

PENGARUH KOMPOSISI DAN MATERIAL SELUBUNG BANGUNAN TERHADAP EFISIENSI ENERGI PENDINGINAN PADA PERKANTORAN BERTINGKAT MENENGAH SURABAYA

Dian Pramita¹

¹Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rahman Hakim no 100 Sukolilo Surabaya 60117 Telp 031xxx
Email: dian_pramita_wong@yahoo.com

Abstrak

Negara tropis memiliki lebih banyak potensi dibandingkan Negara empat musim. Negara dengan empat musim akan mengalami penurunan produktifitas dalam musim dingin sedangkan Negara tropis sepanjang tahun tetap bias melakukan aktifitas keseharian tanpa hambatan yang berarti. Negara beriklim tropis memperoleh cahaya matahari sepanjang tahun, hal ini merupakan suatu potensi sangat memungkinkan seorang arsitek merancang bangunan dengan pencahayaan alami sehingga memungkinkan untuk menciptakan bangunan yang lebih hemat energi, namun sering kali cahaya matahari yang masuk juga membawa panas kedalam bangunan sehingga kenyamanan termal dalam bangunan tidak tercapai. Surabaya dengan iklim tropis lembab memiliki temperature dan radiasi yang cenderung tinggi. Bukaan yang terlalu lebar pada selubung bangunan akan memasukkan panas sehingga kemungkinan akan terjadi overheating. Sebagian besar bangunan menggunakan AC untuk membantu memperoleh kenyamanan termal. Jika desain bangunan komersial di Surabaya ini mampu meminimalkan panas yang masuk kedalam bangunan, penggunaan energy juga akan lebih efisien. Untuk memperkecil heat gain pada bangunan bias dilakukan dengan berbagai strategi diantaranya mengatur luas bukaan dan kombinasi material selubung. Tujuan dari penelitian ini untuk merumuskan WWR yang optimum pada setiap sisi selubung bangunan serta material selubung yang efisien pada middlerise office di surabaya. Studi ini menggunakan metode eksperimen dengan bantuan simulasi dengan software ecotec 2011. Penelitian dilakukan dengan mengevaluasi pengaruh desain selubung dalam hal ini WWR dan material selubung terhadap efisiensi energy pendinginan. Evaluasi efisiensi energy didasarkan pada standar penggunaan energy listrik untuk AC, beban pendinginan dan OTTV. Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah rumusan desain selubung bangunan untuk perkantoran bertingkat menengah di Surabaya dalam hal ini komposisi bukaan dan material selubung yang digunakan.

Kata kunci : Kantor; Material Selubung; Middle-rise; Tropis; WWR

Pendahuluan

Negara tropis khususnya Indonesia masuk dalam garis edar matahari sehingga cahaya matahari melimpah sepanjang tahun. Dengan penyinaran sepanjang tahun, sangat memungkinkan untuk arsitek membangun desain bangunan yang memaksimalkan pencahayaan alami sehingga bangunan akan lebih hemat energi. Cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan sering kali membawa panas sehingga kenyamanan termal dalam bangunan sulit tercapai (Yeang, 1994). Alzoubi (2010) juga menjelaskan bahwa bangunan dengan bukaan lebar akan lebih boros energi, penghematan energi untuk pencahayaan tidak sebanding dengan energi yang digunakan untuk *Air Conditioning*. Padahal banyak bangunan komersial dibangun dengan desain fasade yang hampir sama, rata-rata dengan bentuk persegi dan bukaan lebar (Knowles, 2003). Di Surabaya juga kebanyakan bangunan perkantoran dibangun dengan WWR 40%, 60% dan 80% (Juniwati, 2008). Salah satu solusi untuk bangunan dengan bukaan lebar adalah penggunaan material yang mampu mereduksi *heat gain* pada bangunan (Kim, 2010).

Green Building Council Indonesia menetapkan tolok ukur penghematan energi sebuah bangunan. Evaluasi kinerja selubung bangunan dapat dilakukan dengan perhitungan OTTV. Desain selubung bangunan dikatakan baik jika OTTV bangunan lebih kecil dari 35W/m^2 . Bangunan dikatakan efisien dalam penggunaan energi pendinginan jika energi pendinginan yang digunakan lebih kecil dari 94kWh/m^2 (Hilmawan, 2009). Penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui rumusan besar WWR dan material yang digunakan pada perkantoran bertingkat menengah yang efisien.

Metode penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan komposisi fasade bangunan perkantoran yang hemat energi menurut SNI no 03-6389-200. Secara umum metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan taktik simulasi. Metode eksperimen digunakan karena terdapat rekayasa variabel. Simulasi digunakan karena tidak memungkinkan untuk merubah variabel langsung pada objek. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah efisiensi energi pendinginan dan variabel bebas berupa material selubung dan WWR.

Pada penelitian sebelumnya (Pramita, 2012), bangunan perkantoran di Surabaya kebanyakan berbentuk persegi panjang (62,96%) sehingga dalam penelitian kali ini bentuk bangunan yang diujikan juga berbentuk persegi panjang. Hasil penelitian Olgyay (1972) menyebutkan bahwa bangunan dengan perbandingan panjang dan lebar 1:1,7 adalah bangunan yang efisien untuk daerah tropis lembab. Volume untuk model penelitian ini diambil dari rata-rata volume perkantoran bertingkat menengah di Surabaya yaitu 14.756 m³ (Pramita, 2012). Menurut Juniwati (2008), kebanyakan perkantoran di Surabaya memiliki WWR total 60%. Hal ini juga didukung oleh pernyataan Knowles (2003), kebanyakan bangunan bertingkat memiliki selubung dengan bukaan lebardan fasade dominan kaca. Dengan demikian, dimensi dari model dasar penelitian ini terdapat pada tabel 1.

Tabel 1 Model dasar

Luas lantai	608 m ²
Luas atap	608 m ²
tinggi bangunan	24,27 m
Jumlah lantai	6
volume	14756 m ³
exposed area	3083,51 m ²
s/v ratio	0,21
WWR Total	60%
WWR n	60%
WWR e	60%
WWR s	60%
WWR w	60%
Material Dinding	Bata Plester
Material Kaca	Clear Glass 6mm

Tabel 2 Perlakuan 1: Material

Kategori	Kode	Material	
		Dinding	Jendela
Base Case	a		Clear glass 6mm
Treatment	b	Bata plester	Stopsol dark blue
	c		Double clear glass
	d		low-e
	e		Double low-e
	f		Clear glass 6mm
	g	Bata ringan plester	Stopsol dark blue
	h		Double clear glass
	i		low-e
	j		Double low-e
	k	Bata ringan plester + Aluminium cladding	Clear glass 6mm
	l		Stopsol dark blue
	m		Double clear glass
	n		low-e
	o	Double low-e	
p	Bata ringan plester + polyurethane board	Clear glass 6mm	
q		Stopsol dark blue	
r		Double clear glass	
s		low-e	
t		Double low-e	

Menurut Priyatman (2002) bahan bangunan yang sering digunakan untuk dinding bangunan bertingkat antara lain bata konvensional, bata ringan dan panel beton. Hausladden (2000) berbagai teknologi dan material yang sering diaplikasikan di dinding bangunan antara lain panel *photovoltaik*, *cladding* dan panel insulasi, sehingga pada penelitian ini bahan untuk dinding tidak tembus cahaya, yang akan diujikan antara lain: bata konvensional,

batarangan, batarangan dengan *cladding*, bata ringan dengan panel insulasi. Hausladden (2000) menyebutkan kaca yang dapat mengurangi panas yang masuk kedalam bangunan antara lain: *double glass*, *low-e*, dan kaca dengan reflektifitas tinggi, maka dalam penelitian ini material kaca yang akan diujikan antara lain: *double clear glass*, *low-e*, *double low-e* dan *castopsol* (tabel 2).

Penelitian sebelumnya (Juniwati, 2008) telah menguji bangunan dengan WWR total 20%, 40%, 60%, dan 80%. Penelitian kali ini akan lebih spesifik dengan menguji WWR di setiap sisi bangunan sehingga rumusan desain selubung bangunan yang dihasilkan akan lebih spesifik pada tiap sisi selubung bangunan. Juniwati (2008) menyebutkan bahwa di Surabaya paling banyak bangunan perkantoran dengan WWR 40%-60%, sehingga pada penelitian kali ini yang akan diujikan adalah bangunan dengan WWR total 60% dan 40%, namun komposisi bukaan tiap sisi berbeda-beda seperti yang ada di tabel 3

Tabel 3 Perlakuan 2: WWR

Model	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
WWR	Total = 60%	Total = 60%	Total = 60%	Total = 40%	Total = 40%	Total = 40%
	N = 60%	N = 42,5%	N = 75%	N = 40%	N = 40%	N = 50%
	E = 60%	E = 90%	E = 35%	E = 40%	E = 60%	E = 25%
	S = 60%	S = 42,5%	S = 75%	S = 40%	S = 40%	S = 50%
	W = 60%	W = 90%	W = 35%	W = 40%	W = 60%	W = 25%

Simulasi yang digunakan adalah ecotect 2011. Simulasi digunakan untuk mengetahui beban pendinginan dan besarnya *heat gain* pada setiap model. Evaluasi didasarkan pada perhitungan OTTV dan standar *Energy Eficiency Index*.

Hasil dan Pembahasan Kondisi Iklim Surabaya

Tabel 4 Kondisi Iklim Surabaya

Bulan	Temperatur Udara			Kelemba	Kecepa	Arah	Lama	Intesitas	Curah
	Maks	Min	Rata-	Rata-rata	rata	nsi	Rata-rata	Rata-rata	Jumlah
	°C	°C	°C	%	m/s		%	Watt/m2	mm
Jan	33,8	23,2	27,4	80,5	4,3	W	48,6	5756,0	323,76
Feb	33,4	21,7	27,1	76,0	4,4	W	55,3	6149,7	415,88
Mar	33,3	23,2	27,5	82,8	3,7	E	58,6	6170,7	279,32
Apr	32,9	23,6	27,7	82,6	3,3	E	58,2	5698,4	151,78
Mei	32,7	22,5	28,0	79,6	3,7	E	68,8	5685,4	186,72
Juni	32,4	22,2	27,4	77,3	3,8	E	81,2	5925,5	53,32
Juli	32,3	21,0	26,9	75,7	4,0	E	90,8	6502,1	41,38
Aug	32,6	21,2	26,9	73,1	4,2	E	93,9	7226,2	3,10
Sep	33,8	22,4	27,5	70,3	4,2	E	89,5	7608,5	25,86
Okt	34,8	23,3	28,9	70,4	4,3	E	80,4	7450,0	67,10
Nov	34,4	23,6	28,4	75,9	3,7	E	62,9	6520,4	142,58
Des	33,6	23,2	27,8	80,1	3,8	W	42,6	5382,4	365,06

Keterangan  = Bulan Terdingin

 = Bulan Terpanas

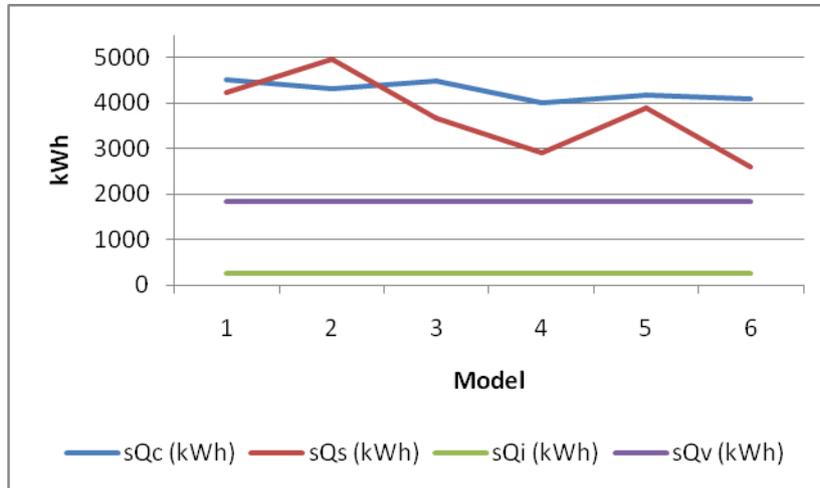
Sumber: BMKG Juanda, 2012

Tabel 4 menunjukkan kondisi iklim di Surabaya. Dalam lima tahun terakhir. Temperatur udara rata-rata tertinggi ada pada bulan Oktober sebesar 28,9°C dan temperatur rata-rata terendah ada pada bulan Agustus dan Juli sebesar 26,9°C. Curah hujan di Surabaya juga cukup tinggi di awal tahun dan pada bulan maret berangsur turun hingga pada bulan Agustus, September dan Oktober curah hujan sedikit, kemudian meningkat hingga akhir tahun. curah hujan ini juga mempengaruhi kelembaban. Saat curah hujan tinggi, kelembaban udara juga tinggi. Kelembaban tinggi akan menambah ketidak nyamanan termal. Kelembaban udara Surabaya cenderung tinggi berkisar antara 70,3% - 82,8%. Kelembaban udara tertinggi ada di bulan Maret dan kelembaban terendah ada di bulan September. Kecepatan angin berkisar antara 3,3m/s - 4,4 m/s. Kecepatan angin tertinggi pada bulan Februari dan kecepatan angin terendah ada pada bulan April. Arah angin didominasi dari arah timur dan barat.

Penyinaran matahari cenderung tinggi di pertengahan tahun. Di awal dan akhir tahun penyinaran matahari cenderung rendah karena curah hujan tinggi. Tingginya penyinaran matahari ini juga mempengaruhi besarnya intensitas radiasi. Pada bulan Februari dan Maret, radiasi matahari sedikit lebih besar dari bulan Januari, kemudian turun pada bulan April dan Mei, lalu naik hingga puncaknya bulan September dan turun lagi, hingga radiasi terendah ada di bulan Desember.

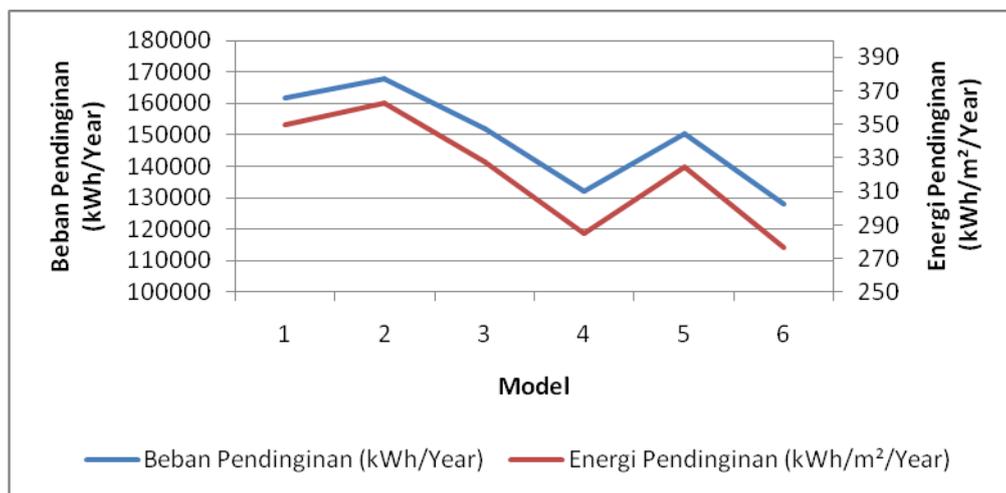
Kinerja Energi Pada Bangunan

Profil panas pada bangunan didominasi oleh panas yang masuk secara konduksi (sQc) dan panas yang masuk secara radiasi (sQs). Pada keenam model, besar *internal gain* dan *ventilation gain* sama besar karena luas lantai dan *air change per hour* di tiap model sama (gambar 1).



Gambar 1. Profil aliran panas model 1 – model 6

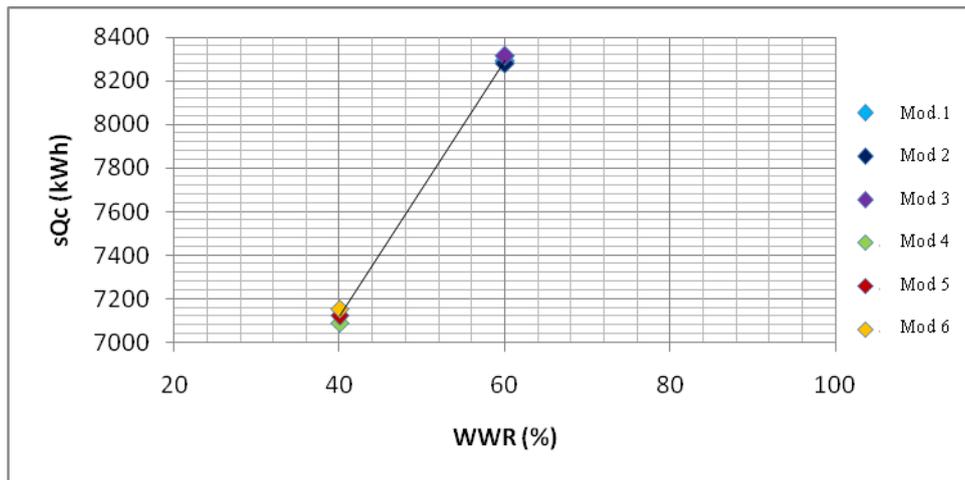
Dari gambar 1 dapat dilihat, model dengan bukaan yang besar di sisi barat dan timur cenderung memiliki sQs yang tinggi. Pada bangunan dengan total bukaan besar dan bukaan di sisi timur dan barat besar justru panas yang dominan masuk ke dalam bangunan adalah panas secara radiasi. Pada gambar 2 terlihat bahwa bangunan dengan total luas bukaan makin besar akan mengkonsumsi energi pendinginan makin besar pula. Dengan total luas bukaan yang sama, bangunan dengan bukaan sisi barat dan timur lebih besar akan memerlukan energi pendinginan paling tinggi. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaan makin besar pula energi pendinginan yang diperlukan hal ini mendukung teori sebelumnya (Yeang, 2004), namun hal ini tidak berlaku secara umum. Bangunan dengan bukaan yang lebih lebar di sisi barat dan timur walaupun secara umum total luas bukaannya lebih kecil akan tetap memiliki beban pendinginan yang tinggi.



Gambar 2. Beban pendinginan dan energi pendinginan model 1 – model 6

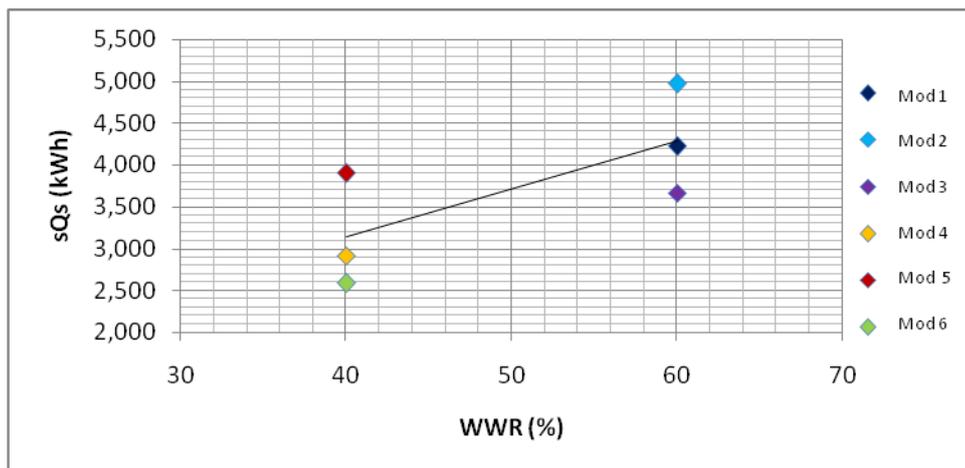
Pengaruh WWR terhadap Beban Pendinginan

Untuk panas yang merambat secara konduksi terlihat bahwa semakin besar WWR akan makin besar pula sQc (gambar 3). Namun lebar bukaan di setiap sisi tidak terlalu besar pengaruhnya. Dari gambar 3 terlihat bahwa besarnya sQc model 1, 2 dan 3 hampir sama karena luas total bukaan ketiga model ini hampir sama, begitu juga dengan model 4,5,dan 6. Kaca tidak memiliki Time lag, sehingga semakin besar luas bidang kaca panas yang masuk pada jam kerja akan makin besar. Dinding bata memiliki time lag sebesar 2,9 jam sehingga bangunan dengan dinding yang lebih banyak dapat menahan panas yang masuk lebih besar.

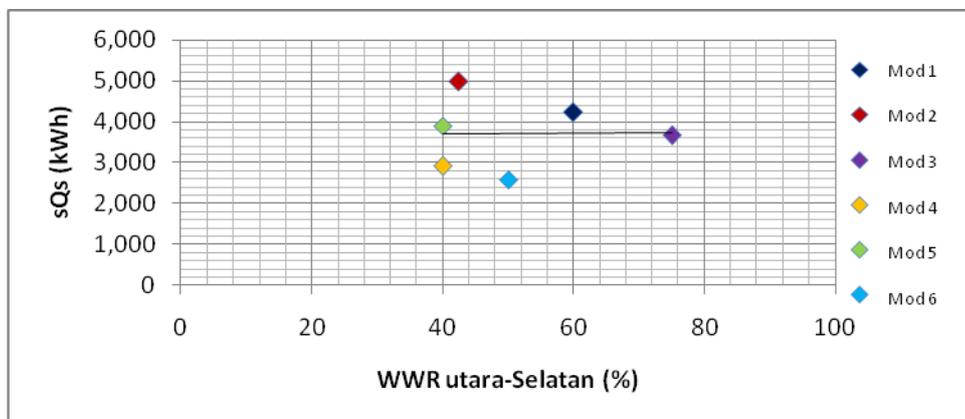


Gambar 3. Hubungan antara WWR dengan sQc

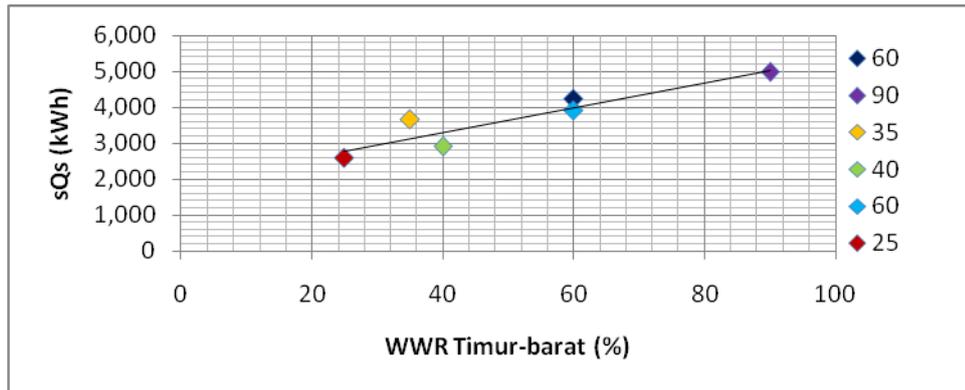
Luas jendela pada masing-masing orientasi lebih banyak berpengaruh pada masuknya panas secara radiasi (gambar 4). Pada gambar 4 tampak bahwa bangunan dengan total WWR yang sama bisa memiliki total sQs yang jauh berbeda. Model 5 dengan WWR total 40% memiliki sQs yang lebih besar dibanding model 3 dengan WWR total 60% karena pada model 5, luas kaca di sisi timur dan barat jauh lebih besar dibandingkan model 3.



Gambar 4. Hubungan antara WWR dengan sQs



Gambar 5. Hubungan antara WWR sisi utara dan selatan dengan sQs

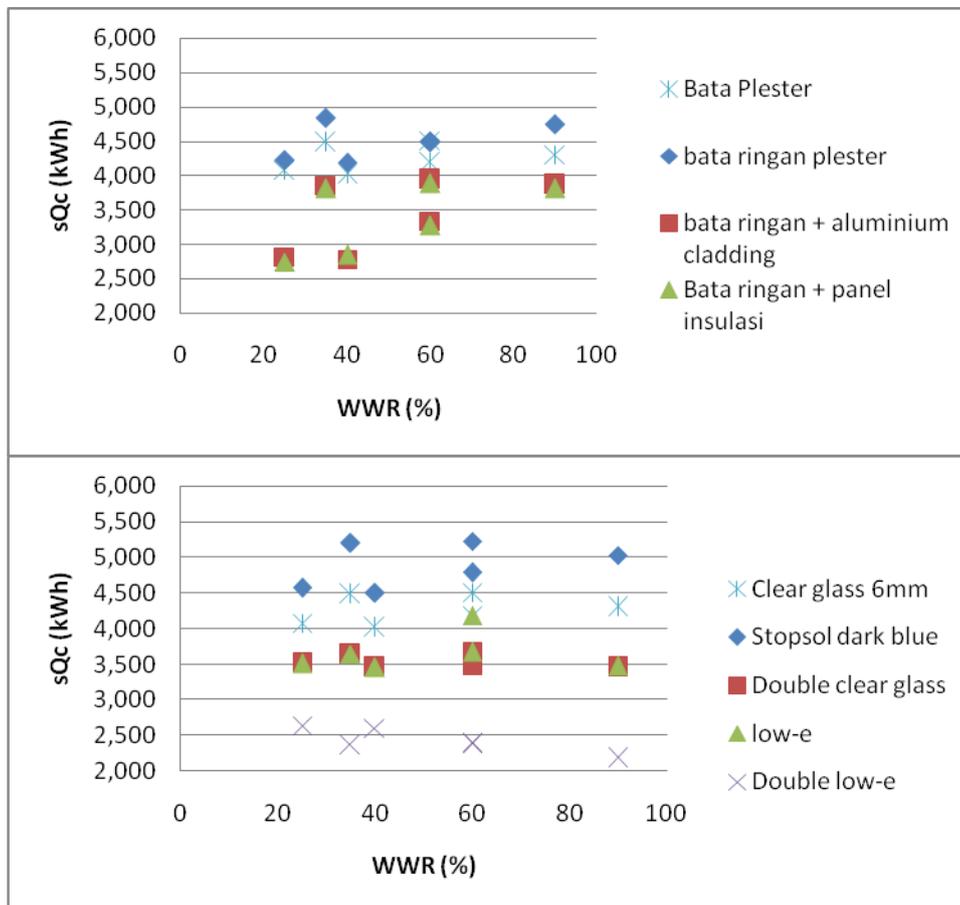


Gambar 6. Hubungan antara WWR sisi timur dan barat dengan sQs

Jika dilihat dari gambar 5 dan gambar 6, tampak bahwa perubahan WWR pada sisi timur dan barat lebih banyak pengaruhnya dari pada perubahan luas jendela di sisi utara dan selatan karena radiasi di sisi barat dan timur lebih besar dari radiasi di sisi utara dan selatan. Menambah luas bukaan 33% pada sisi barat dan timur dapat menyebabkan radiasi yang masuk 7kali lipat sehingga sQs dapat naik sekitar 17%.

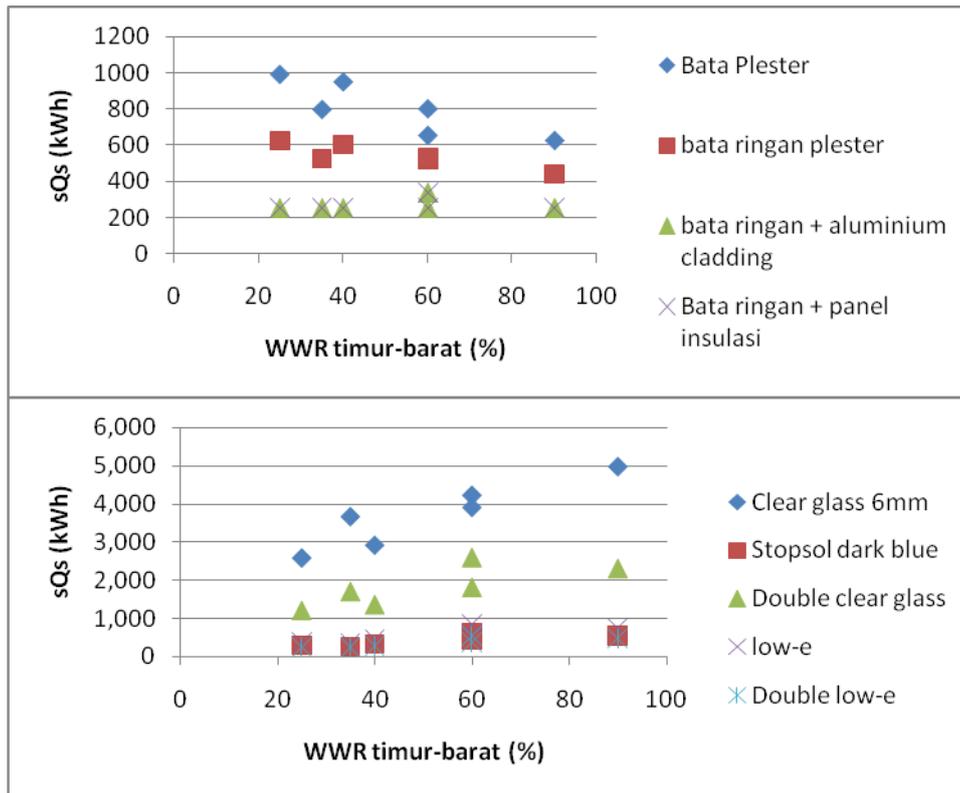
Pengaruh Material Selubung Terhadap Beban Pendinginan

Pada gambar 7 terlihat perbedaan sQc lebih banyak dipengaruhi oleh thermal properties material baik yang tembus cahaya maupun material tak tembus cahaya. Untuk dinding tak tembus cahaya, sQc banyak dipengaruhi oleh u-value dan decrement factor. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, WWR pada tiap orientasi tidak banyak berpengaruh pada besarnya sQc. Hanya jumlah total WWR yang mempengaruhi sehingga bangunan dengan luas bukaan makin besar memerlukan dinding dengan u-value dan decrement factor makin kecil dan kaca dengan u-value makin kecil.



Untuk bangunan dengan dinding timur dan barat besar, dapat diantisipasi dengan pemilihan material dinding yang memiliki alternating solar gain rendah. Besarnya sQs pada kaca ditentukan oleh luas bidang kaca, A_{sg},

dan besarnya radiasi yang menerpa setiap sisi bangunan. Kaca stopsol cenderung memantulkan banyak radiasi matahari dari pada menyerapnya sehingga asg kaca stopsol jauh dibawah kaca clear glass, hal ini menyebabkan sQs kaca stopsol dibawah *clear glass* (gambar 7). Radiasi matahari cenderung diteruskan dan diserap oleh kaca bening sehingga kemampuan double clear glass dalam mereduksi radiasi yang masuk clear glass juga kurang baik. Karena asg untuk *double clear glass* hanya sedikit dibawah *clear glass*, maka sQs untuk *double clear glass* juga memiliki selisih yang tidak terlalu besar. Radiasi yang diserap dan diteruskan pada kaca *low-e* cukup kecil sehingga panas yang masuk akibat radiasi pun juga kecil. *Double low-e* yang juga memiliki nilai asg paling rendah dari jenis kacalain, pada setiap model kaca ini memiliki sQs yang paling rendah. Bangunan dengan WWR besar lebih perlu menitik beratkan pada pemilihan material kaca karena panas secara radiasi lebih banyak langsung menerobos pada kaca dibanding dinding.



Gambar 8. Hubungan antara WWR sisi timur dan barat, material dengan sQs

Pengaruh Material Dan WWR terhadap Beban Pendinginan

Ditinjau dari perhitungan OTTV (tabel 5), komposisi bukaan yang baik untuk perkantoran adalah dengan WWR total 40% dan material kaca double low-e. Semakin besar bukaan material kaca yang diperlukan harus makin baik, memiliki alternating solar gain yang kecil. Namun jika ditinjau dari penggunaan listrik untuk AC (tabel 6), semua model dengan material yang telah diujikan dalam penelitian ini tidak ada yang masuk dalam kelompok bangunan efisien.

Tabel 5. OTTV setiap model dengan alternatif material dinding dan kaca

Model		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	
	Material	WWR						
		Total = 60%	Total = 60%	Total = 60%	Total = 40%	Total = 40%	Total = 40%	
		N = 60%	N = 42,5%	N = 75%	N = 40%	N = 40%	N = 50%	
		E = 60%	E = 90%	E = 35%	E = 40%	E = 60%	E = 25%	
Dinding	Jendela	S = 60%	S = 42,5%	S = 75%	S = 40%	S = 40%	S = 50%	
		W = 60%	W = 90%	W = 35%	W = 40%	W = 60%	W = 25%	
a	Bata Plester	Clear glass 6mm	106,67	113,53	101,23	81,14	86,81	78,54
b		Stopsol dark blue	67,43	70,68	64,86	54,98	57,69	53,76
c		Double clear glass	77,22	82,06	73,35	61,51	65,39	59,58
d		low-e	90,46	96,49	85,66	70,34	75,20	67,96
e		Double low-e	55,61	59,10	52,78	47,10	49,75	45,59

Tabel 5. OTTV setiap model dengan alternatif material dinding dan kaca (lanjutan)

Model		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	
	Material	WWR						
		Total = 60%	Total = 60%	Total = 60%	Total = 40%	Total = 40%	Total = 40%	
		N = 60%	N = 42,5%	N = 75%	N = 40%	N = 40%	N = 50%	
		E = 60%	E = 90%	E = 35%	E = 40%	E = 60%	E = 25%	
		S = 60%	S = 42,5%	S = 75%	S = 40%	S = 40%	S = 50%	
Dinding	Jendela	W = 60%	W = 90%	W = 35%	W = 40%	W = 60%	W = 25%	
a	Bata Plester	Clear glass 6mm	106,67	113,53	101,23	81,14	86,81	78,54
b		Stopsol dark blue	67,43	70,68	64,86	54,98	57,69	53,76
c		Double clear glass	77,22	82,06	73,35	61,51	65,39	59,58
d		low-e	90,46	96,49	85,66	70,34	75,20	67,96
e		Double low-e	55,61	59,10	52,78	47,10	49,75	45,59
f	bata ringan plester	Clear glass 6mm	106,29	113,15	100,85	80,57	86,26	77,98
g		Stopsol dark blue	67,05	70,30	64,48	54,41	57,13	53,20
h		Double clear glass	76,84	81,69	72,97	60,94	64,84	59,02
i		low-e	89,01	95,03	84,20	69,05	73,90	66,67
j		Double low-e	55,23	58,72	52,40	46,53	49,20	45,03
k	bata ringan + aluminium cladding	Clear glass 6mm	96,68	103,59	91,26	66,15	72,12	63,72
l		Stopsol dark blue	88,75	94,86	83,98	60,87	66,19	58,76
m		Double clear glass	67,23	72,12	63,38	46,52	50,70	44,76
n		low-e	80,47	86,55	75,69	55,35	60,51	53,15
o		Double low-e	45,62	49,16	42,81	32,11	35,06	30,78
p	Bata ringan + panel insulasi	Clear glass 6mm	95,73	102,65	90,32	64,74	70,73	62,32
q		Stopsol dark blue	56,49	59,80	53,95	38,58	41,60	37,54
r		Double clear glass	66,28	71,18	62,44	45,10	49,31	43,36
s		low-e	79,53	85,61	74,75	53,93	59,12	51,74
t		Double low-e	44,67	48,22	41,87	30,69	33,67	29,38

Kesimpulan

1. WWR yang baik untuk perkantoran tanpa eksternal shading di Surabaya adalah lebih kecil dari 40%, bangunan dengan bukaan lebar harus menggunakan kaca dan dinding yang memiliki u-value rendah dan asg kecil serta dibantu dengan eksternal shading device.
2. Penambahan luas bukaan di sisi barat dan timur akan banyak mempengaruhi panas yang masuk secara radiasi. Untuk panas secara konduksi, orientasi bukaan tidak terlalu berpengaruh
3. Dengan WWR yang sama, Bangunan dengan bukaan utara dan selatan lebih besar akan memiliki beban pendinginan lebih kecil dibanding bangunan dengan luas bukaan sama besar di tiap sisi.

DaftarPustaka

AlzoubiHussain H; Al-ZoubiAmneh(2010), “AssesmentOf Building Facade Performance In Terms Of Daylighting And The Associated Energy Consumption In Architectural Spaces: Vertical And Horizontal Shading Devices For Shouthern Exposure Facade”, Science Direct.

HausladenGerhard, et all (2000), Climate Skin, Birkhauser, Berlin

Hilmawan Edi dan Said Mustafa (2009), “Energy Efficiency Standart and Labeling Policy in Indonesia”, International cooperation for Energy Efficiency Standart and Labelinmg Policy, Tokyo

JuniwatiAnikdanAsriDinapradipta (2008), “Optimum Façade Design For Energy Efficient High-Rise Office Building In Hot Humid Tropics”, Proceedings 9th SENVAR + 2nd ISESEE 2008, Malaysia

Kim Gon dan Jeong Tai Kim (2010), “Healthy-daylighting design for the living environment in apartments in Korea”, Science Direct: Building and Environment 45 (2010) 287–294

Knowles, R.L. (2003). “The Solar Envelope: Its Meaning for Energy and Buildings”, Journal of Energy and Buildings. 35: 15-25

Olgay, V (1972). Design with Climate- Bioclimatic approach to architectural regionalism,Princeton University Press, New Jersey

Pramita Dian (2012) “Effect Of Building Form On Cooling Energy Performance Of Middle-Rise Office Building In Surabaya”, Proceedings13th SENVAR + 2nd CONVESS 2012, Jogjakarta

Priatman Jimmy (2002), ”Energy-Efficient ArchitectureParadigma Dan ManifestasiArsitekturHijau”. FT UKPetra: DimensiTeknikArsitekturvol 31 no 1

SNI, (2000), “KonservasiEnergiSelubungBangunanpadaBangunanGedung”, SNI No. 03-6389-200

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