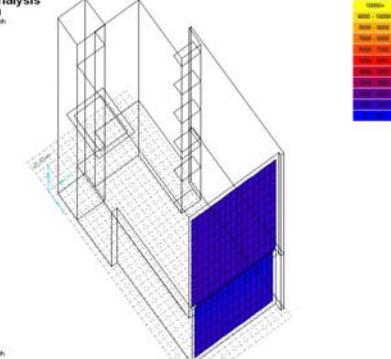
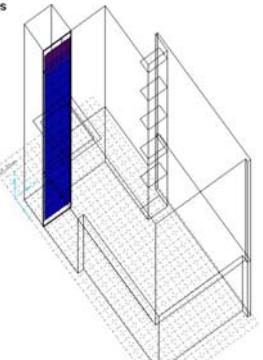
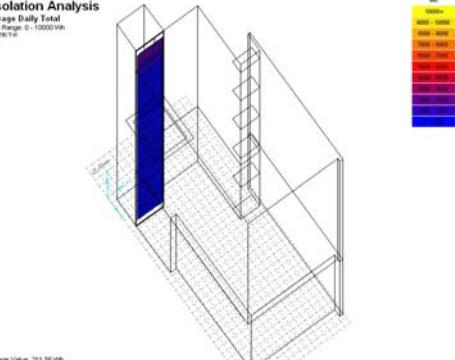
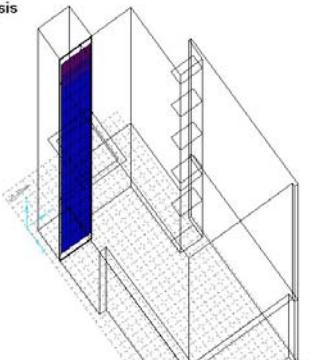
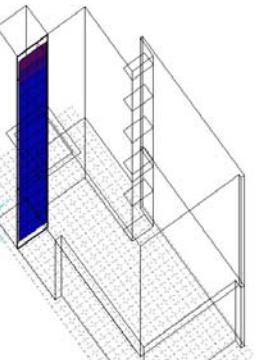
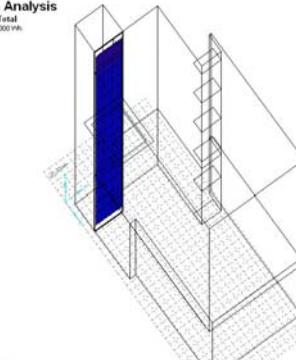
Sumber: hasil analisis, 2008

Solar Insolation pada Dinding Selatan

Dinding selatan ternaungi oleh tonjolan dari lantai atas ternyata tonjolan yang seolah menjadi shading eggcrates memberi pengaruh cukup besar pada insolation di dinding selatan 2. Dinding selatan 1 memang belum memperoleh treatment apapun sehingga nilai solar insolation dinding ini relatif besar jika dibanding dinding selatan2.

Saat matahari berada di utara, nilai solar insolation menurun drastis, namun pada saat matahari bedara di selatan, nilai solar insolation meningkat pesat.

Tabel 4.21. Simulasi Model Dasar Bank Sinar Mas Pada dinding Timur
Sumber: Hasil analisis, 2008

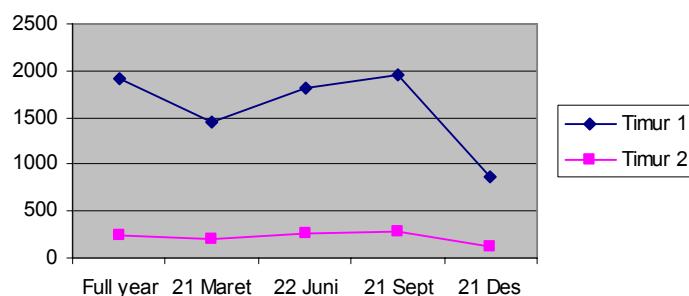
Tanggal	Sisi					
		Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Timur 1		 <p>Average Value: 1906.38 Wh Visible Nodes: 250</p>	 <p>Average Value: 1452.94 Wh Visible Nodes: 250</p>	 <p>Average Value: 1819.90 Wh Visible Nodes: 250</p>	 <p>Average Value: 1956.80 Wh Visible Nodes: 250</p>	 <p>Average Value: 857.82 Wh Visible Nodes: 250</p>
Rata-rata	1906.38 Wh	1452.94 Wh	1819.90 Wh	1956.80 Wh	857.82 Wh	
Timur 2		 <p>Average Value: 246.34 Wh Visible Nodes: 250</p>	 <p>Average Value: 211.56 Wh Visible Nodes: 250</p>	 <p>Average Value: 268.19 Wh Visible Nodes: 250</p>	 <p>Average Value: 284.81 Wh Visible Nodes: 250</p>	 <p>Average Value: 129.87 Wh Visible Nodes: 250</p>
Rata-rata	246.34 Wh	211.56 Wh	268.19 Wh	284.81 Wh	129.87 Wh	

Dinding timur menerima radiasi lebih rendah dari pada sisi yang lain. Tonjolan dinding utara 1 dapat mengurangi sedikit radiasi yang menerpa dinding ini.

Grafik 4.5. Solar Insolation Pada dinding Timur (eksisting)

Sumber: hasil analisis, 2008

Solar Insolation pada Dinding Timur

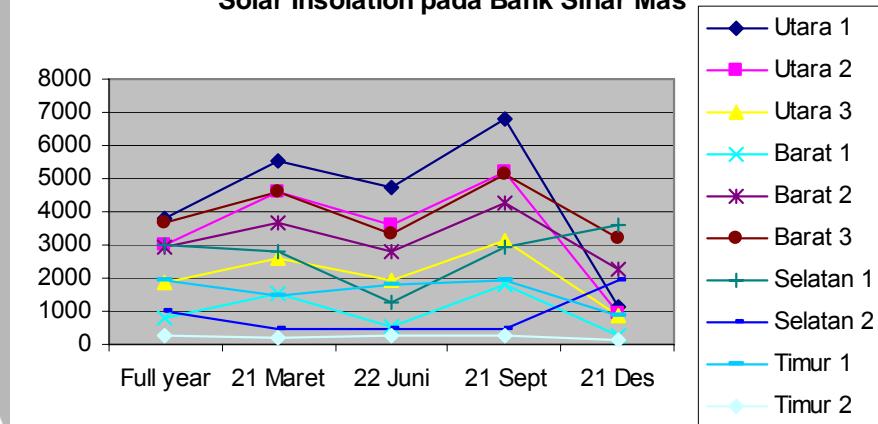


Dari keseluruhan tabel diatas dapat dibuat grafik solar insolation seperti di bawah ini

Grafik 4.6. Solar Insolation pada dinding Bank Sinar Mas (eksisting)

Sumber: Hasil Analisis, 2008

Solar Insolation pada Bank Sinar Mas



Dapat diketahui bahwa solar insolation tertinggi terdapat pada dinding utara 1, bulan september. Dinding utar dan barat memiliki nilai solar insolation lebih tinggi dari pada dinding timur dan selatan. Pada bulan Desember saat matahari berada di utara, angka solar insolation untuk dinding sebelah selatan melonjak menjadi 3577.00 Wh untuk dinding selatan 1 dan 1956.67 Wh untuk dinding selatan 2, sementara dinding utara menurun hingga 1123.19 Wh untuk dinding utara 1, 965.11 Wh untuk dinding utara 2, dan 842.94 Wh untuk dinding utara 3.

Tampak bahwa rata-rata solar insolation pada dinding utara 3 jauh lebih kecil dibanding dinding utara 1 dan utara 2 karena ecotect menghitung juga dinding dalam yang nilai solar insolationnya 0 (keterbatasan software).

Utara 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.16 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 1} &= 497.86 \\
 \text{SC} &= 0.66 \\
 \text{SF} &= 183.42 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV utara 1

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR.SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.16) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.16 \times 183.42 \\
 &= 43.723 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Utara 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.64 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 2} &= 220.95 \\
 \text{SC} &= 0.79 \\
 \text{SF} &= 183.42 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR.SF} \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.64) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.64 \times 183.42 \\
 &= 101.48 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Utara 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 3} &= 62.17 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 183.42 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 3

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR.SF} \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 183.42 \\
 &= 25.029 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 1} &= 70.02 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 229.91 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV barat 1

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR.SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 229.91 \\
 &= 28.917 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.77 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 2} &= 160.46 \\
 \text{SC} &= 0.77 \\
 \text{SF} &= 229.91 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.21
 \end{aligned}$$

OTTV barat 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR.SF} \\
 &= \{0.21 \times 3.24 (1-0.77) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.77 \times 229.91 \\
 &= 138.53 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 3} &= 118.34 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 229.91 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV barat 3

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR.SF} \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 229.91 \\
 &= 25.029 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Selatan 1a

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.22 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 1} &= 118.95 \\
 \text{SC} &= 0.42 \\
 \text{SF} &= 93.75 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1a

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}. \text{WWR}. \text{SF} \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.22) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.22 \times 93.75 \\
 &= 28.131 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$

Selatan 1b

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.37 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 1} &= 646.37 \\
 \text{SC} &= 0.63 \\
 \text{SF} &= 93.75 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1b

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}. \text{WWR}. \text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.37) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.37 \times 93.75 \\
 &= 40.19 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$

Selatan 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.15 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 2} &= 133.38 \\
 \text{SC} &= 0.66 \\
 \text{SF} &= 93.75 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}. \text{WWR}. \text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.15) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.15 \times 93.75 \\
 &= 33.792 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$

Timur 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \quad \text{W/m}^2 \\
 U &= 3.24 \quad \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.62 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{timur\ 1} &= 332.14 \\
 \text{SC} &= 0.66 \\
 \text{SF} &= 144.11 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV timur 1

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}. \text{WWR}. \text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.62) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.62 \times 144.11 \\
 &= 69.811 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$

Timur 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \quad \text{W/m}^2 \\
 U &= 3.24 \quad \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{timur\ 2} &= 12.24 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 144.11 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV timur 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}. \text{WWR}. \text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 144.11 \\
 &= 28.917 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan OTTV masing masing dinding didapat OTTV bangunan serta konversi energi sebagai berikut

OTTV Bangunan

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \{(A_{\text{utara}1} \times \text{OTTV}_{\text{utara}1}) + (A_{\text{utara}2} \times \text{OTTV}_{\text{utara}2}) + (A_{\text{utara}3} \times \text{OTTV}_{\text{utara}3}) + \\ &\quad (\text{Abarat } 1 \times \text{OTTV}_{\text{barat}1}) + (\text{Abarat } 2 \times \text{OTTV}_{\text{barat}2}) + (\text{Abarat } 3 \times \text{OTTV}_{\text{barat}3}) + \\ &\quad (\text{Asel } 1a \times \text{OTTV}_{\text{sel } 1a}) + (\text{Asel } 1b \times \text{OTTV}_{\text{sel } 1b}) + (\text{Asel } 2 \times \text{OTTV}_{\text{sel } 2}) + \\ &\quad (\text{Atim } 1 \times \text{OTTV}_{\text{tim } 1}) + (\text{Atim } 2 \times \text{OTTV}_{\text{tim } 2})\} / (\text{A semua dinding}) \end{aligned}$$

$$= 54.92526 \text{ W/m}^2$$

Beban Dingin (internal Heatgein dianggap 0)

$$\begin{aligned} &= \text{OTTV} \times \text{Luas total dinding} \\ &= 54.925 \times 2372.98 \\ &= 130331.7 \text{ Watt} \\ &= 130.3317 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Kebutuhan Daya

Listrik

$$\begin{aligned} &= 19.8 + 19.8 + 4.15 \\ &= 43.75 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Biaya listrik perbulan

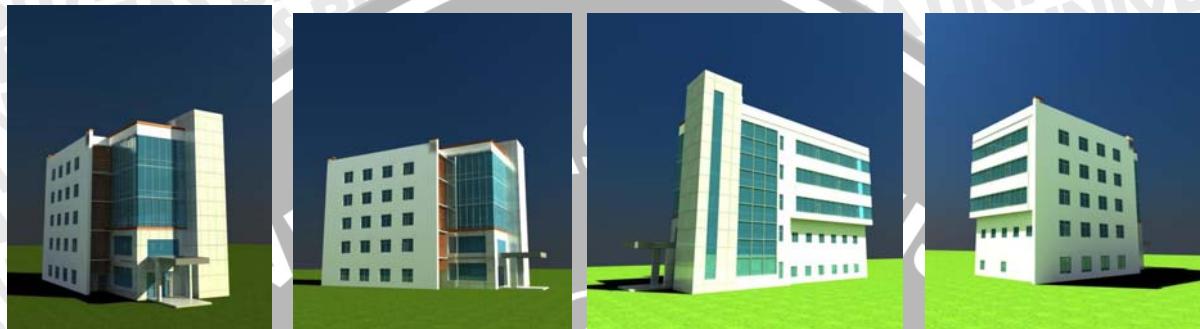
(asumsi 26 hari kerja&jam kerja 9 jam)

$$= \text{Rp } 4,095,000.00$$



4.2.2. Vertical Shading Device

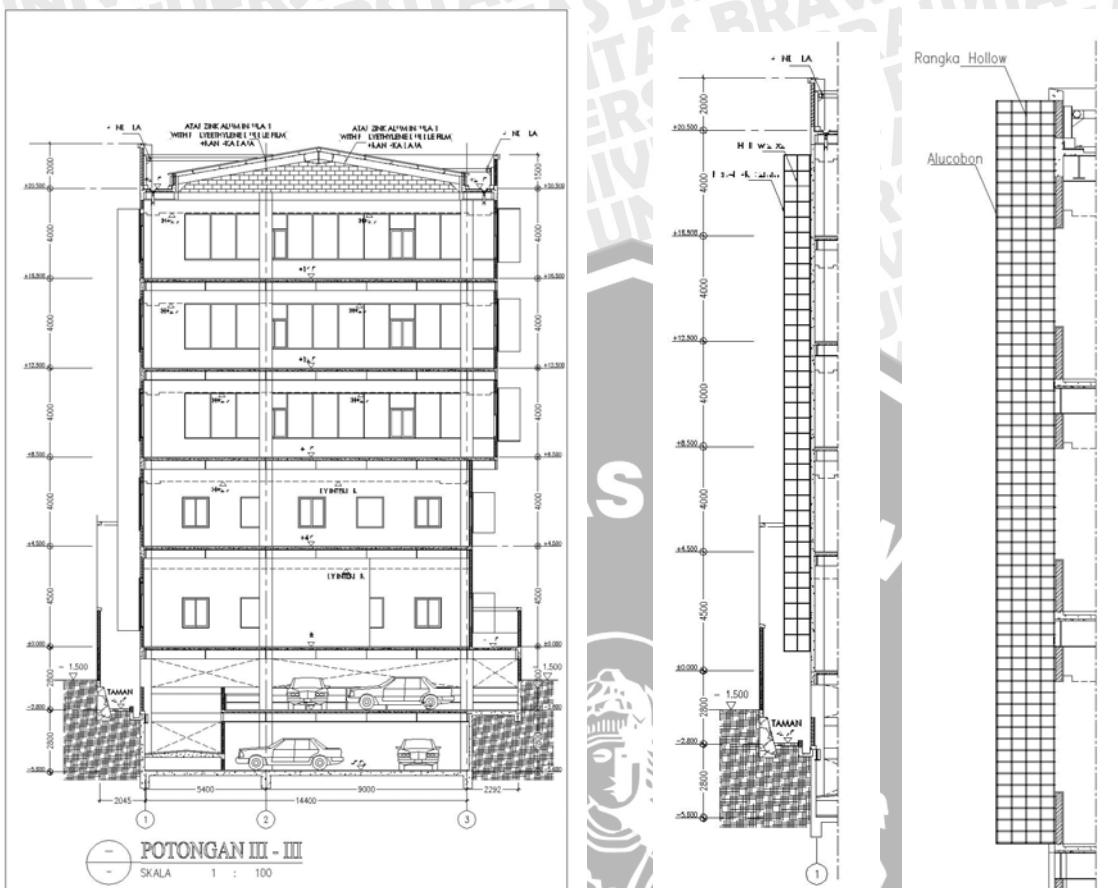
Katakan saja pilihan design kedua ini adalah model A2. model A2 ini merupakan aplikasi vertical shading yang memanfaatkan kolom praktis di setiap tepi jendela, telah dijelaskan di sub bab sebelumnya mengenai hal ini. Untuk dinding finishing cat, digunakan hollow dan papan GRC untuk shading, sedangkan untuk dinding yang dilapis cladding aluminium, shading dibungkus dengan panel alucobon. Detail dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 4.31. Kondisi eksisting Bank Sinar Mas
Sumber: doc. Pribadi, 2008

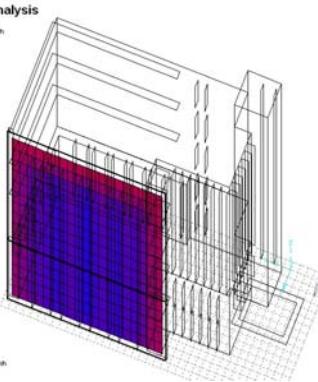
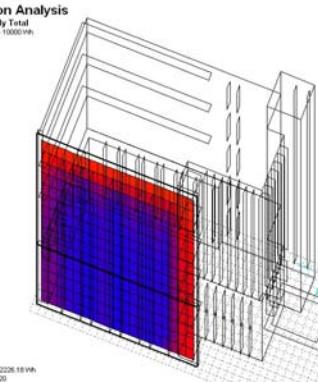
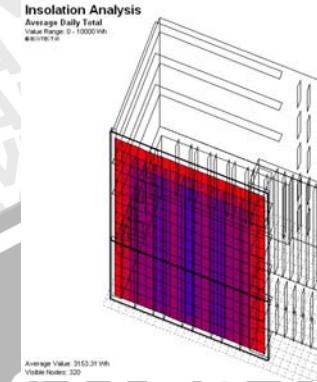
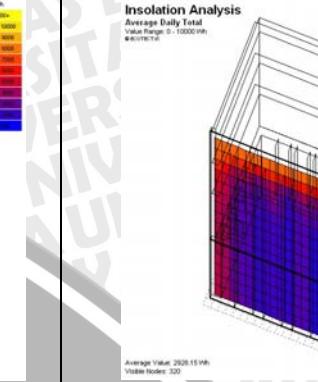
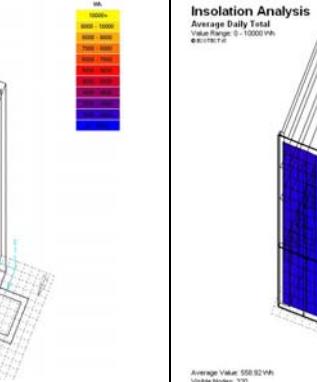
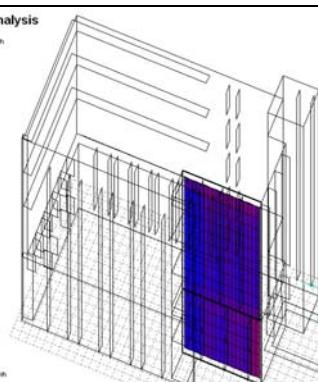
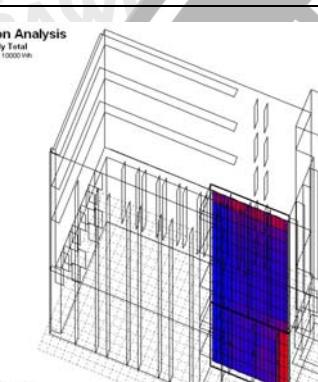
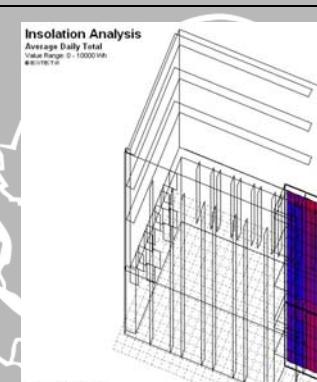
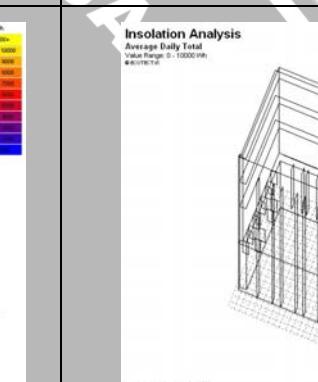
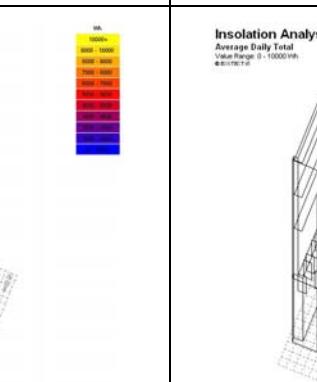
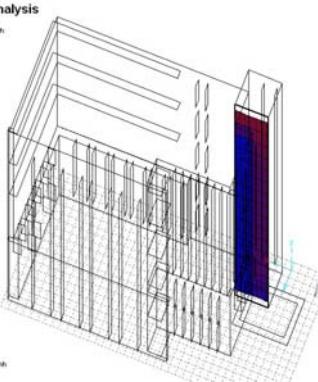
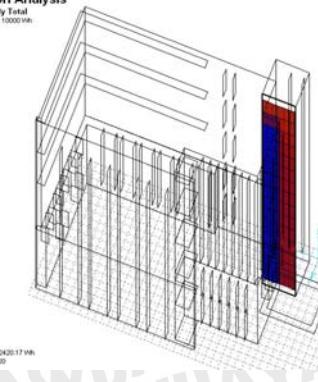
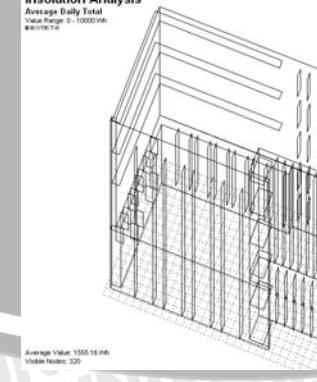
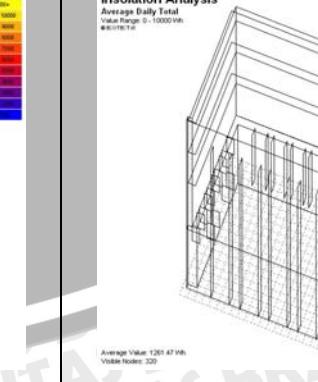
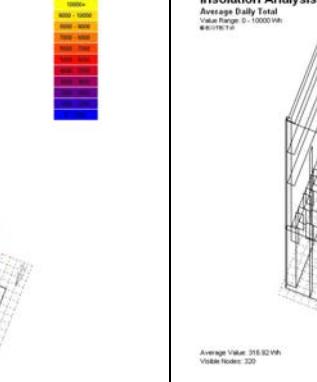


Gambar 4.32. model A2 Bank Sinar Mas
Sumber: doc. Pribadi, 2008



Gambar 4.33. Pot Parsial model A2
Sumber: doc. Pribadi, 2008

Tabel 4.24. Simulasi Model A2 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara
Sumber: Hasil analisis, 2008

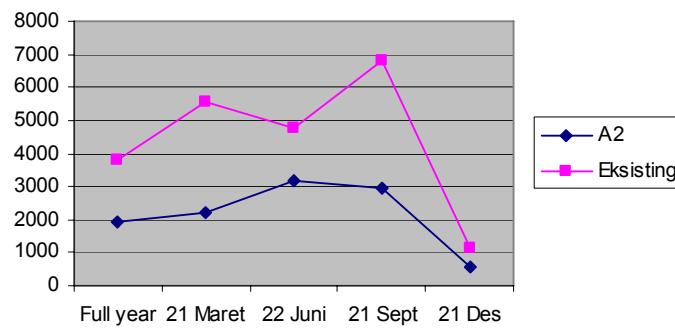
Tanggal	Sisi				
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Utara 1					
Rata-rata	1919.30 Wh	2226.18 Wh	3153.31 Wh	2928.15 Wh	558.92 Wh
selisih	1898.65 Wh	3306.03 Wh	158.78 Wh	3885.4 Wh	564.27 Wh
Utara 2					
Rata-rata	1267.85 Wh	1247.71 Wh	2308.03 Wh	1708.15 Wh	388.45 Wh
selisih	1702.11 Wh	3372.78 Wh	1307.09 Wh	3501.23 Wh	576.66 Wh
Utara 3					
Rata-rata	1268.04 Wh	2420.17 Wh	1555.16 Wh	1261.47 Wh	316.92 Wh
selisih	597.1 Wh	204.87 Wh	394.99 Wh	856.26 Wh	556.02 Wh

Gb. 4.28. Detail Tampak selatan (model A2)
Sumber: Pribadi, 2008

Grafik 4.12. Perbandingan solar insolation eksisting dan model

A2 pada dinding utara 1

Sumber: hasil analisis, 2008

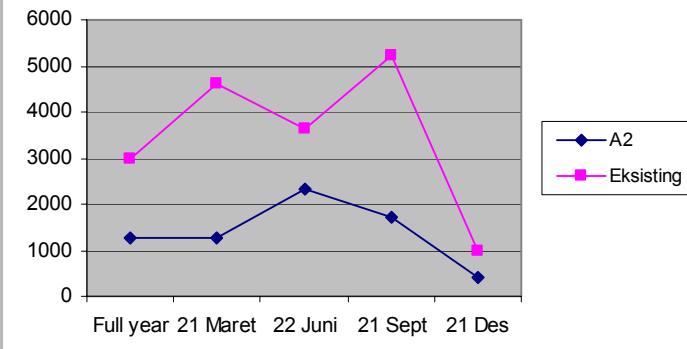
Perbandingan Solar Insolation Dinding Utara 1

Penambahan shading eksternal vertikal pada dinding utara 1 juga dapat memberi pengaruh yang cukup besar pada solar insolation dinding tersebut hampir sama dengan shading horizontal, ketika matahari lebih condong ke utara, pembayangan oleh shading vertikal selebar 1m tidak mampu membayangi secara optimal (simulasi bulan juni).

Grafik 4.13. Perbandingan solar insolation eksisting dan model

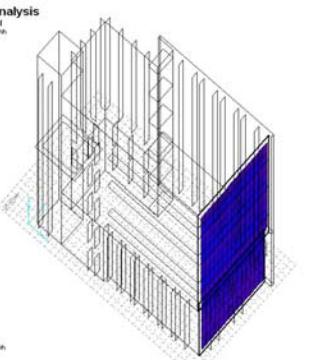
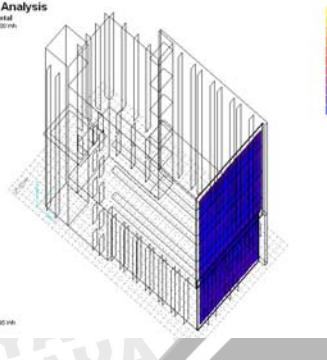
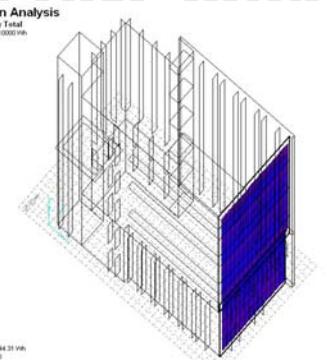
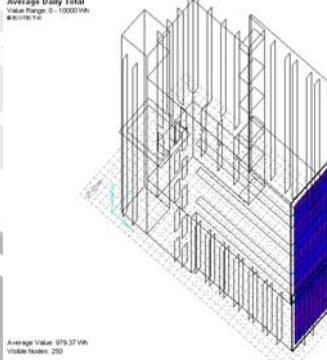
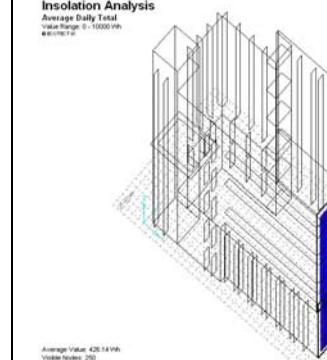
A2 pada dinding utara 2

Sumber: hasil analisis, 2008

Perbandingan Solar Insolation Dinding Utara 2

Pada dinding utara 2 dalam model A2, J11 mendapat banyak tambahan shading sehingga solar insolation untuk dinding sisi ini turun banyak.

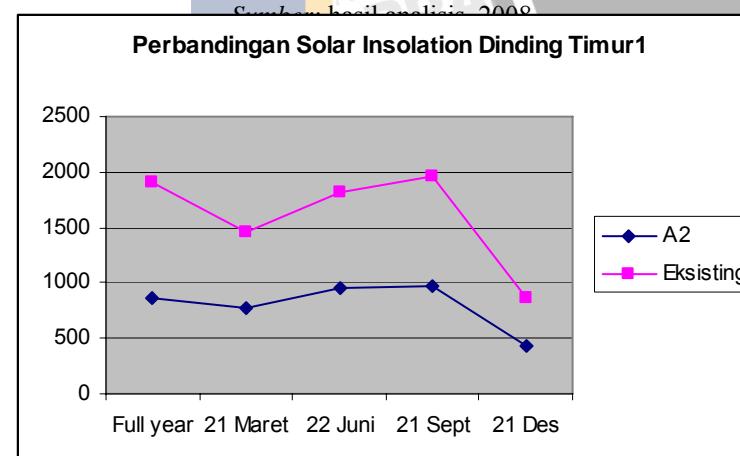
Tabel 4.25 Simulasi Model A1 Bank Sinar Mas Pada dinding Timur
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Sisi				
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Timur 1					
Rata-rata	867.24 Wh	780.95 Wh	944.31 Wh	979.37 Wh	426.14 Wh
Selisih	1039.64 Wh	671.99 Wh	875.59 Wh	977.43 Wh	431.68 Wh

Treatment yang diberikan pada dinding timur dapat menurunkan angka solar insolation lebih banyak dari pada model A1. Sebenarnya dinding timur untuk bagian atas (lantai 2s/d 4) sama saja dengan dinding timur bagian atas karena dari kondisi jendela yang ada, tidak mungkin memberikan shading vertikal. Jendela ini merupakan jendela sudut panjang yang tidak bisa disekat-sekat. Sehingga tidak mungkin meletakkan shading vertikal. Maka dari itu, jendela tersebut tetap dinaungi oleh shading horizontal.

Shading vertikal pada sisi bawah (lantai dasar s/d lantai 1), memberi pengaruh lebih besar karena posisi dinding ini yang sedikit menjorok ke dalam sudah merupakan shading dan memiliki pengaruh pada solar radiation yang sampai pada permukaan.

Grafik 4.14. Perbandingan solar insolation eksisting dan model A2 pada dinding utara 2
C. Analisis 2008



Utara 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0.16 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 1} &= 497.86 \\
 SC &= 0.66 \\
 SF &= 114.25 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV utara 1

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.16) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.16 \times 114.25 \\
 &= 36.387 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Utara 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0.64 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 2} &= 220.95 \\
 SC &= 0.79 \\
 SF &= 114.25 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 2

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.64) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.64 \times 114.25 \\
 &= 66.627 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Utara 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 3} &= 62.17 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 114.25 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 3

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} +
 \end{aligned}$$

Barat 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 1} &= 70.02 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 218.6 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV barat 1

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + \\
 &\quad SC.WWR.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 218.6 \\
 &= 28.92 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Barat 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0.77 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 2} &= 160.46 \\
 SC &= 0.77 \\
 SF &= 218.6 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.21
 \end{aligned}$$

OTTV barat 2

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + \\
 &\quad SC.WWR.SF \\
 &= \{0.21 \times 3.24 (1-0.77) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.77 \times 218.6 \\
 &= 131.8 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Barat 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 3} &= 118.34 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 218.6 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV barat 3

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + \\
 &\quad SC.WWR.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} +
 \end{aligned}$$

Selatan 1a	$\alpha_w = 0.12$ $\alpha_p = 0.91$ $U = 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ $WWR = 0.22$ $\Delta T_{eq} = 15$ $A_{sel\ 1} = 118.95$ $SC = 0.42$ $SF = 47.59 \text{ W/m}^2$ $\alpha = 0.515$	$0 \times 0 \times 114.25 = 25.029 \text{ W/m}^2$	Timur 1	$\alpha_w = 0.89$ $\alpha_p = 0.3$ $U = 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ $WWR = 0.62$ $\Delta T_{eq} = 15$ $A_{timur\ 1} = 332.14$ $SC = 0.66$ $SF = 113.4 \text{ W/m}^2$ $\alpha = 0.595$	$0 \times 0 \times 218.6 = 25.03 \text{ W/m}^2$
OTTV selatan 1a	$\text{OTTV} = \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF$ $= \{0.515 \times 3.24 (1-0.22) \times 15\} +$ $0.94 \times 0.22 \times 47.59$ $= 23.939 \text{ W/m}^2$	OTTV timur 1	$\text{OTTV} = \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF$ $= \{0.595 \times 3.24 (1-0.62) \times 15\} +$ $0.94 \times 0.62 \times 113.4$ $= 57.31 \text{ W/m}^2$		
Selatan 1b	$\alpha_w = 0.89$ $\alpha_p = 0.3$ $U = 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ $WWR = 0.37$ $\Delta T_{eq} = 15$ $A_{sel\ 1} = 646.37$ $SC = 0.63$ $SF = 47.59 \text{ W/m}^2$ $\alpha = 0.595$	OTTV	Timur 2	$\alpha_w = 0.89$ $\alpha_p = 0.3$ $U = 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ $WWR = 0$ $\Delta T_{eq} = 15$ $A_{timur\ 2} = 12.24$ $SC = 0$ $SF = 113.4 \text{ W/m}^2$ $\alpha = 0.595$	
OTTV selatan 1b	$\text{OTTV} = \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF$ $= \{0.595 \times 3.24 (1-0.37) \times 15\} +$ $0.94 \times 0.37 \times 47.59$ $= 29.37 \text{ W/m}^2$	OTTV	OTTV timur 2	$\text{OTTV} = \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF$ $= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} +$ $0 \times 0 \times 113.4$ $= 28.92 \text{ W/m}^2$	
Selatan 2	$\alpha_w = 0.89$ $\alpha_p = 0.3$ $U = 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ $WWR = 0.15$ $\Delta T_{eq} = 15$ $A_{sel\ 2} = 133.38$ $SC = 0.66$ $SF = 47.59 \text{ W/m}^2$ $\alpha = 0.595$	OTTV			
OTTV selatan 2	$\text{OTTV} = \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF$ $= \{0.595 \times 3.24 (1-0.15) \times 15\} +$				

$$\begin{aligned} & 0.94 \times 0.15 \times 47.59 \\ & = 29.286 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Bangunan

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \{(A_{utara1} \times \text{OTTV}_{utara1}) + (A_{utara2} \times \text{OTTV}_{utara2}) + (A_{utara3} \times \text{OTTV}_{utara3}) + \\ &\quad (\text{Abarat 1} \times \text{OTTVbarat1}) + (\text{Abarat2} \times \text{OTTVbarat2}) + (\text{Abarat3} \times \text{OTTVbarat3}) + \\ &\quad (\text{Asel 1a} \times \text{OTTVsel 1a}) + (\text{Asel 1b} \times \text{OTTVsel 1b}) + (\text{Asel 2} \times \text{OTTVsel 2}) + \\ &\quad (\text{Atim 1} \times \text{OTTVtim 1}) + (\text{Atim 2} \times \text{OTTVtim 2})\} / (\text{A semua dinding}) \\ &= 44.528 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Dingin (internal Heatgein dianggap 0)

$$\begin{aligned} &= \text{OTTV} \times \text{Luas total dinding} \\ &= 44.528 \times 2372.98 \\ &= 105660 \text{ Watt} \\ &= 105.66 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Kebutuhan Daya Listrik

$$\begin{aligned} &= 7.5 + 7.5 + 19.8 \\ &= 34.8 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Selisih Kebutuhan Daya

$$= 8.95 \text{ kWh}$$

Biaya listrik perbulan

$$\begin{aligned} &(\text{asumsi 26 hari kerja & jam kerja 9 jam}) \\ &= \text{Rp } 3,257,280.00 \end{aligned}$$



4.2.3. Aplikasi Eggcrates

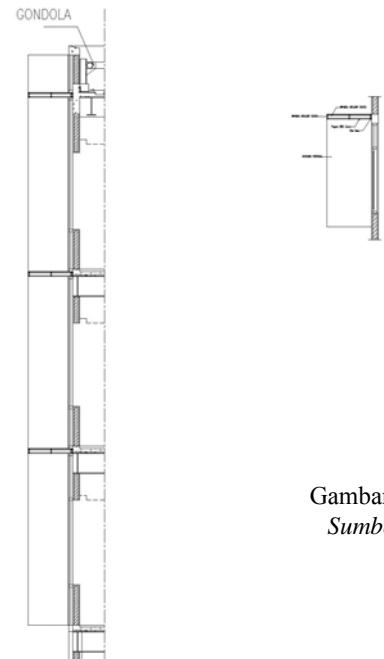
Eggcrates merupakan gabungan antara shading vertikal dan shading horizontal sebut saja ini adalah model A3 yang berupa gabungan antara A1 dan A2. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.26. Kondisi eksisting Bank Sinar Mas
Sumber: doc. Pribadi, 2008

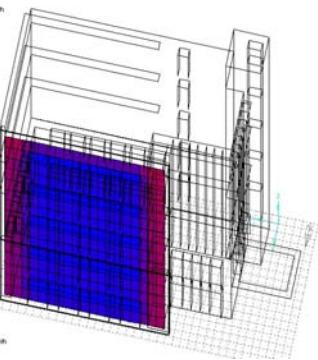
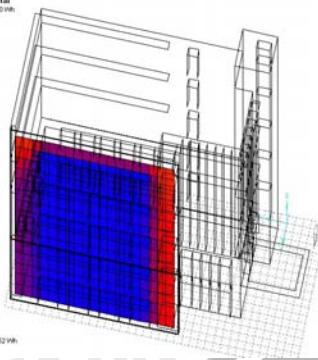
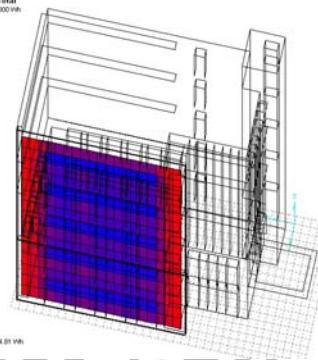
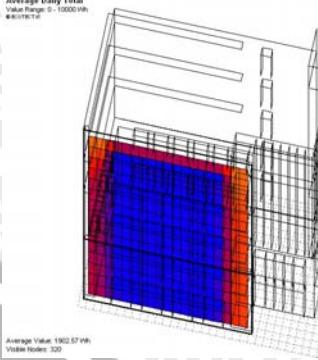
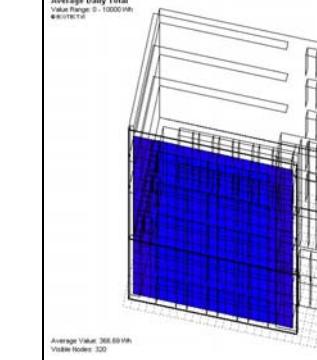
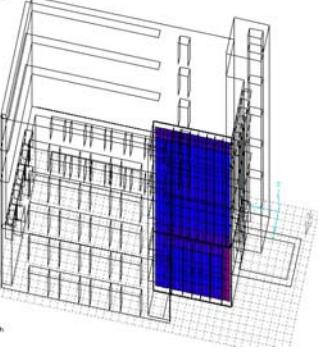
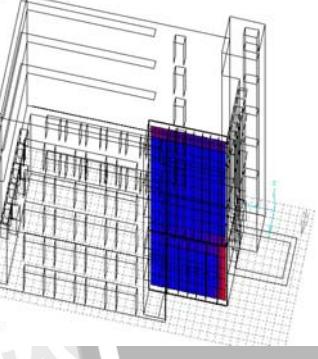
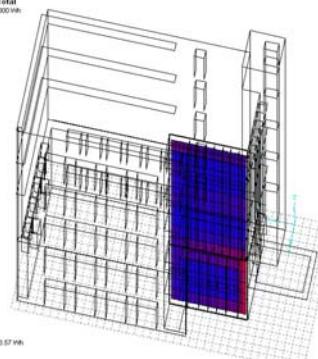
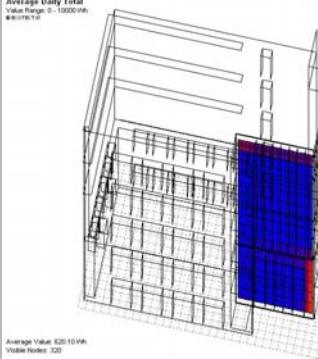
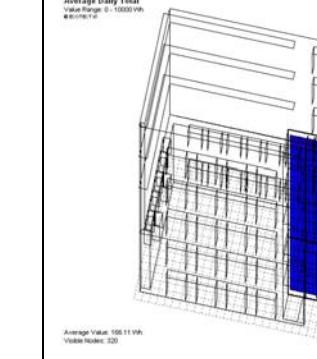


Gambar 4.27. model A3 Bank Sinar Mas
Sumber: doc. Pribadi, 2008



Gambar 4.28. Detail model A3
Sumber: doc. Pribadi, 2008

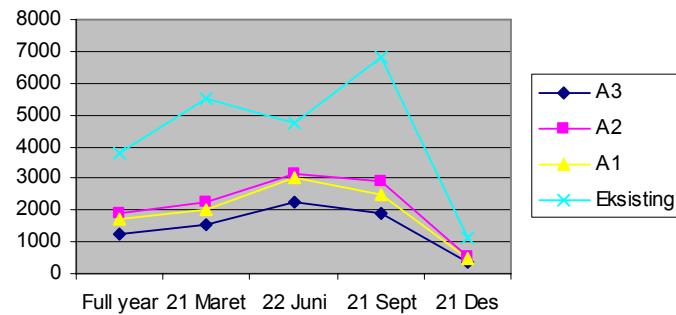
Tabel 4.29. Simulasi Model A3 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Sisi				
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Utara 1					
Rata-rata	1250.39 Wh	1520.52 Wh	2244.81 Wh	1902.57 Wh	366.69 Wh
selisih	2567.56 Wh	4011.69 Wh	2493.28 Wh	4910.98 Wh	756.5 Wh
Utara 2					
Rata-rata	547.80 Wh	519.55 Wh	1143.57 Wh	620.10 Wh	166.11 Wh
selisih	2422.16 Wh	4100.95 Wh	2475.55 Wh	4589.28 Wh	799 Wh

Grafik 4.15. Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1, A2

dan A3 pada dinding utara 1

Sumber: hasil analisis, 2008

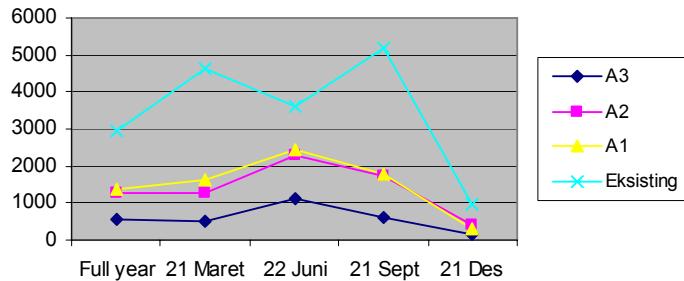
Perbandingan Solar Insolation Dinding Utara 1

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa model A3 memiliki nilai solar insolation terendah dibanding model A1 dan A2.

Grafik 4.16. Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1, A2

dan A3 pada dinding utara 2

Sumber: hasil analisis, 2008

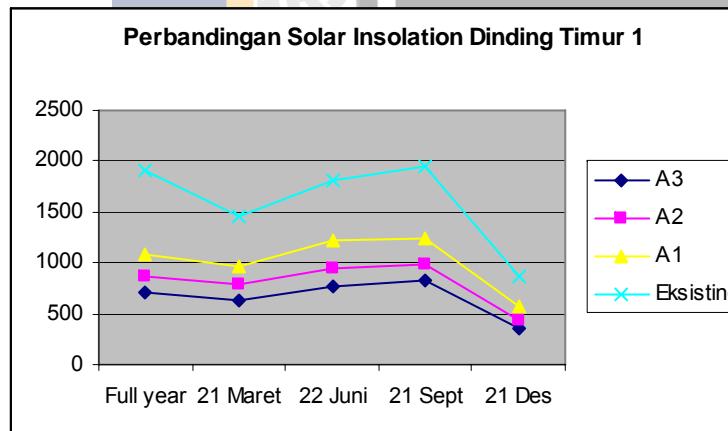
Perbandingan Solar Insolation Dinding Utara 2

Berdasarkan grafik yang ada, untuk dinding utara, dapat disimpulkan bahwa shading vertical, horizontal maupun eggerate mampu menurunkan nilai solar insolation di setiap design day, namun performance shading untuk menghalangi radiasi matahari saat bulan juni tidak sehebat bulan-bulan lain. Untuk meningkatkan performance shading, dapat diberi panel vertikal di ujung shading horizontal.

Tabel 4.30. Simulasi Model A1 Bank Sinar Mas Pada dinding Timur
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Sisi				
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Timur 1					
Rata-rata	709.05 Wh	628.53 Wh	772.47 Wh	817.64 Wh	350.68 Wh
Selisih	1197.33 Wh	824.41 Wh	1047.43 Wh	1139.16 Wh	507.14 Wh

Grafik 4.17. Perbandingan solar insolation eksisting dan model A1, A2 dan A3 pada dinding timur 1
Sumber: hasil analisis, 2008



Seperti halnya dinding utara, Shading yang paling efektif untuk menurunkan nilai solar insolation adalah eggcrate, namun untuk dinding ini, nilai solar insolation tertinggi adalah bulan september karena pada bulan september radiasi matahari menunjukkan angka terbesar (telah disebutkan dalam sub bab sebelumnya).

Utara 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0.16 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 1} &= 497.86 \\
 SC &= 0.66 \\
 SF &= 52.68 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV utara 1

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.16) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.16 \times 52.68 \\
 &= 29.857 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Utara 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0.64 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 2} &= 220.95 \\
 SC &= 0.79 \\
 SF &= 52.68 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 2

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.64) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.64 \times 52.68 \\
 &= 35.608 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Utara 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 3} &= 62.17 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 52.68 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 3

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 52.68
 \end{aligned}$$

Barat 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 1} &= 70.02 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 149.37 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV barat 1

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + \\
 &\quad SC.WWR.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 149.37 \\
 &= 28.917 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Barat 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0.77 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 2} &= 160.46 \\
 SC &= 0.77 \\
 SF &= 149.37 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.21
 \end{aligned}$$

OTTV barat 2

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + \\
 &\quad SC.WWR.SF \\
 &= \{0.21 \times 3.24 (1-0.77) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.77 \times 149.37 \\
 &= 90.811 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Barat 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 3} &= 118.34 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 149.37 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV barat 3

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + \\
 &\quad SC.WWR.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 149.37
 \end{aligned}$$

Selatan 1a

$$\begin{aligned} &= 25.029 \text{ W/m}^2 \\ \alpha_w &= 0.12 \\ \alpha_p &= 0.91 \\ U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\ WWR &= 0.22 \\ \Delta T_{eq} &= 15 \\ A_{sel\ 1} &= 118.95 \\ SC &= 0.42 \\ SF &= 76.18 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.515 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1a

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha \cdot U(1-WWR) \cdot \Delta T_{eq} + SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.22) \times 15\} + \\ &\quad 0.94 \times 0.22 \times 76.18 \\ &= 26.536 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Timur 1

$$\begin{aligned} &= 25.029 \text{ W/m}^2 \\ \alpha_w &= 0.89 \\ \alpha_p &= 0.3 \\ U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\ WWR &= 0.62 \\ \Delta T_{eq} &= 15 \\ A_{timur\ 1} &= 332.14 \\ SC &= 0.66 \\ SF &= 87.87 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.595 \end{aligned}$$

OTTV timur 1

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha \cdot U(1-WWR) \cdot \Delta T_{eq} + \\ &\quad SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.62) \times 15\} + \\ &\quad 0.94 \times 0.62 \times 87.87 \\ &= 46.88 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Selatan 1b

$$\begin{aligned} \alpha_w &= 0.89 \\ \alpha_p &= 0.3 \\ U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\ WWR &= 0.37 \\ \Delta T_{eq} &= 15 \\ A_{sel\ 1} &= 646.37 \\ SC &= 0.63 \\ SF &= 76.18 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.595 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1b

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha \cdot U(1-WWR) \cdot \Delta T_{eq} + SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.37) \times 15\} + \\ &\quad 0.94 \times 0.37 \times 76.18 \\ &= 36.071 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Timur 2

$$\begin{aligned} \alpha_w &= 0.89 \\ \alpha_p &= 0.3 \\ U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\ WWR &= 0 \\ \Delta T_{eq} &= 15 \\ A_{timur\ 2} &= 12.24 \\ SC &= 0 \\ SF &= 87.87 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.595 \end{aligned}$$

OTTV timur 2

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha \cdot U(1-WWR) \cdot \Delta T_{eq} + \\ &\quad SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\ &\quad 0 \times 0 \times 87.87 \\ &= 28.917 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Selatan 2

$$\begin{aligned} \alpha_w &= 0.89 \\ \alpha_p &= 0.3 \\ U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\ WWR &= 0.15 \\ \Delta T_{eq} &= 15 \\ A_{sel\ 2} &= 133.38 \\ SC &= 0.66 \\ SF &= 76.18 \text{ W/m}^2 \\ \alpha &= 0.595 \end{aligned}$$

OTTV selatan 2

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \alpha \cdot U(1-WWR) \cdot \Delta T_{eq} + SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.15) \times 15\} + \\ &\quad 0.94 \times 0.15 \times 76.18 \\ &= 32.077 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

OTTV Bangunan

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \{(A_{utara1} \times \text{OTTV}_{utara1}) + (A_{utara2} \times \text{OTTV}_{utara2}) + (A_{utara3} \times \text{OTTV}_{utara3}) + \\ &\quad (A_{barat1} \times \text{OTTV}_{barat1}) + (A_{barat2} \times \text{OTTV}_{barat2}) + (A_{barat3} \times \text{OTTV}_{barat3}) \\ &\quad + \\ &\quad (\text{Asel 1a} \times \text{OTTVsel 1a}) + (\text{Asel 1b} \times \text{OTTVsel 1b}) + (\text{Asel 2} \times \text{OTTVsel 2}) + \\ &\quad (\text{Atim 1} \times \text{OTTVtim 1}) + (\text{Atim 2} \times \text{OTTVtim 2})\} / (\text{A semua dinding}) \\ &= 38.148 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Dingin (internal Heatgen dianggap 0)

$$\begin{aligned} &= \text{OTTV} \times \text{Luas total dinding} \\ &= 38.14 \times 2372.98 \\ &= 90522 \text{ Watt} \\ &= 90.522 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Kebutuhan Daya Listrik

$$\begin{aligned} &= 2 \times 14.9 \\ &= 29.8 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Selisih Kebutuhan Daya

$$= 13.95 \text{ kWh}$$

Biaya listrik perbulan

$$\begin{aligned} &(\text{asumsi 26 hari kerja & jam kerja 9 jam}) \\ &= \text{Rp}2,789,280.00 \end{aligned}$$



4.3. Aplikasi Eggrates Dipadukan Dengan Secondary Skin

Model yang muncul berikutnya adalah aplikasi shading eggrates (sama dengan model sebelumnya, A3) yang digambarkan dengan secondary skin berupa kisi hollow 40x40, setiap kisi berjarak 20cm. Kisi hollow ini dipasang pada dinding sisi utara1, mengingat sisi utara adalah sisi yang memiliki insolation terbesar dan sisi utara 1 memungkinkan untuk ditambah treatment. Penggunaan shading eggrates berdasarkan pada analisa awal di bab IV dan penggunaan secondary skin berdasarkan kondisi eksisting. Pada kondisi eksisting, di dinding barat 1 terdapat secondary skin berupa kisi hollow.

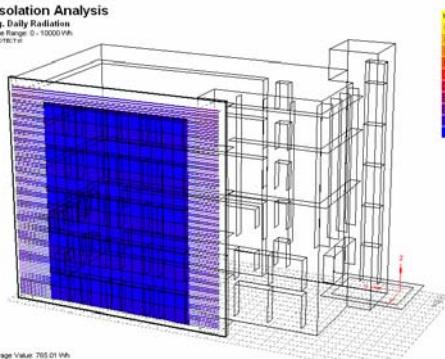
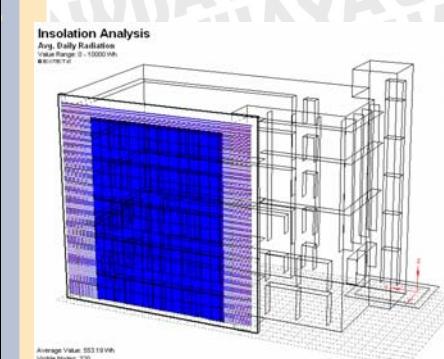
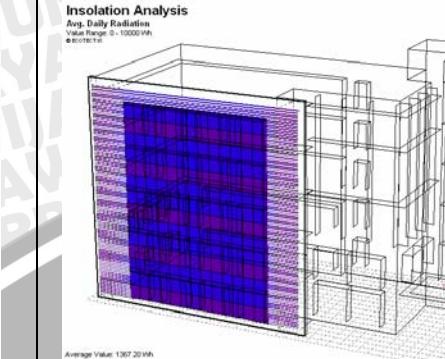
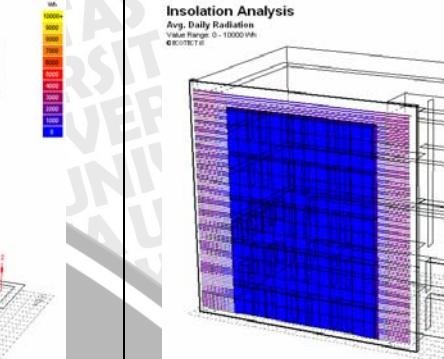
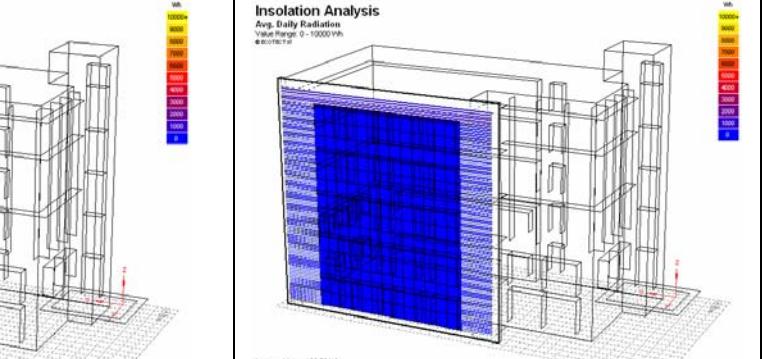
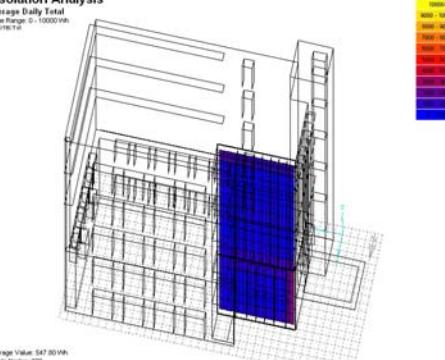
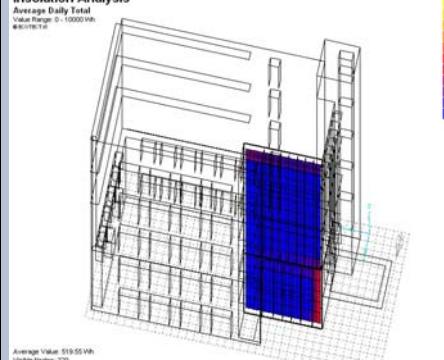
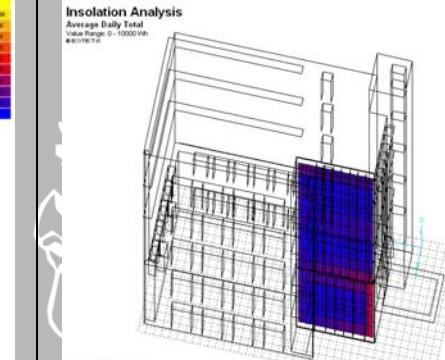
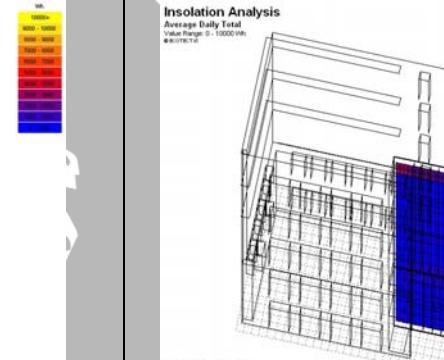
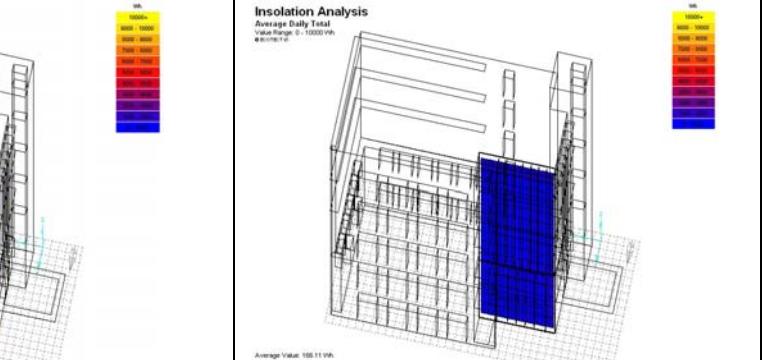


Gambar 4.34. Kondisi eksisting Bank Sinar Mas
Sumber: doc. Pribadi, 2008



Gambar 4.35. model AB Bank Sinar Mas
Sumber: doc. Pribadi, 2008

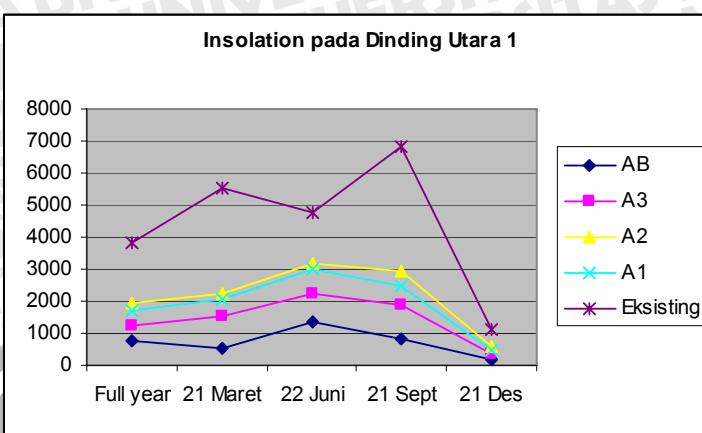
Tabel 4.31. Simulasi Model AB Bank Sinar Mas Pada dinding Utara
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Sisi				
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Utara 1					
Rata-rata	765.01 Wh	553.19 Wh	1367.20 Wh	808.28 Wh	189.72 Wh
selisih	3052.94 Wh	4979.02 Wh	3370.89 Wh	6005.27 Wh	933.47 Wh
Utara 2					
Rata-rata	547.80 Wh	519.55 Wh	1143.57 Wh	620.10 Wh	166.11 Wh
selisih	2422.16 Wh	4100.95 Wh	2475.55 Wh	4589.28 Wh	799 Wh

Grafik 4.18. Perbandingan solar insolation eksisting dan model AB pada

dinding utara 1

Sumber: hasil analisis, 2008



Dapat dilihat pada grafik bahwa penurunan nilai insolation terendah adalah pada treatment AB. Untuk pembuktian lebih dalam dapat dilihat pada perhitungan OTTV di halaman setelah ini.

Untuk dinding utara 2 dan yang lain tidak dibandingkan dalam grafik karena pada model AB ini yang berbeda hanyalah dinding utara 1, dinding utara 2 dan utara 3 tidak mungkin diberi secondary skin karena dinding ini terbungkus oleh finishing clading aluminium.

Utara 1

α_w	=	0.89
α_p	=	0.3
U	=	3.24 W/m ² °C
WWR	=	0.16
ΔT_{eq}	=	15
A _{utara 1}	=	497.86
SC	=	0.66
SF	=	46.77 W/m ²
α	=	0.595

OTTV utara 1

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha \cdot U \cdot (1 - WWR) \cdot \Delta T_{eq} + SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 \times (1 - 0.16) \times 15\} + \\ &\quad 0.94 \times 0.16 \times 46.77 \\ &= 29.231 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Utara 2

α_w	=	0.12
α_p	=	0.91
U	=	3.24 W/m ² °C
WWR	=	0.64
ΔT_{eq}	=	15
A _{utara 2}	=	220.95
SC	=	0.79
SF	=	46.77 W/m ²
α	=	0.515

OTTV utara 2

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha \cdot U \cdot (1 - WWR) \cdot \Delta T_{eq} + SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.515 \times 3.24 \times (1 - 0.64) \times 15\} + \\ &\quad 0.94 \times 0.64 \times 46.77 \\ &= 32.63 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Utara 3

α_w	=	0.12
α_p	=	0.91
U	=	3.24 W/m ² °C
WWR	=	0
ΔT_{eq}	=	15
A _{utara 3}	=	62.17
SC	=	0
SF	=	46.77 W/m ²
α	=	0.515

OTTV utara 3

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha \cdot U \cdot (1 - WWR) \cdot \Delta T_{eq} + SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.515 \times 3.24 \times (1 - 0) \times 15\} + \\ &\quad 0 \times 0 \times 46.77 \\ &= 25.029 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Barat 1

α_w	=	0.89
α_p	=	0.3
U	=	3.24 W/m ² °C
WWR	=	0
ΔT_{eq}	=	15
A _{barat 1}	=	70.02
SC	=	0
SF	=	119.17 W/m ²
α	=	0.595

OTTV barat 1

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha \cdot U \cdot (1 - WWR) \cdot \Delta T_{eq} + SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 \times (1 - 0) \times 15\} + \\ &\quad 0 \times 0 \times 119.17 \\ &= 28.917 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Barat 2

α_w	=	0.12
α_p	=	0.3
U	=	3.24 W/m ² °C
WWR	=	0.77
ΔT_{eq}	=	15
A _{barat 2}	=	160.46
SC	=	0.77
SF	=	119.17 W/m ²
α	=	0.21

OTTV barat 2

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha \cdot U \cdot (1 - WWR) \cdot \Delta T_{eq} + SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.21 \times 3.24 \times (1 - 0.77) \times 15\} + \\ &\quad 0.94 \times 0.77 \times 118.17 \\ &= 72.919 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Barat 3

α_w	=	0.12
α_p	=	0.91
U	=	3.24 W/m ² °C
WWR	=	0
ΔT_{eq}	=	15
A _{barat 3}	=	118.34
SC	=	0
SF	=	119.17 W/m ²
α	=	0.515

OTTV barat 3

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha \cdot U \cdot (1 - WWR) \cdot \Delta T_{eq} + SC \cdot WWR \cdot SF \\ &= \{0.515 \times 3.24 \times (1 - 0) \times 15\} + \\ &\quad 0 \times 0 \times 119.17 \\ &= 25.029 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Selatan 1a

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0.22 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 1} &= 118.95 \\
 SC &= 0.42 \\
 SF &= 76.18 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1a

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.22) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.22 \times 76.18 \\
 &= 26.536 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Selatan 1b

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0.37 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 1} &= 646.37 \\
 SC &= 0.63 \\
 SF &= 76.18 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1b

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.37) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.37 \times 76.18 \\
 &= 36.071 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Selatan 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0.15 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 2} &= 133.38 \\
 SC &= 0.66 \\
 SF &= 76.18 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 2

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.15) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.15 \times 76.18 \\
 &= 32.077 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Timur 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0.62 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{timur\ 1} &= 332.14 \\
 SC &= 0.66 \\
 SF &= 87.87 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV timur 1

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.62) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.62 \times 87.87 \\
 &= 46.88 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Timur 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 ^\circ C \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{timur\ 2} &= 12.24 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 87.87 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV timur 2

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 87.87 \\
 &= 28.917 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

OTTV Bangunan

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \{(A_{\text{utara}1} \times \text{OTTV}_{\text{utara}1}) + (A_{\text{utara}2} \times \text{OTTV}_{\text{utara}2}) + (A_{\text{utara}3} \times \text{OTTV}_{\text{utara}3}) + \\ &\quad (\text{Abarat } 1 \times \text{OTTV}_{\text{barat}1}) + (\text{Abarat } 2 \times \text{OTTV}_{\text{barat}2}) + (\text{Abarat } 3 \times \text{OTTV}_{\text{barat}3}) \\ &\quad + \\ &\quad (\text{Asel } 1a \times \text{OTTV}_{\text{sel } 1a}) + (\text{Asel } 1b \times \text{OTTV}_{\text{sel } 1b}) + (\text{Asel } 2 \times \text{OTTV}_{\text{sel } 2}) + \\ &\quad (\text{Atim } 1 \times \text{OTTV}_{\text{tim } 1}) + (\text{Atim } 2 \times \text{OTTV}_{\text{tim } 2})\} / (\text{A semua dinding}) \\ &= 36.53 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Dingin (internal Heatgein dianggap 0)

$$\begin{aligned} &= \text{OTTV} \times \text{Luas total dinding} \\ &= 38.14 \times 2372.98 \\ &= 86681 \text{ Watt} \\ &= 86.681 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Kebutuhan Daya Listrik

$$\begin{aligned} &= 4 \times 7.4 \\ &= 29.6 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Selisih Kebutuhan Daya

$$= 14.15 \text{ kWh}$$

Biaya listrik perbulan

(asumsi 26 hari kerja&jam kerja 9 jam)
= Rp2,770,560.00

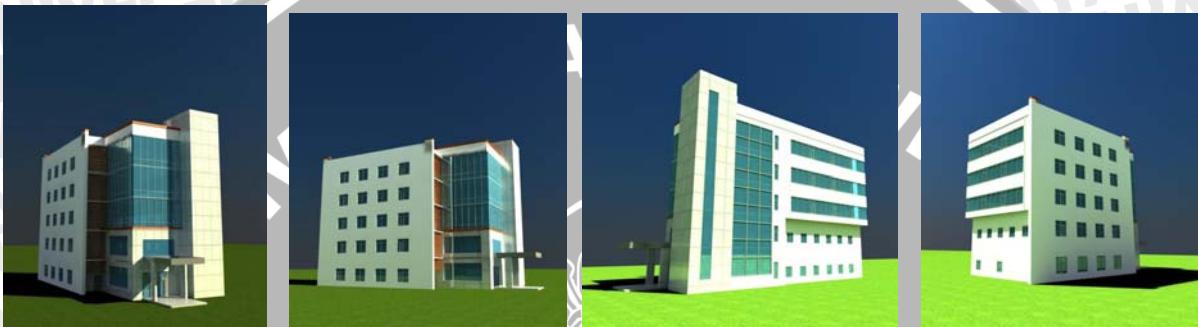
43.34
21.67



4.4. Secondary Skin

4.4.1. Secondary skin dengan kaca

Pemasangan secondary skin tipe satu ini (sebut saja model B1) sama seperti pemasangan curtain wall. Kaca direkatkan pada rangka dengan sealent. Jarak kaca engan bangunan dibuat 80cm agar gondola bisa masuk dan memudahkan pembersihan. Selain itu, jarak yang ada memungkinkan udara mengalir sehingga tidak terjadi efek rumah kaca akibat udara yang terperangkap di dalam kaca yang mungkin akan menyebabkan bangunan malah semakin panas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut

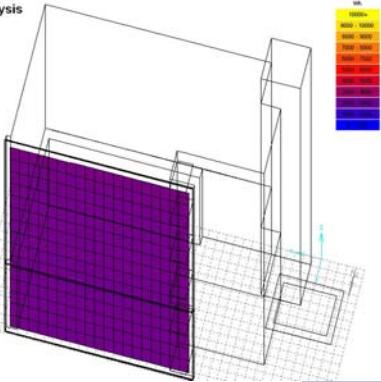
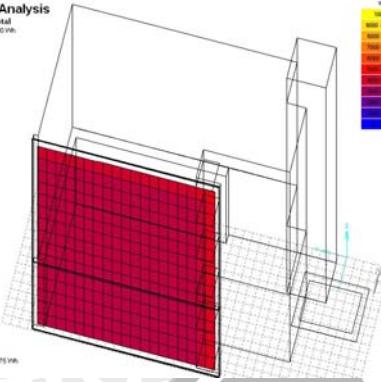
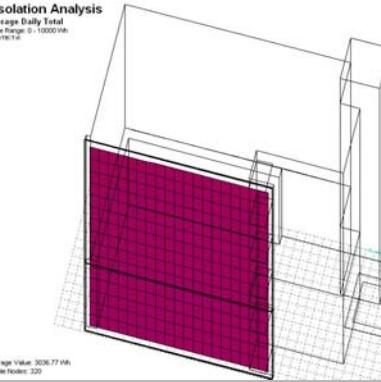
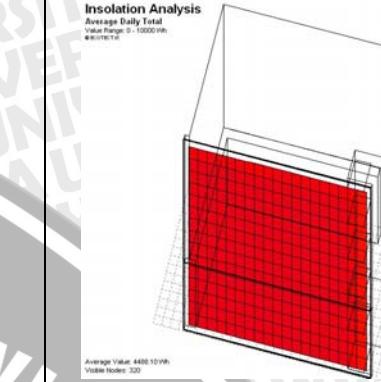
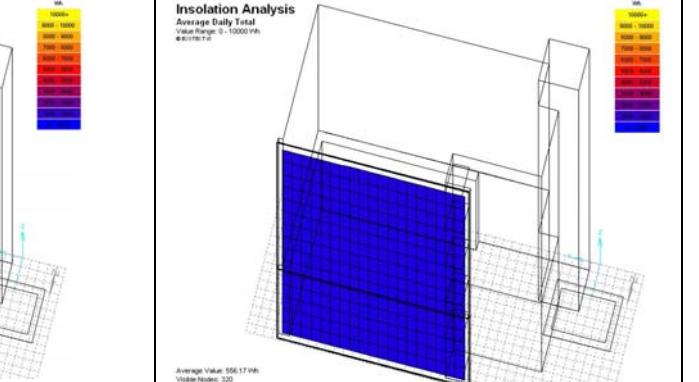
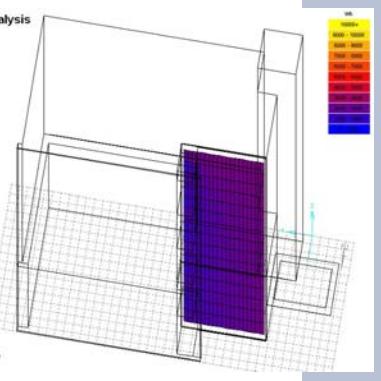
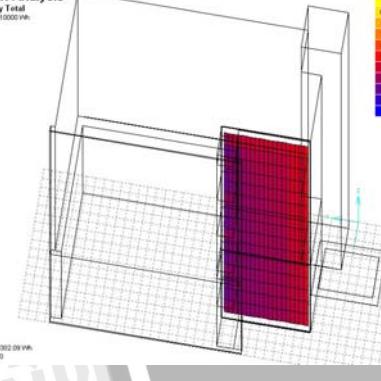
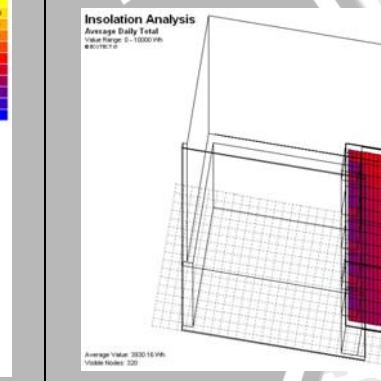
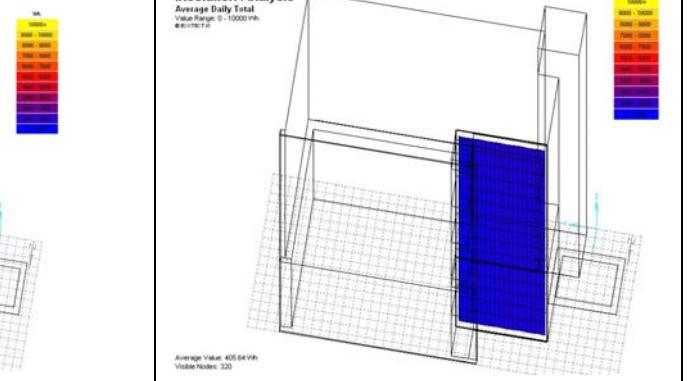


Gambar 436. Kondisi eksisting Bank Sinar Mas
Sumber: doc. Pribadi, 2008



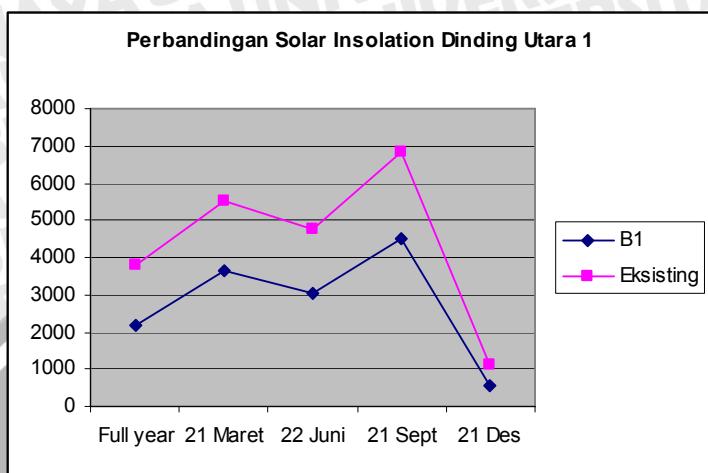
Gambar 4.37. model B1 Bank Sinar Mas
Sumber: doc. Pribadi, 2008

Tabel 4.32. Simulasi Model B1 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Sisi				
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Utara 1					
Rata-rata	2191.78 Wh	3662.75 Wh	3036.77 Wh	4488.10 Wh	556.17 Wh
selisih	1626.17 Wh	1869.48 Wh	1701.32 Wh	2325.45 Wh	567.02 Wh
Utara 2					
Rata-rata	1822.40 Wh	3302.09 Wh	2478.58 Wh	3930.16 Wh	405.64 Wh
selisih	1147.56 Wh	1318.41 Wh	1136.54 Wh	1279.22 Wh	559.47 Wh

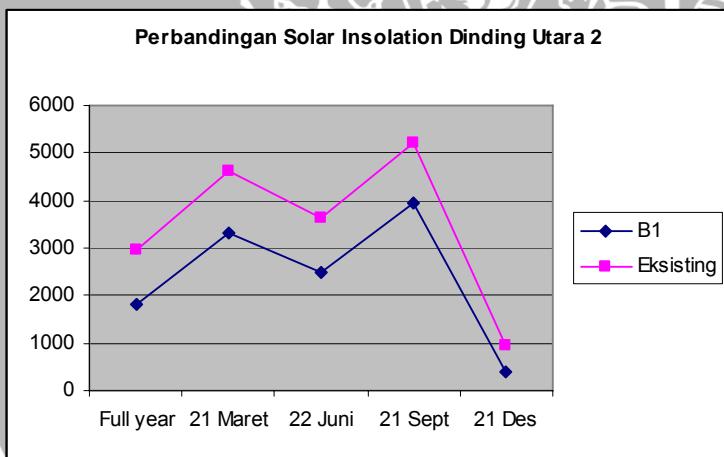
Grafik 4.19. Perbandingan solar insolation eksisting dan model B1 pada dinding utara 1

Sumber: hasil analisis, 2008



Grafik 4.20. Perbandingan solar insolation eksisting dan model B1 pada dinding utara 2

Sumber: hasil analisis, 2008



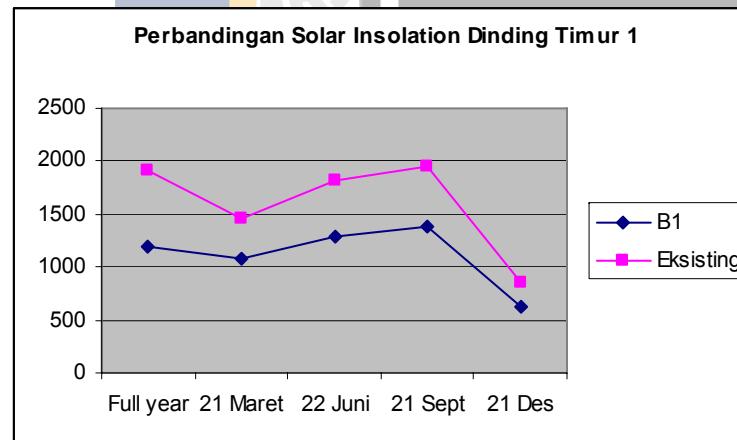
Secondary skin yang menaungi sisi utara mampu melindungi dinding di bulan juni lebih baik dari pada shading hertikal, horizontal maupun eggcrate. Pola grafik yang dibuat B1 sama dengan pola grafik eksisting.

Tabel 4.33. Simulasi Model B1 Bank Sinar Mas Pada dinding Timur
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Sisi					
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember	
Timur 1						
Rata-rata	1186.92 Wh	1080.59 Wh	1291.71 Wh	1387.71 Wh	631.52 Wh	
Selisih	719.46 Wh	372.35 Wh	528.19 Wh	569.09 Wh	226.30 Wh	

Grafik 4.21. Perbandingan solar insolation eksisting dan model B1 pada dinding timur 1

Sumber: hasil analisis, 2008



Dinding Timur 1 sebenarnya telah memiliki nilai solar insolation yang rendah, maka itu hanya dinding timur1 atas saja yang diberi secondary skin. Tonjolan dinding utara dan plat lantai 2 sudah memberi perlindungan pada dinding sehingga tidak perlu ada penambahan secondary skin di bawah.

Utara 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 WWR &= 0.16 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara 1} &= 497.86 \\
 SC &= 0.66 \\
 SF &= 143 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV utara 1

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.16) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.16 \times 143 \\
 &= 39.436 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Utara 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 WWR &= 0.64 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara 2} &= 220.95 \\
 SC &= 0.79 \\
 SF &= 143 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 2

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.64) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.64 \times 143 \\
 &= 81.111 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Utara 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara 3} &= 62.17 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 143 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 3

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 143 \\
 &= 25.029 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat 1} &= 70.02 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 214.89 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV barat 1

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 214.89 \\
 &= 28.917 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 WWR &= 0.77 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat 2} &= 160.46 \\
 SC &= 0.77 \\
 SF &= 214.89 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.21
 \end{aligned}$$

OTTV barat 2

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.21 \times 3.24 (1-0.77) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.77 \times 214.89 \\
 &= 129.63 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat 3} &= 118.34 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 214.89 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV barat 3

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 214.89 \\
 &= 25.029 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA ¹⁴⁷

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

148

Selatan 1a

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 \quad ^\circ C \\
 WWR &= 0.22 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 1} &= 118.95 \\
 SC &= 0.42 \\
 SF &= 74.64 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1a

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= 0.515 \times 3.24 (1-0.22) \times 15 \\
 &= 0.94 \times 0.22 \times 93.75 \\
 &= 26.396 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Timur 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 \quad ^\circ C \\
 WWR &= 0.62 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{timur\ 1} &= 332.14 \\
 SC &= 0.66 \\
 SF &= 117.61 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV timur 1

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= 0.595 \times 3.24 (1-0.62) \times 15 \\
 &= 0.94 \times 0.62 \times 117.61 \\
 &= 59.006 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Selatan 1b

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 \quad ^\circ C \\
 WWR &= 0.37 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 1} &= 646.37 \\
 SC &= 0.63 \\
 SF &= 74.64 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1b

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= 0.595 \times 3.24 (1-0.37) \times 15 \\
 &= 0.94 \times 0.37 \times 74.64 \\
 &= 35.71 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Timur 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 \quad ^\circ C \\
 WWR &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{timur\ 2} &= 12.24 \\
 SC &= 0 \\
 SF &= 117.61 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV timur 2

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= 0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15 \\
 &= 0 \times 0 \times 117.61 \\
 &= 28.917 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

Selatan 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad W/m^2 \quad ^\circ C \\
 WWR &= 0.15 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 2} &= 133.38 \\
 SC &= 0.66 \\
 SF &= 74.64 \quad W/m^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 2

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\
 &= 0.595 \times 3.24 (1-0.15) \times 15 \\
 &= 0.94 \times 0.15 \times 74.64 \\
 &= 31.926 \quad W/m^2
 \end{aligned}$$

OTTV Bangunan

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \{(A_{\text{utara}1} \times \text{OTTV}_{\text{utara}1}) + (A_{\text{utara}2} \times \text{OTTV}_{\text{utara}2}) + (A_{\text{utara}3} \times \text{OTTV}_{\text{utara}3}) + \\ &\quad (A_{\text{barat}1} \times \text{OTTV}_{\text{barat}1}) + (A_{\text{barat}2} \times \text{OTTV}_{\text{barat}2}) + (A_{\text{barat}3} \times \text{OTTV}_{\text{barat}3}) + \\ &\quad (A_{\text{sel}1a} \times \text{OTTV}_{\text{sel}1a}) + (A_{\text{sel}1b} \times \text{OTTV}_{\text{sel}1b}) + (A_{\text{sel}2} \times \text{OTTV}_{\text{sel}2}) + \\ &\quad (A_{\text{tim}1} \times \text{OTTV}_{\text{tim}1}) + (A_{\text{tim}2} \times \text{OTTV}_{\text{tim}2})\} / (\text{A semua dinding}) \\ &= 48.603 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Dingin (internal Heatgein dianggap 0)

$$\begin{aligned} &= \text{OTTV} \times \text{Luas total dinding} \\ &= 48.14 \times 2372.98 \\ &= 115331 \text{ Watt} \\ &= 115.33 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Kebutuhan Daya Listrik

$$\begin{aligned} &= (4 \times 7.5) + (2 \times 3.48) \\ &= 36.96 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Selisih Kebutuhan Daya

$$= 6.79 \text{ kWh}$$

Biaya listrik perbulan

(asumsi 26 hari kerja & jam kerja 9 jam)

$$= Rp 3,459,456.00$$

VERSITAS BRAWIJAYA¹⁴⁹



4.4.2. Secondary skin dengan kisi hollow

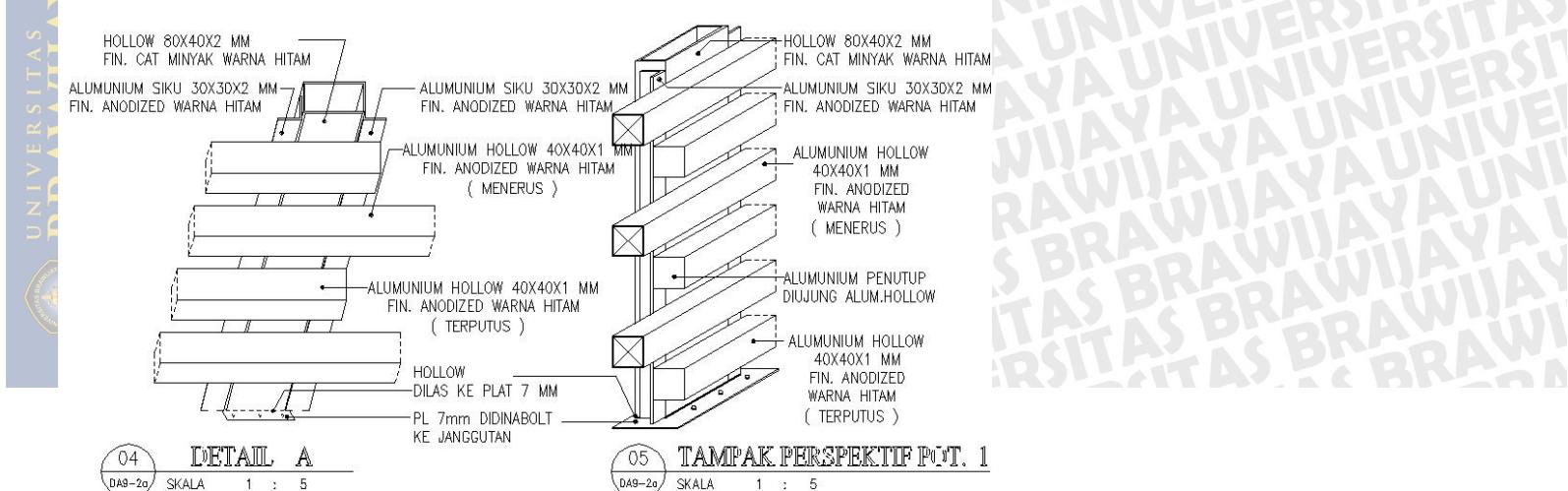
Sama seperti sisi depan, barrier panas yang digunakan dalam design ini adalah kisi kisi hollow yang disusun dengan berbagai jarak. Ada yang disusun dengan jarak 20cm, ada yang 40cm, ada juga 60cm.



Gambar 4.38. Kondisi eksisting Bank Sinar Mas
Sumber: doc. Pribadi, 2008

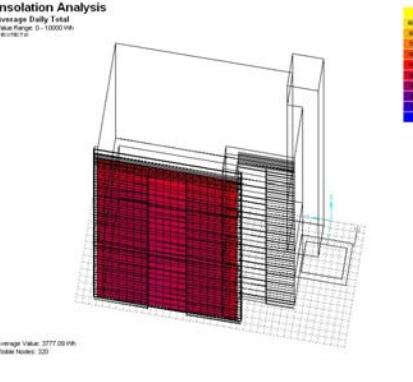
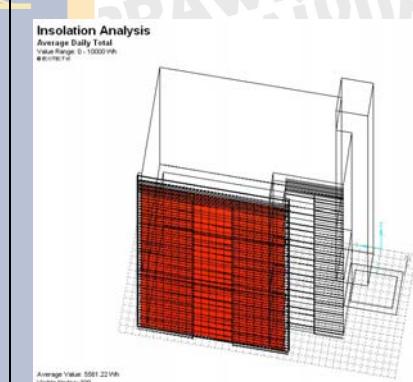
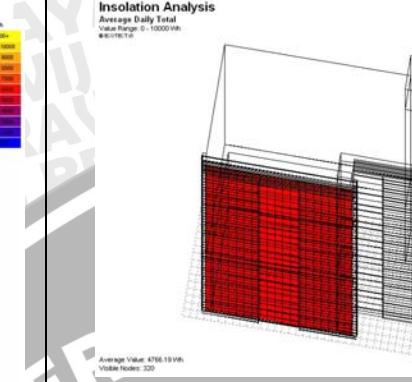
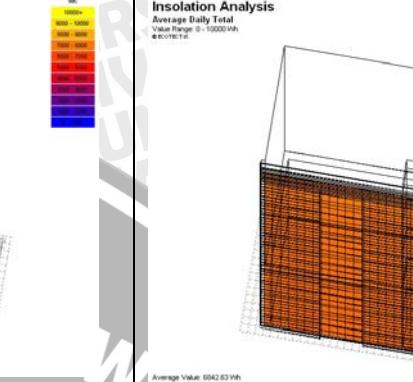
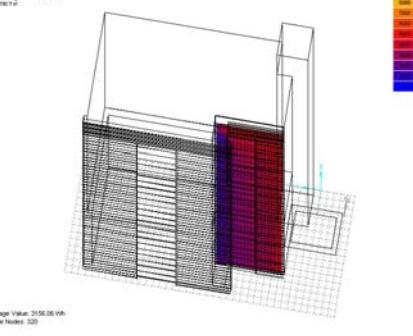
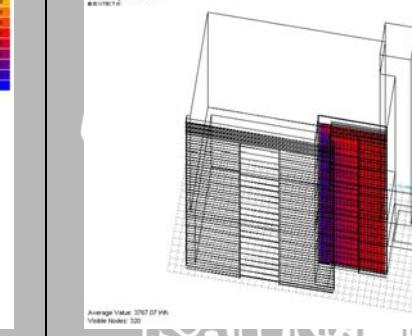
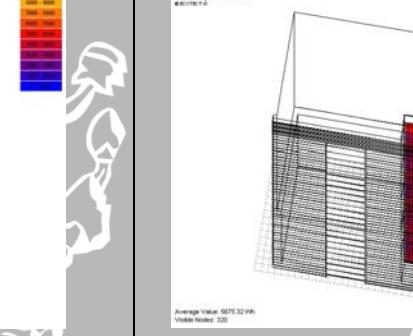


Gambar 4.39. model B2 Bank Sinar Mas
Sumber: doc. Pribadi, 2008



Gambar 4.40. Detail kisi hollow
Sumber: doc. Pribadi, 2008

Tabel 4.34. Simulasi Model B2 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara
Sumber: Hasil analisis, 2008

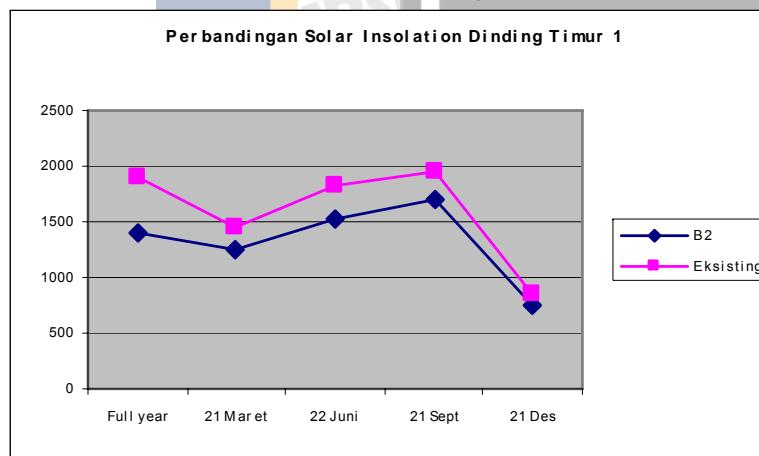
Tanggal	Sisi				
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Utara 1					
Rata-rata	3817.95 Wh	5532.21 Wh	4738.09 Wh	6813.55 Wh	1123.19 Wh
selisih	0 Wh	0 Wh	0 Wh	0 Wh	0 Wh
Utara 2					
Rata-rata	2969.96 Wh	4620.50 Wh	3615.12 Wh	5209.38 Wh	965.11 Wh
selisih	0 Wh	0 Wh	0 Wh	0 Wh	0 Wh

Ternyata susunan hollow seperti model B2 di sisi utara tidak mampu menurunkan nilai solar insolation yang menerpa dinding ini. Simulasi berikutnya akan mencoba merapatkan jarak hollow.

Tabel 4.35. Simulasi Model B2 Bank Sinar Mas Pada dinding Timur
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Sisi				
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Timur 1					
Rata-rata	1410.52 Wh	1256.03 Wh	1519.08 Wh	1690.09 Wh	756.98 Wh
Selisih	495.86 Wh	196.91 Wh	300.82 Wh	266.71 Wh	100.84 Wh

Grafik 4.22. Perbandingan solar insolation eksisting dan model B2 pada dinding timur 1
Sumber: hasil analisis, 2008



Jarak hollow yang sama yang diaplikasikan pada dinding timur ternyata mampu menurunkan nilai solar insolation pada dinding ini. Pada model B2, dinding timur sepenuhnya dilindungi kisi hollow 4x4 dengan jarak 40cm.

Utara 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.16 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 1} &= 497.86 \\
 \text{SC} &= 0.66 \\
 \text{SF} &= 157.72 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV utara 1

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.16) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.16 \times 157.72 \\
 &= 40.9972 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$

Utara 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.64 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 2} &= 220.95 \\
 \text{SC} &= 0.79 \\
 \text{SF} &= 157.72 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.64) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.64 \times 157.72 \\
 &= 88.5273 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$

Utara 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 3} &= 62.17 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 157.72 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 3

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 157.72 \\
 &= 25.029 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 1} &= 70.02 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 229.91 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV barat 1

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 229.91 \\
 &= 28.917 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.77 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 2} &= 160.46 \\
 \text{SC} &= 0.77 \\
 \text{SF} &= 229.91 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.21
 \end{aligned}$$

OTTV barat 2

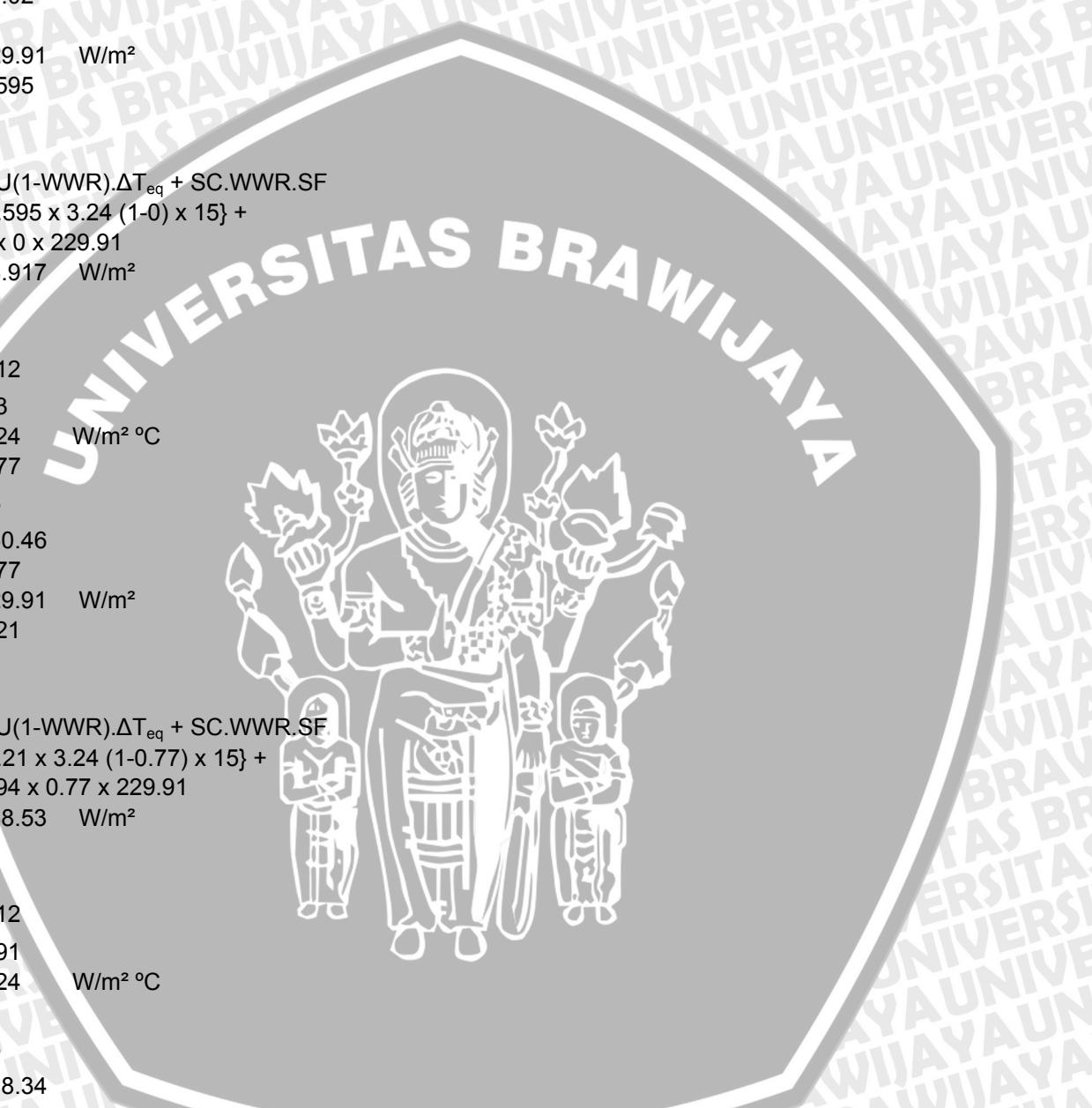
$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\
 &= \{0.21 \times 3.24 (1-0.77) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.77 \times 229.91 \\
 &= 138.53 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \quad \text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 3} &= 118.34 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 229.91 \quad \text{W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV barat 3

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.\text{SF} \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 229.91 \\
 &= 25.029 \quad \text{W/m}^2
 \end{aligned}$$



Timur 1

α_w	=	0.12
α_p	=	0.91
U	=	3.24 W/m ² °C
WWR	=	0.22
ΔT_{eq}	=	15
$A_{sel\ 1}$	=	118.95
SC	=	0.42
SF	=	93.75 W/m ²
α	=	0.515

OTTV selatan 1a

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\ &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.22) \times 15\} + \\ &\quad 0.94 \times 0.22 \times 93.75 \\ &= 28.1314 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Selatan 1b

α_w	=	0.89
α_p	=	0.3
U	=	3.24 W/m ² °C
WWR	=	0.37
ΔT_{eq}	=	15
$A_{sel\ 1}$	=	646.37
SC	=	0.63
SF	=	93.75 W/m ²
α	=	0.595

OTTV selatan 1b

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.37) \times 15\} + \\ &\quad 0.94 \times 0.37 \times 93.75 \\ &= 40.1899 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Selatan 2

α_w	=	0.89
α_p	=	0.3
U	=	3.24 W/m ²
WWR	=	0.15 °C
ΔT_{eq}	=	15
$A_{sel\ 2}$	=	133.38
SC	=	0.66
SF	=	93.75 W/m ²
α	=	0.595

OTTV selatan 2

$$OTTV = \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF$$

OTTV timur 1

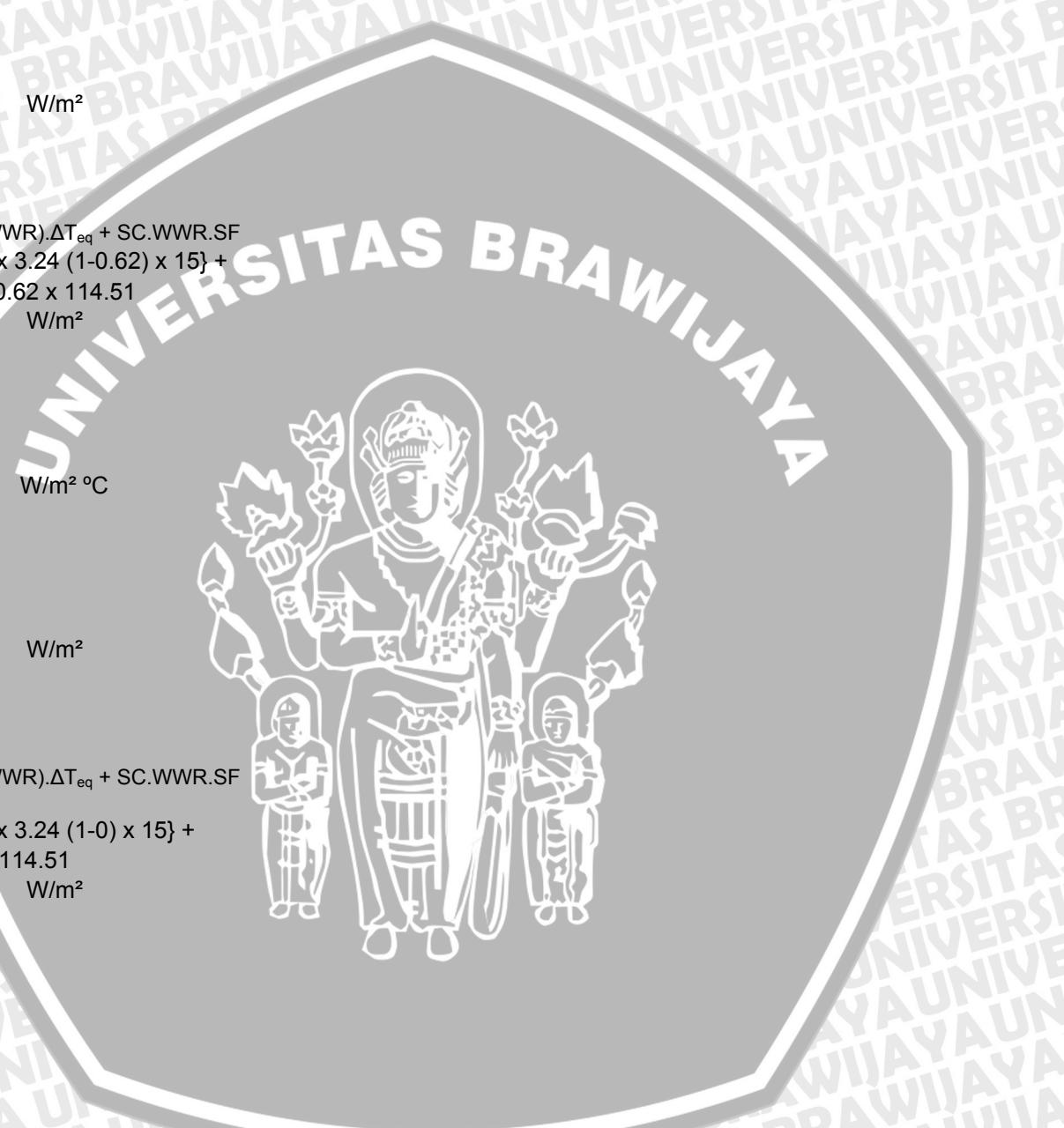
$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.62) \times 15\} + \\ &\quad 0.94 \times 0.62 \times 114.51 \\ &= 57.742 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Timur 2

α_w	=	0.89
α_p	=	0.3
U	=	3.24 W/m ² °C
WWR	=	0
ΔT_{eq}	=	15
$A_{timur\ 2}$	=	12.24
SC	=	0
SF	=	114.51 W/m ²
α	=	0.595

OTTV timur 2

$$\begin{aligned} OTTV &= \alpha.U(1-WWR).\Delta T_{eq} + SC.WWR.SF \\ &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\ &\quad 0 \times 0 \times 114.51 \\ &= 28.917 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.15) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.15 \times 93.75 \\
 &= 33.7918 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

OTTV Bangunan

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \{(A_{utara1} \times \text{OTTV}_{utara1}) + (A_{utara2} \times \text{OTTV}_{utara2}) + (A_{utara3} \times \text{OTTV}_{utara3}) + \\
 &\quad (\text{Abarat 1} \times \text{OTTVbarat1}) + (\text{Abarat2} \times \text{OTTVbarat2}) + (\text{Abarat3} \times \text{OTTVbarat3}) + \\
 &\quad (\text{Asel 1a} \times \text{OTTVsel 1a}) + (\text{Asel 1b} \times \text{OTTVsel 1b}) + (\text{Asel 2} \times \text{OTTVsel 2}) + \\
 &\quad (\text{Atim 1} \times \text{OTTVtim 1}) + (\text{Atim 2} \times \text{OTTVtim 2})\} / (\text{A semua dinding}) \\
 &= 51.4585 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Dingin (internal Heatgein dianggap 0)

$$\begin{aligned}
 &= \text{OTTV} \times \text{Luas total dinding} \\
 &= 51.45 \times 2372.98 \\
 &= 122105 \text{ Watt} \\
 &= 122.105 \text{ Kwh}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Daya Listrik

$$\begin{aligned}
 &= 5 \times 7.5 \\
 &= 37.5 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Selisih Kebutuhan Daya

$$= 6.25 \text{ kWh}$$

Biaya listrik perbulan

(asumsi 26 hari kerja&jam kerja 9 jam)

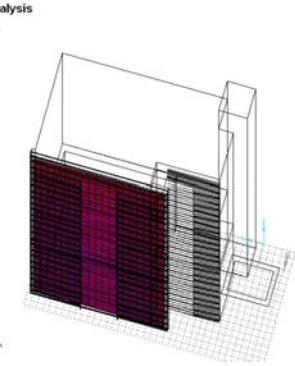
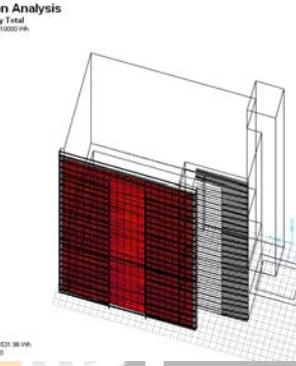
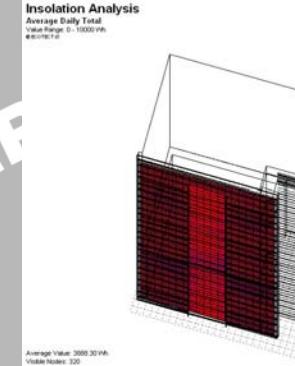
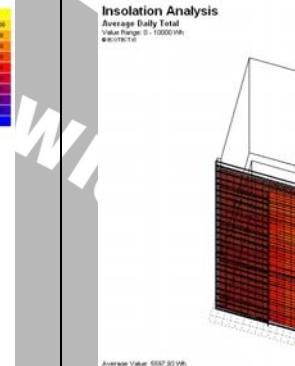
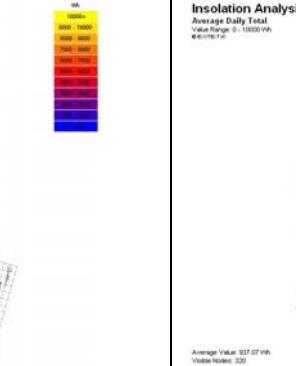
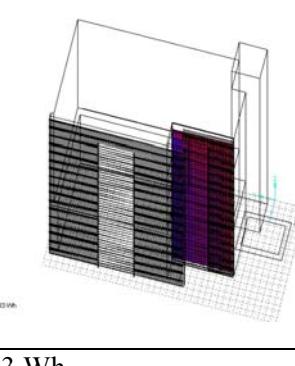
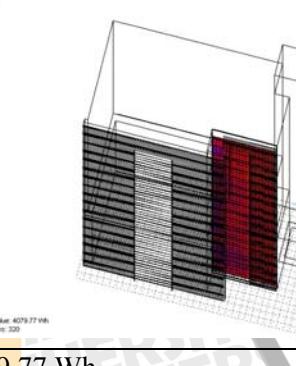
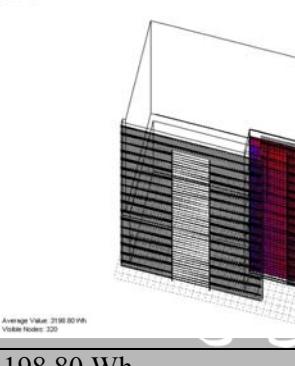
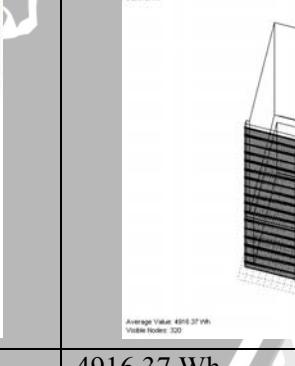
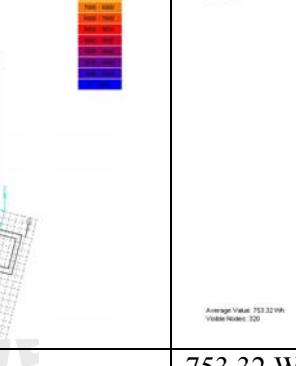
$$= \text{Rp } 3,510,000.00$$



4.4.4. Secondary skin dengan kisi hollow yang lebih rapat

Model B4 mirip dengan B2, tapi jarak antar hollow lebih rapat. Jika semula jaraknya 40cm, maka jaraknya menjadi 20 cm. Jika jarak awalnya 80 cm, maka jaraknya dirapatkan menjadi 40cm. Simulasi hanya dilakukan di dinding utara saja karena pada model B2, dinding timur sudah mengalami penurunan nilai rata-rata solar insolation.

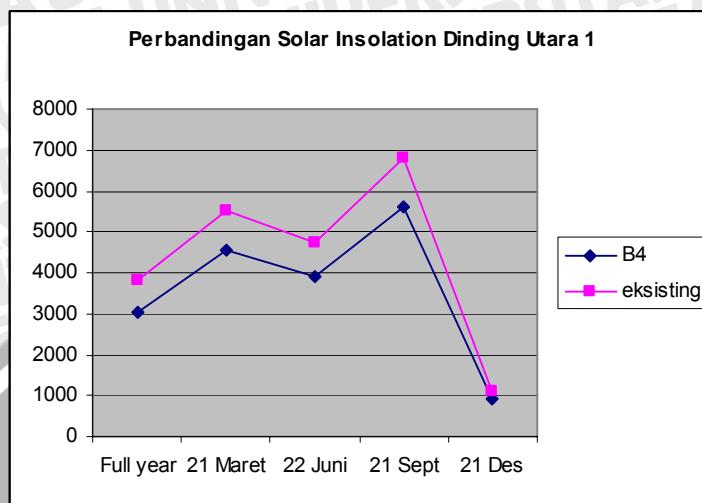
Tabel 4.36. Simulasi Model B3 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Sisi				
	Full Year	21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember
Utara 1	 <p>Average Value: 2023.90 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Average Value: 4531.96 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Average Value: 3888.30 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Average Value: 5597.93 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Average Value: 937.07 Wh Visible Nodes: 320</p>
Rata-rata	3023.90 Wh	4531.96 Wh	3888.30 Wh	5597.93 Wh	937.07 Wh
selisih	794.05 Wh	1000.25 Wh	849.79 Wh	1215.62 Wh	186.12 Wh
Utara 2	 <p>Average Value: 2626.83 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Average Value: 4079.77 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Average Value: 3198.80 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Average Value: 4916.37 Wh Visible Nodes: 320</p>	 <p>Average Value: 753.32 Wh Visible Nodes: 320</p>
Rata-rata	2626.83 Wh	4079.77 Wh	3198.80 Wh	4916.37 Wh	753.32 Wh
selisih	343.13 Wh	540.73 Wh	416.32 Wh	293.01 Wh	211.79 Wh

Grafik 4.23. Perbandingan solar insolation eksisting dan model B3 pada

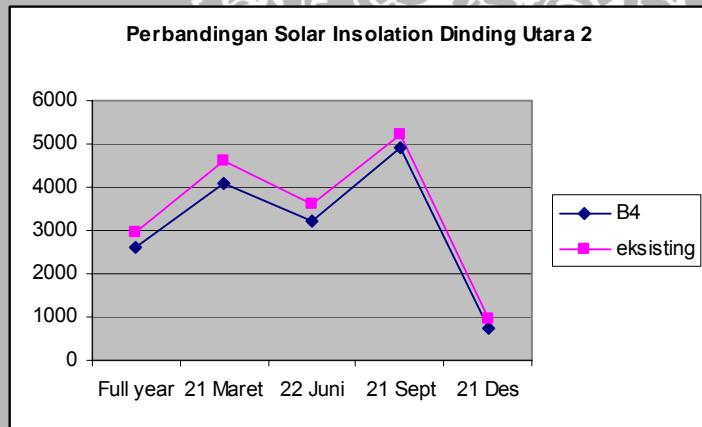
dinding utara 1

Sumber: hasil analisis, 2008



Grafik 4.26. Perbandingan solar insolation eksisting dan model B3 pada dinding utara 2

Sumber: hasil analisis, 2008



Pemasangan hollow yang lebih rapat mampu menurunkan solar insolation pada dinding.

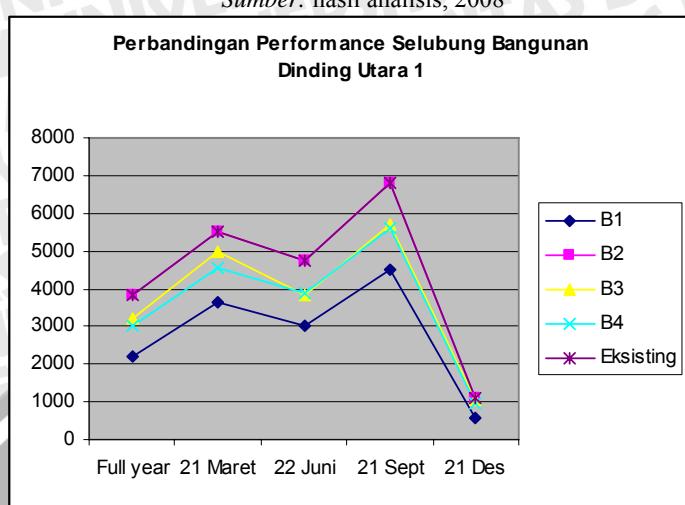
Namun pemasangan louvre yang rapat ini akan mengganggu view dari dalam keluar.

Dari keempat tipe selubung bangunan dapat diketahui bahwa tipe selubung bangunan B1 yang memiliki kemampuan paling besar dalam mereduksi solar insolation pada dinding utara maupun timur. Berikut ini adalah grafik solar insolation pada dinding utara 1, utara 2, dan timur 1 pada masing masing kondisi.

Model B4 ini juga tidak dihitung OTTVnya karena dinilai B1 sudah mewakili.

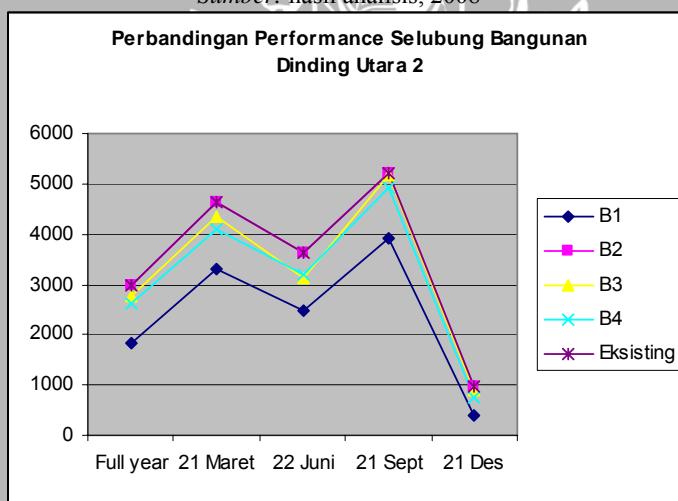
Grafik 4.25. Perbandingan performance selubung bangunan pada kondisi eksisting, model eksisting, B1, B2, dan B3 pada dinding utara 1

Sumber: hasil analisis, 2008



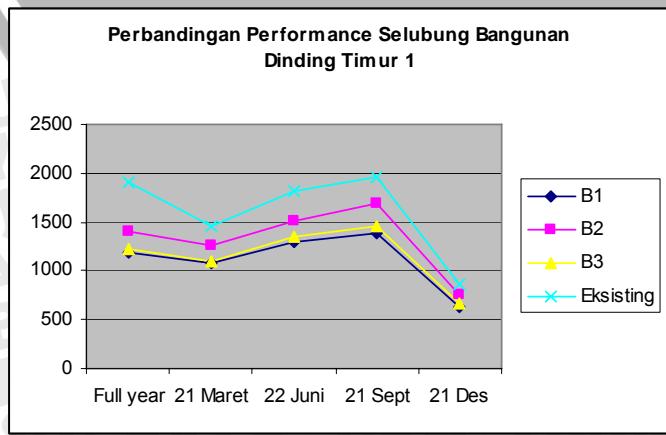
Grafik 4.26. Perbandingan performance selubung bangunan pada kondisi eksisting, model eksisting, B1, B2, dan B3 pada dinding utara 2

Sumber: hasil analisis, 2008



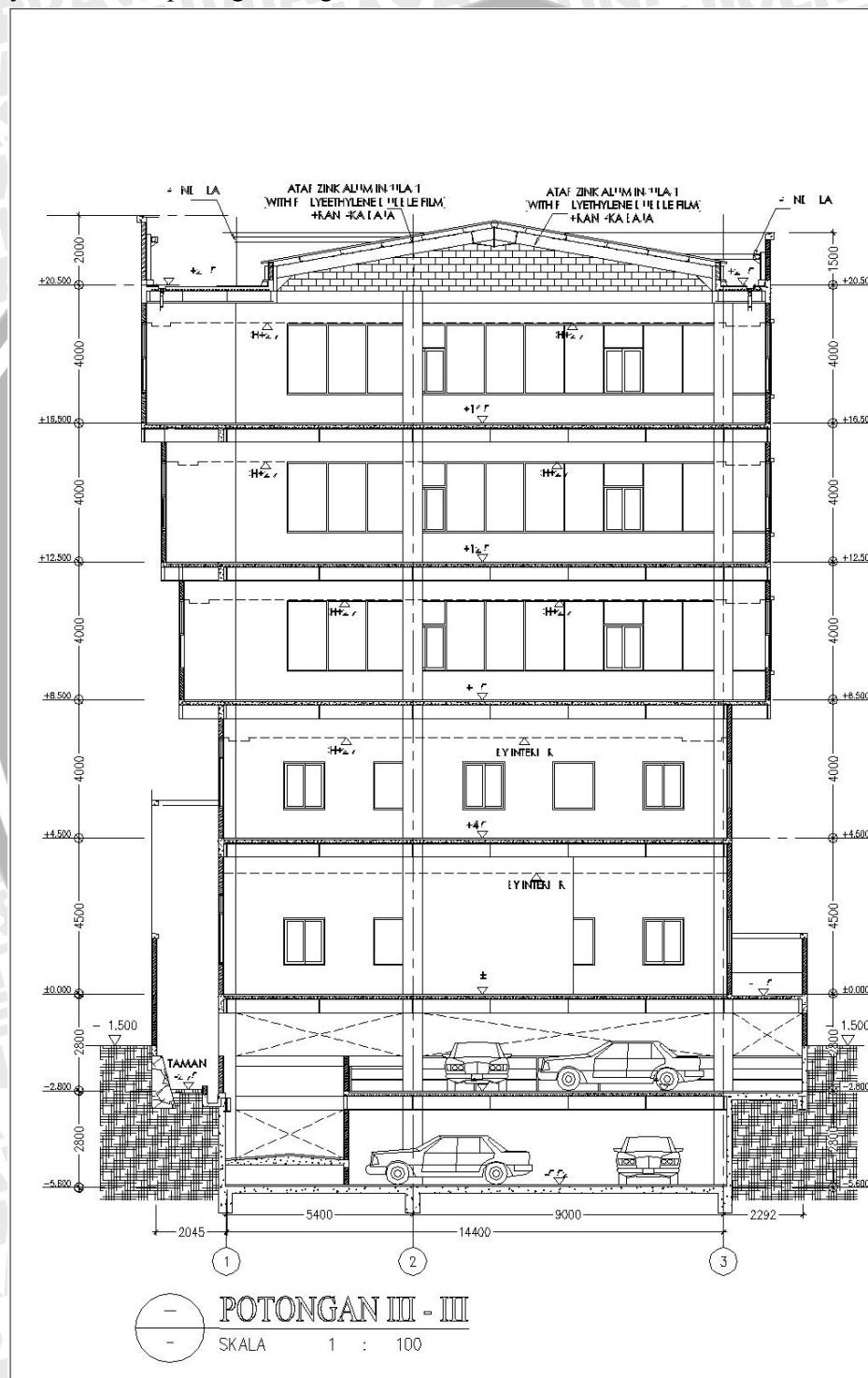
Grafik 4.27. Perbandingan performance selubung bangunan pada kondisi eksisting, model eksisting, B1, B2 dan B3 pada dinding timur 1

Sumber: hasil analisis, 2008



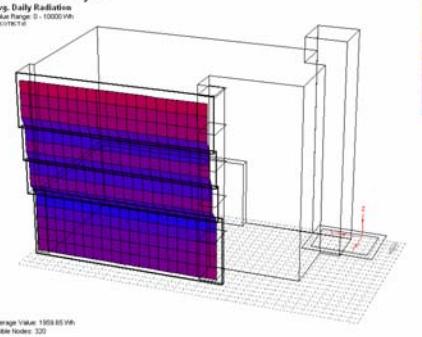
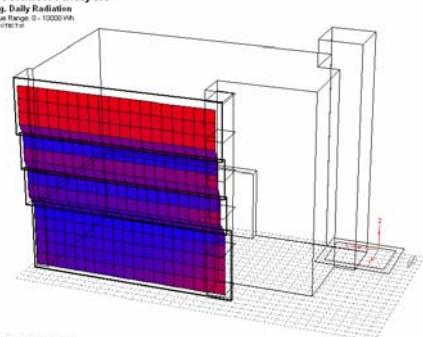
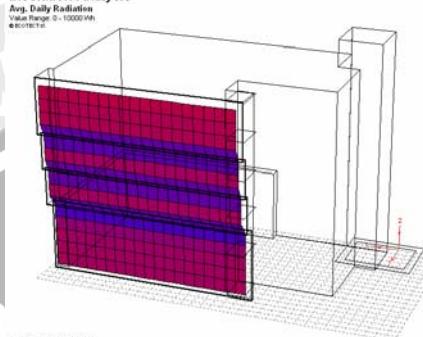
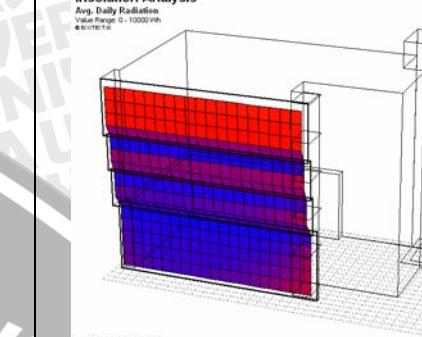
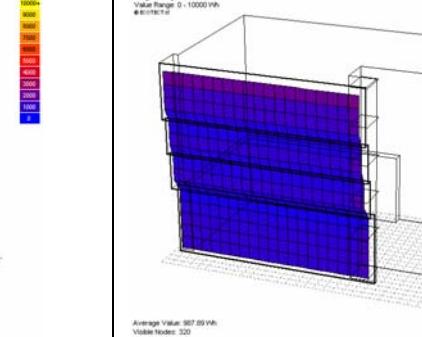
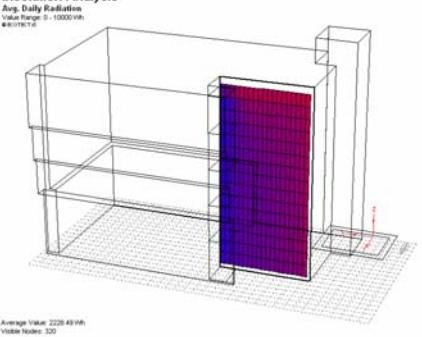
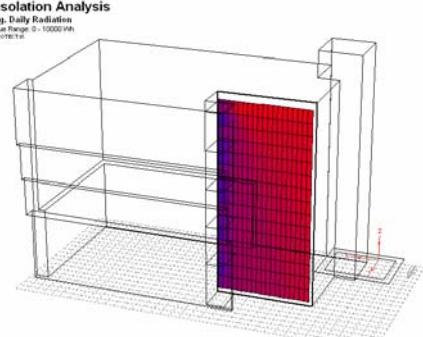
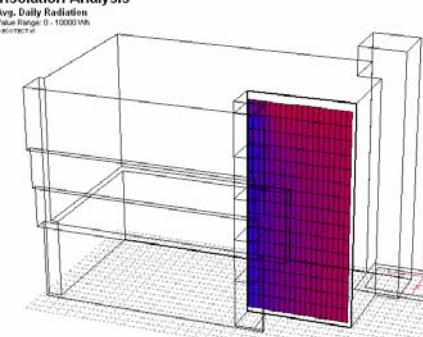
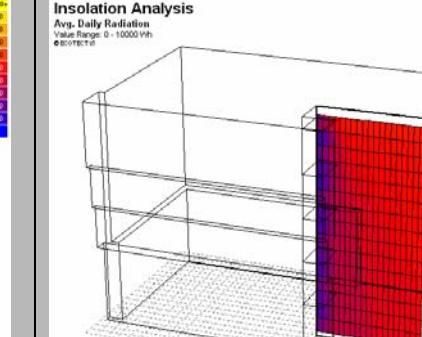
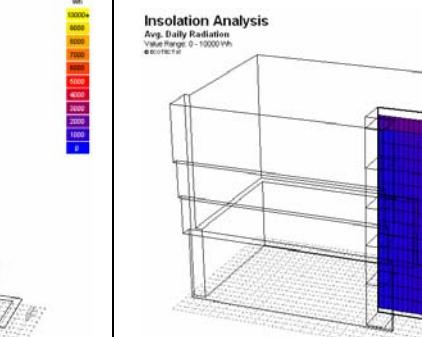
4.5. Self shaded

Bangunan ini pada dasarnya sudah memiliki self shaded, self shaded yang ada di sisi timur berjarak 1.75m dari kolom terluar dan di sisi selatan berjarak 2.45m dari kolom. Modul tersebut diaplikasikan di sisi utara karena sisi ini yang memungkinkan. Untuk lebih jelasnya berikut ini potongan bangunan model C1.



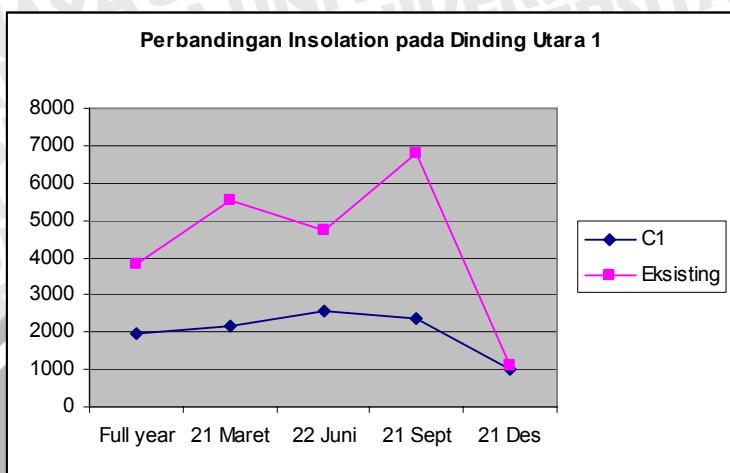
Gambar 4.41 pot model C1
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tabel 4.379. Simulasi Model C1 Bank Sinar Mas Pada dinding Utara
Sumber: Hasil analisis, 2008

Tanggal	Full Year	Sisi				
		21 Maret	22 Juni	21 September	21 Desember	
Utara 1						
Rata-rata	1959.65 Wh	2179.77 Wh	2576.22 Wh	2374.17 Wh	987.89 Wh	
selisih	1858.3 Wh	3352.44 Wh	2161.87 Wh	4439.38 Wh	135.3 Wh	
Utara 2						
Rata-rata	2969.96 Wh	4620.50 Wh	3615.12 Wh	5209.38 Wh	965.11 Wh	
selisih	0	0	0	0	0	

Grafik 4.28. Perbandingan solar insolation eksisting dan model C1 pada dinding utara 1

Sumber: hasil analisis, 2008



Self shading secara vertikal cukup mampu melindungi dinding dari terpaan radiasi matahari. Namun untuk bulan Juni, saat matahari berada di utara, treatment ini kurang mampu mengatasinya sehingga perlu ada modifikasi lagi pada fasade bangunan.

Pola yang muncul pada grafik tersebut sama dengan pola yang muncul pada treatment shading horizontal.

Utara 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.16 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 1} &= 497.86 \\
 \text{SC} &= 0.66 \\
 \text{SF} &= 196.86 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV utara 1

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.16) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.16 \times 196.86 \\
 &= 45.148 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Utara 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.64 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 2} &= 220.95 \\
 \text{SC} &= 0.79 \\
 \text{SF} &= 196.86 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.64) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.64 \times 196.86 \\
 &= 108.25 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Utara 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{utara\ 3} &= 62.17 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 196.86 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV utara 3

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 196.86 \\
 &= 25.029 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 1} &= 70.02 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 209.01 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV barat 1

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.SF \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 209.01 \\
 &= 28.917 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.77 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 2} &= 160.46 \\
 \text{SC} &= 0.77 \\
 \text{SF} &= 209.01 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.21
 \end{aligned}$$

OTTV barat 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.SF \\
 &= \{0.21 \times 3.24 (1-0.77) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.77 \times 209.01 \\
 &= 126.14 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Barat 3

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{barat\ 3} &= 118.34 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 209.01 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV barat 3

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}.\text{WWR}.SF \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 209.01 \\
 &= 25.029 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Selatan 1a

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.12 \\
 \alpha_p &= 0.91 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.22 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 1} &= 118.95 \\
 \text{SC} &= 0.42 \\
 \text{SF} &= 79.57 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.515
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1a

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}. \text{WWR}. \text{SF} \\
 &= \{0.515 \times 3.24 (1-0.22) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.22 \times 79.57 \\
 &= 26.843 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Selatan 1b

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.37 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 1} &= 646.37 \\
 \text{SC} &= 0.63 \\
 \text{SF} &= 79.57 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 1b

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}. \text{WWR}. \text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.37) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.37 \times 79.57 \\
 &= 36.866 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Selatan 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.15 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{sel\ 2} &= 133.38 \\
 \text{SC} &= 0.66 \\
 \text{SF} &= 79.57 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV selatan 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}. \text{WWR}. \text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.15) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.15 \times 79.57
 \end{aligned}$$

Timur 1

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0.62 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{timur\ 1} &= 332.14 \\
 \text{SC} &= 0.66 \\
 \text{SF} &= 125.79 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV timur 1

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}. \text{WWR}. \text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0.62) \times 15\} + \\
 &\quad 0.94 \times 0.62 \times 125.79 \\
 &= 62.342 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

Timur 2

$$\begin{aligned}
 \alpha_w &= 0.89 \\
 \alpha_p &= 0.3 \\
 U &= 3.24 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} \\
 \text{WWR} &= 0 \\
 \Delta T_{eq} &= 15 \\
 A_{timur\ 2} &= 12.24 \\
 \text{SC} &= 0 \\
 \text{SF} &= 125.79 \text{ W/m}^2 \\
 \alpha &= 0.595
 \end{aligned}$$

OTTV timur 2

$$\begin{aligned}
 \text{OTTV} &= \alpha.U(1-\text{WWR}).\Delta T_{eq} + \text{SC}. \text{WWR}. \text{SF} \\
 &= \{0.595 \times 3.24 (1-0) \times 15\} + \\
 &\quad 0 \times 0 \times 125.79 \\
 &= 28.917 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

= 32.408 W/m²

82



OTTV Bangunan

$$\begin{aligned} \text{OTTV} &= \{(A_{\text{utara}1} \times \text{OTTV}_{\text{utara}1}) + (A_{\text{utara}2} \times \text{OTTV}_{\text{utara}2}) + (A_{\text{utara}3} \times \text{OTTV}_{\text{utara}3}) + \\ &\quad (\text{Abarat } 1 \times \text{OTTV}_{\text{barat}1}) + (\text{Abarat } 2 \times \text{OTTV}_{\text{barat}2}) + (\text{Abarat } 3 \times \text{OTTV}_{\text{barat}3}) + \\ &\quad (\text{Asel } 1a \times \text{OTTV}_{\text{sel } 1a}) + (\text{Asel } 1b \times \text{OTTV}_{\text{sel } 1b}) + (\text{Asel } 2 \times \text{OTTV}_{\text{sel } 2}) + \\ &\quad (\text{Atim } 1 \times \text{OTTV}_{\text{tim } 1}) + (\text{Atim } 2 \times \text{OTTV}_{\text{tim } 2})\} / (\text{A semua dinding}) \\ &= 52.924 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

Beban Dingin (internal Heatgein dianggap 0)

$$\begin{aligned} &= \text{OTTV} \times \text{Luas total dinding} \\ &= 50.11 \times 2372.98 \\ &= 125583 \text{ Watt} \\ &= 125.58 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Kebutuhan Daya Listrik

$$\begin{aligned} &= 5 \times 7.5 \\ &= 37.5 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Selisih Kebutuhan Daya

$$= 6.25 \text{ kWh}$$

Biaya listrik perbulan

(asumsi 26 hari kerja&jam kerja 9 jam)
= Rp 3,510,000.00



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Bank sinar mas memiliki tiga type shading pada design bangunannya. karakter shading yang ada antara lain horizontal eksternal shading, secondary skin dengan kisi hollow dan self shaded. Ketiga karakter tersebut bisa digunakan untuk re design sehingga design yang muncul masih tetap berbasis pada design awal bangunan tersebut. Angka OTTV pada bangunan ini 54.93W/m^2 . jauh di atas standart Indonesia yang hanya 45W/m^2 . Untuk menurunkan angka OTTV, dapat dilakukan salah satunya dengan mendesign shading pada fasade sehingga radiasi matahari yang menerpa bangunan (solar insolation) lebih kecil. dengan OTTV sekian, bank sinar mas harus mengeluarkan sekitar Rp. 4.095.000,00 per bulan untuk AC (dengan asumsi 26 hari kerja dan dalam sehari AC digunakan pada jam kerja saja, 9 jam).

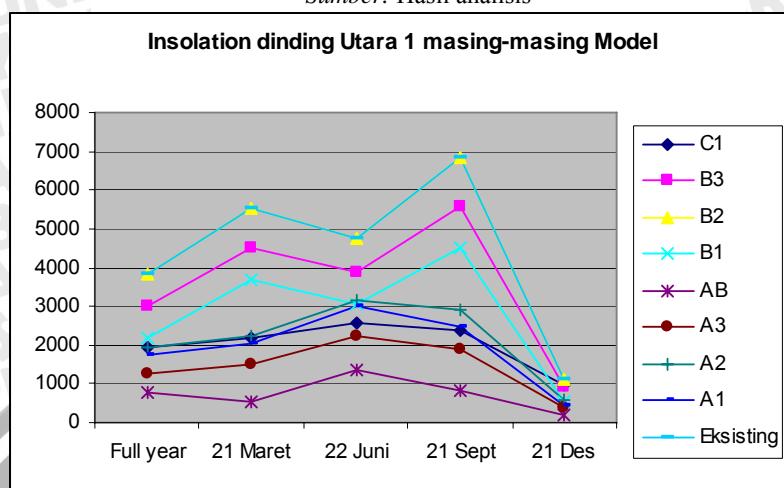
Bank sinar mas memiliki potensi tertentu (telah disebutkan dalam tabel di bab 4) sehingga muncullah tujuh option design shading pada bank sinar mas yang bertujuan untuk meminimalkan radiasi matahari yang menerpa bangunan.

Eksternal shading device di design berdasarkan kemampuan dinding menyangga shading tersebut. Kebetulan alkhamdulillah pada setiap jendela selalu terdapat kolom praktis dan balok latai sehingga dapat digunakan untuk tumpuan shading. Pada curtain wall, terpaksa dilakukan pembongkaran curtain wall pemasangan shading kemudian dipasang lagi kaca yang ada. Untuk eksternal shading device, yang paling efektif adalah penggunaan shading eggcrates. Pada design yang muncul dilakukan pengujian dan menunjukkan hasil OTTV berhasil turun hingga 38.15W/m^2 , dan biaya pengeluaran listrik untuk AC turun hingga Rp 2.789.720,00 per bulan.

Untuk secondary skin, yang paling efektif adalah penggunaan bidang kaca sebagai barrier radiasi. Pengujian yang dilakukan menunjukkan hasil OTTV berhasil turun hingga 48.6W/m^2 , dan biaya pengeluaran listrik untuk AC turun hingga Rp 3.459.456,00 per bulan.

Self shaded di design berdasarkan kantilever yang sudah ada pada bangunan. Design ini hanya di terapkan di dinding uatara 1. Self shaded yang ada berhasil menurunkan angka OTTV hingga 50.11W/m^2 . dan menghemat listrik hingga Rp.3.510.000,00

Grafik 5.1. Perbandingan Insolation dinding Utara 1 pada masing-masing model
Sumber: Hasil analisis



Tabel 5.1. Performance masing-masing model jika dibandingkan dengan model dasar Bank Sinar Mas
Sumber: Hasil perhitungan, 2008

	OTTV (W/m ²)	Kebutuhan daya Listrik (kWh)	Selisih Daya (kWh)	Penghematan Perjam	Penghematan Perbulan
Modas	54.93	43.75			
A1	43.77	34.6	9.15	Rp 3,660.00	Rp 856,440.00
A2	44.53	34.8	8.95	Rp 3,580.00	Rp 837,720.00
A3	38.15	29.8	13.95	Rp 5,580.00	Rp 1,305,720.00
AB	36.53	29.6	14.15	Rp 5,660.00	Rp 1,324,440.00
B1	48.60	36.96	6.79	Rp 2,716.00	Rp 635,544.00
B2	51.46	37.5	6.25	Rp 2,500.00	Rp 585,000.00
B3	49.86	36.96	6.79	Rp 2,716.00	Rp 635,544.00
C1	52.92	37.5	6.25	Rp 2,500.00	Rp 585,000.00

Rumusan masalah yang telah disebutkan di bab I adalah bagaimana envelope form yang paling efektif dalam mengurangi nilai solar insolation pada bangunan bertingkat menengah dengan studi kasus bank sinar mas terjawab sudah. Dari grafik kondisi insolation dapat dilihat bahwa model yang paling efektif dalam menurunkan nilai Insolation adalah model AB. Perhitungan OTTV dan penghematan listrik yang dapat dihasilkan masing masing model telah memperkuat simpulan yang ada.

5.2. Saran

Untuk penelitian berikutnya:

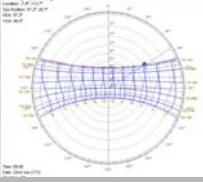
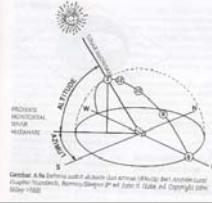
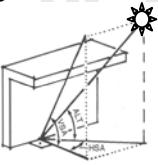
- Hendaknya mencantumkan lingkungan sekitar dalam simulasi pertama (melihat kontur solar insolation)

- Dapat melakukan eksplorasi bahan bangunan pada setiap model atau hanya pada model ter-efektif.
- Melakukan eksplorasi bentuk (self shaded) pada denah sehingga dapat diketahui bentuk bangunan dengan ceruk dan tonjolan seperti apa yang efektif untuk menghindari radiasi matahari pada permukaan dinding
- Melakukan pengujian pada bangunan yang memiliki orientasi dinding timur laut, barat laut, tenggara dan barat daya. Serta melakukan penelitian pada bentuk-bentuk lain.

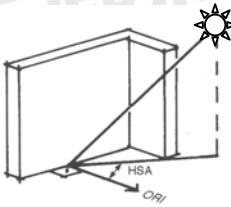


GLOSSARY

Selubung Bangunan	Pemisah antara interior dan eksterior, permukaan bangunan termasuk dinding, jendela dan atap.
Orientasi bangunan	Sumbu utama bangunan, berupa sisi terpanjang bangunan. (bab 1)
Orientasi Dinding	Orientasi dinding merupakan azimut permukaan dinding yang menghadap utara. Dinding yang menghadap timur memiliki zimut 90° , dinding yang menghadap selatan memiliki azimut 180° , dinding yang menghadap barat memiliki azimut 270° .
OTTV	Overall thermal transver value atau harga perpindahan panas menyeluruh. Panas yang diserap maupun diteruskan per meter persegi oleh permukaan selubung bangunan.
Cut of Time / Shading periode	Sebuah periode saat permukaan bangunan perlu dibayangi untuk menghindari radiasi langsung matahari
Global horizontal irradiance	Unit : W/m ² Radiasi yang ditimbulkan oleh pancaran sinar matahari pada permukaan horizontal di bumi
Direct horizontal irradiance	Unit : W/m ² Radiasi langsung yang ditimbulkan oleh pancaran sinar matahari pada permukaan horizontal di bumi
Diffuse horizontal irradiance	Unit : W/m ² Pantulan radiasi matahari dari bumi
W/L ratio	Perbandingan lebar dan panjang bangunan
Eksternal Shading device	tambahan bidang horizontal maupun vertikal pada selubung bangunan atau berupa tambahan selubung, yang digunakan untuk mengurangi panas matahari yang tidak diinginkan
Middle rise Building	a. Bangunan bertingkat menengah antara 4-10 lantai. b. Bangunan yang memiliki luas atap dan dinding yang hampir sama (bab 1)
Sudut perlindungan (protecton angel)	Sudut bayangan terkecil, dapat didefinisikan sebagai sudut jatuh matahari terkecil dalam waktu tertentu
Secondary skin	Tambahan selubung bangunan untuk menghalangi radiasi matahari yang akan menerpa bangunan
Self Shaded	Bagian dari bangunan yang dapat menaungi sebagian bangunan itu sendiri dalam periode tertentu
Self shaded projection depth	Self shading projection depth $D = \frac{\text{floor-to-floor height}, H_e}{\tan(\text{VSA})}$ *VSA= vertical shadow angle
Sudut bayangan (shadow agel)	Posisi matahari terhadap pemukaan bangunan pada suatu orientasi

Solar Heat gain	Unit : kWh/m ² Panas dari matahari yang masuk ke dalam bangunan melalui selubung bangunan
Insolation	Unit : kWh / m ² Incident Solar Radiation Radiasi matahari yang sampai pada permukaan bangunan
Solar insolation Index (μ index)	Perbandingan rata-rata radiasi matahari di setiap permukaan dengan radiasi matahari pada permukaan horizontal
Sun Path diagram	Diagram yang menggambarkan posisi matahari pada suatu lintang derajat tertentu. Diagram ini digunakan untuk menentukan azimut dan altitude pada tanggal dan jam tertentu.
	
Survace to volume ratio (S/V ratio)	perbandingan luas permukaan yang digunakan untuk menutup sebuah volume bangunan dengan volume bangunan itu sendiri.
Internal shading device	Dapat dikategorikan menjadi dua, yang pertama, solar shading dengan kerai, kisi atau gorden yang kedua, penggunaan kaca khusus yang bisa meredam radiasi.
Shading coefficient (SC)	Perbandingan solar heat gain melalui sistem glazing tertentu dengan solar heat gain yang melalui kaca bening singgle.
Solar Factor (SF)	Faktor radiasi matahari adalah radiasi matahari rata-rata per jam yang menerpa dinding bangunan pada orientasi tertentu.
Azimut	Sudut antara proyeksi lingkaran tegak yang berpusat pada titik pelihat dan melalui matahari dan titik Utara
	
Altitude	Sudut ketinggian matahari, sudut antara matahari dan permukaan horizontal.
Vertical Shadow Angel (VSA)	sudut antara orientasi dan garis vertikal yang diambil tegak lurus dari tangen Altitude.
	

Horizontal Shadow Angle (HSA) Sudut antara proyeksi matahari dengan orientasi dinding



Curtain Wall

is a term used to describe a building façade which does not carry any dead load from the building other than its own dead load, and one which transfers the horizontal loads (wind loads) that are incident upon it. These loads are transferred to the main building structure through connections at floors or columns of the building.

Kaca Tempered

Jenis kaca yang diolah sedemikian hingga pada saat pecah, pecahan kaca tersebut mengkristal.

Kaca Panasap

Kaca float yang diberi warna dengan menambahkan sedikit logam pewarna seperti kobalt, besi, selenium dan lain-lain pada bahan baku kaca

Kaca Stopsol

Kaca yang dilapisi dengan pelapis transparan tipis dari oksida logam (sebagai lapisan pemantul). Pelapis ini dilapiskan hanya pada satu sisi kaca.



DAFTAR PUSTAKA

- Frirck Heinz, Ardiyanto Antonius, Darmawan AMS (2008), Ilmu Fisika Bangunan.
Yogyakarta : Kanisius
- FutureArch. *New Architecture Green*. Edisi kuarter ketiga 2008 volume 10
- Givoni B (1976), Man, Climate and Architecture. London: Applied Science Publishers
- Hancock Mary & Susan Roaf (1992), Energy Efficient Building. London: Blackwell Scientific Publication
- Juniwati Anik & Dinapradipta Asri (2008), Optimum Façade Design For Energy Efficient High-Rise Office Building In Hot Humid Tropics. Proceedings 9th SENVAR + 2nd ISESEE 2008, Malaysia
- Lenchner Norbert (2007), Heating, Cooling and Lighting. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persda
- Lim Yaik-Wah, Ahmad Moh Hamdan, Ossen Dilshan Remaz, Review Solar Shading Strategies and Measuring Tools for Building Energy Efficiency in Tropical Climate. Proceedings 9th SENVAR + 2nd ISESEE 2008, Malaysia
- Ling Chia Sok (2007), Minimising Solar Insolation In High Rise Buildings Trough Self Shaded Form, Universiti Teknologi Malaysia
- Lippsmeier, Georg. (1994). *Bangunan Tropis*. Jakarta : Erlangga
- Mintorogo Dani Santoso (2004), The 3 - In - 1 Skylight Shading Device For Surabayaindonesia: An Energy Saving And Considerations, FT UK Petra: Dimensi Teknik Arsitektur vol 32 no 2
- Nashed Fred (1996), Time – Saver Detail For Exterior Wall Design, New York: McGraw Hill
- Ossen Dilshan Remaz (2007), Energy use and shading device, Universiti Teknologi Malaysia
- Powell Robert (1999) Rethinking The Skyscraper The Complete Architecture Of Ken Yeang
- Priatman Jimmy (2000), Ecosustainable High-Rise The Environmentally Conscious Architecture Of Skyscraper. FT. UK Petra: Dimensi Teknik Arsitektur vol 28 no 2
- Priatman Jimmy (1999), Tradisi Dan Inovasi Material Fasade Bangunan Tinggi. FT UK Petra: Dimensi Teknik Arsitektur vol 27 no 2
- Priatman Jimmy (2003), “Energy Conscious Design” Konsepsi Dan Strategi Perancangan Bangunan Di Indonesia. FT UK Petra: Dimensi Teknik Arsitektur vol 31 no 1

Priyatman Jimmy (2002), "Energy-Efficient Architecture" Paradigma Dan Manifestasi

Arsitektur Hijau. FT UK Petra: Dimensi Teknik Arsitektur vol 31 no 1

Purwoko Gervasius Herry (1998),

Saleh Monem (1988), Design of Sunshading Device. Sidney: Division of Building, construction and engineering

Satwiko Prasasto (2004), Fisika Bangunan 1. Yogyakarta :Andi

Satwiko Prasasto (2004), Fisika Bangunan 2. Yogyakarta :Andi

Soegijanto (1998), Rancangan Konstruksi Selubung Bangunan Ditinjau dari Aspek

Konservasi Energi Serta Lingkungan Thermal Dan Visual Pada Kondisi Iklim Tropis

Lembab. Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi: Dewan Riset Nasional.

Yeang Ken (1994), Bioclimatic Skyscraper. London: Artemis London Limited

Yeang Ken (1996), The Green Skyscraper. London: Prestel

<http://www.wikipedia.org>

<http://rovicky.multiply.com/journal.htm>

<http://www.arch.hku.hk/research/beer/bee-reg.htm>

<http://www.solardirect.com>

<http://consumerenergy.com>

<http://www.sunshine.com>

<http://www.pln.co.id>