

BAB 5

SIMULASI RETROFIT ARSITEKTUR FASAD

5.1. Simulasi Pengubahsuaian Fasad

Simulasi pengubahsuaian dilakukan pada gedung BRI II sebagai model bangunan tinggi kantor yang telah dipergunakan lebih dari 20 tahun dan memiliki permasalahan besarnya panas yang masuk ke dalam bangunan. Eksperimen yang dilakukan dengan mengujikan setiap tindakan pengubahsuaian pada model yang telah dibuat untuk mengetahui pengurangan nilai OTTV secara terperinci.

Dari hasil pengujian tersebut akan dibuat matriks konfigurasi fasad yang menjabarkan hubungan penurunan OTTV terhadap setiap tindakan pengubahsuaian yang dilakukan. Tahapan yang terakhir adalah mengujikan kembali matriks yang dibuat terhadap gedung lain yang serupa yaitu *Sampoerna Strategic Square* yang memiliki ciri dan permasalahan yang serupa untuk menguji kebenaran matriks yang dibuat dan efisiensi pengubahsuaian yang dilakukan.

Berikut ini simulasi pengubahsuaian yang akan dijabarkan satu persatu:

5.1.1. Perubahan Perbandingan Bidang Kaca dan Bidang Masif

Simulasi pertama yang dilakukan dengan mengubah perbandingan material masif dan kaca tanpa mengubah material yang dipergunakan. Berdasarkan penelitian dari Prof Djatmika dinyatakan bahwa persentase bukaan yang efektif adalah 30 hingga 70%. Maka akan diujikan 30, 50 dan 70%. Berikut ini perbandingan pengurangan transmisi panas pada kaca dan peningkatan

nilai konduksi pada dinding di setiap percobaan perubahan nilai wwr yang dilakukan dengan tanpa merubah material yang dipergunakan. Detil perhitungan simulasi ini dapat dilihat pada lampiran 8.

Simulasi	WWR	Nilai OTTV	% Penurunan OTTV
Baseline	86%	83,56	
1	70%	69	17%
2	50%	52	38%
3	30%	35	58%

Tabel 5. 1. Perbandingan Nilai OTTV pada Simulasi Pengurangan Nilai WWR

Simulasi perubahan nilai WWR yang dilakukan, tanpa melakukan perubahan material fasad yang dipergunakan didapatkan penurunan nilai transmisi panas atau OTTV sebesar 17 hingga 58% dibandingkan dengan nilai OTTV eksisting atau yang disebut baseline. Semakin kecil nilai wwr yang berarti semakin kecil persentase penggunaan kaca maka akan semakin besar nilai pengurangan transmisi panas atau dapat dikatakan penurunan nilai wwr akan berbanding lurus dengan penurunan nilai OTTV.

5.1.2. Perubahan Jenis Material Kaca

Simulasi ini dilakukan dengan mengubah material kaca dengan nilai *U value*, dan SC yang berbeda, lalu mengujikan dengan kaca hemat energi, *double glass* dan kaca dengan solar panel (BIPV). Jenis kaca yang diujikan ini merupakan jenis kaca yang paling banyak dipergunakan dan kaca yang merupakan teknologi paling baru. Material kaca ini diganti namun tidak mengubah persentase kaca yang ada yaitu 86%.

Berdasarkan simulasi penggantian material kaca didapatkan hasil bahwa perubahan material kaca saja tanpa mengubah nilai wwr eksisting maka tidak mengurangi nilai OTTV yang signifikan. Berikut ini hasil OTTV dari pengujian perubahan material kaca yang dibandingkan dengan nilai OTTV eksisting yang disebut sebagai *baseline*. Detil perhitungan simulasi ini dapat dilihat pada Lampiran 9.

Tipe Kaca	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
OTTV	138,6	87,93	77,41	73	75,1	67,97	65,11	156,57	68,55	58
Pengurangan	0,00%	0,00%	7,36%	12,64%	10,12%	18,66%	22,08%	0,00%	17,96%	30,21%

Keterangan:					
K1	=	Kaca tunggal 8mm tipe bening	K6	=	Kaca double
K2	=	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	K7	=	Kaca double low-e
K3	=	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	K8	=	BIPV Lacolabel
K4	=	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	K9	=	BIPV Artlite
K5	=	Kaca Low- e	K10	=	BIPV Stopray

Tabel 5. 2. Nilai OTTV Setiap Sisi Fasad dari Simulasi Penggantian Material Kaca

Perubahan material kaca dengan wwr 86% akan mengurangi nilai OTTV sebesar 7,36 hingga 30,21%. Namun pengurangan dari OTTV eksisting yang sebesar 83,56 Watt/m², maka perubahan yang dilakukan tetap tidak memenuhi persyaratan yang berlaku yaitu 35 Watt.m².

5.1.3. Perubahan Jenis Material Masif

Pada simulasi penggantian material bidang masif yang dilakukan, diujikan beberapa material yang umum dipergunakan sebagai bidang masif pada bangunan tinggi kantor tanpa mengubah nilai WWR. Jadi luas dinding atau bidang masif yang dipergunakan pada fasad akan sesuai dengan eksisting. Berikut ini pada tabel 5.4 dapat dilihat perolehan nilai OTTV akibat

perubahan material dinding masif pada bangunan. Detil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 10.

Dinding	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	Baseline
OTTV	83,54	82,54	83,48	83,44	83,5	83,45	83,38	83,5	83,56
Pengurangan	0,02%	1,22%	0,10%	0,14%	0,07%	0,13%	0,22%	0,07%	0,00%

Keterangan:	
W1 =	Bata dengan plester kedua sisi + kaca
W2 =	Bata dengan plester + aluminium komposit
W3 =	Bata ringan dengan plester kedua sisi + kaca
W4 =	Bata ringan dengan plester + aluminium komposit
W5 =	Beton precast + kaca
W6 =	Beton precast + aluminium komposit
W7 =	Beton sterofoam + kaca
W8 =	Beton sterofoam + Aluminium Composit

Tabel 5. 3. Perbandingan Nilai OTTV pada Setiap Sisi Fasad dari Simulasi Perubahan Material Dinding

Dari simulasi yang dilakukan penurunan OTTV yang di dapatkan sangat kecil hanya berkisar 0,02 hingga 0,23% penurunan OTTV dari baseline. Pada gambar 5.12 di bawah ini dapat dilihat perbandingan nilai OTTV dari simulasi perubahan material dinding yang dilakukan berikut pengurangan nilai OTTV dari OTTV bangunan eksisting. Penurunan nilai OTTV terbesar didapatkan pada penggunaan material W7 dan W8 yaitu material beton sterofoam yang dikenal juga sebagai beton sandwich baik dengan finishing kaca maupun aluminium komposit.

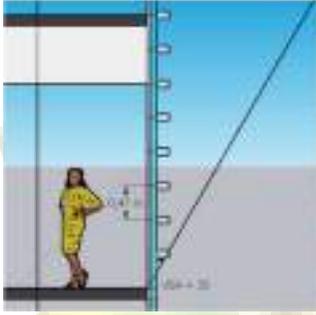
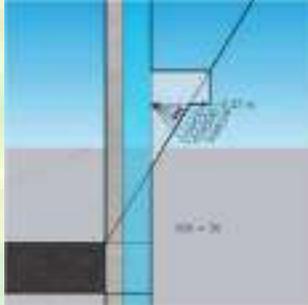
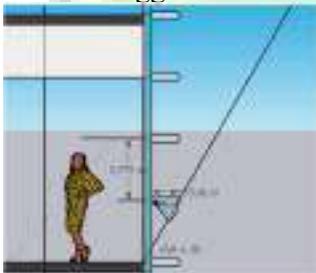
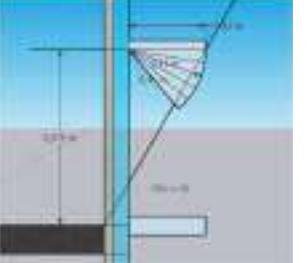
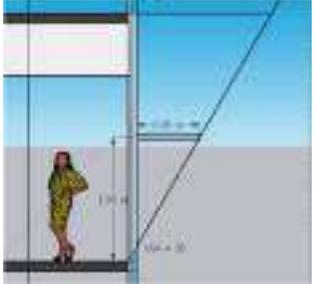
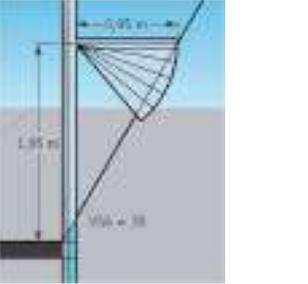
5.1.4. Penambahan Sirip Penangkal Sinar Matahari

Simulasi pembayangan yang dilakukan adalah dengan membuat simulasi dengan melakukan penambahan sirip baik horisontal, vertikal maupun gabungan atau *eggcrate* tanpa merubah bagian fasad lainnya. Dalam simulasi ini sirip ditambahkan dengan VSA (*Vertical Shadow Angle*) dan HSA (*Horizontal Shadow Angle*) 30⁰, 50⁰ dan 70⁰ sesuai dengan penelitian dari

IFC yang menyatakan sudut tersebut efektif mengurangi nilai OTTV (Jatmika; 2011). Sirip ditambahkan secara merata di keempat sisi bangunan.

Berikut ini simulasi penambahan sirip

- a. Penambahan Sirip Horizontal yang dilakukan dengan VSA 30° , 50° dan 70° serta jarak antar sirip $1/8$, $1/4$, $1/2$, $3/4$, 1 dari tinggi lantai dan kemiringan sirip 0 , 10 , 20 , 30 , 40 , dan 50° . Berikut ini variasi simulasi sirip horizontal yang disimulasikan, detail perhitungan OTTV dapat dilihat pada Lampiran 11.

VSA	Jarak Antar Sirip	Kemiringan Sirip
30°	$1/8$ dari tinggi antar lantai 	0 , 10 , 20 , 30 , 40 , dan 50° 
30°	$1/4$ dari tinggi antar lantai 	0 , 10 , 20 , 30 , 40 , dan 50° 
30°	$1/2$ dari tinggi antar lantai 	0 , 10 , 20 , 30 , 40 , dan 50° 

30^0	$\frac{3}{4}$ dari tinggi antar lantai	0, 10, 20, 30, 40, dan 50^0
30^0	1 dari tinggi antar lantai	0, 10, 20, 30, 40, dan 50^0

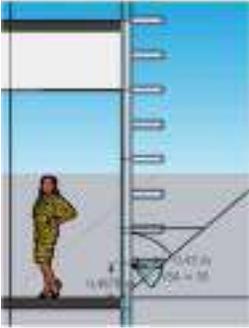
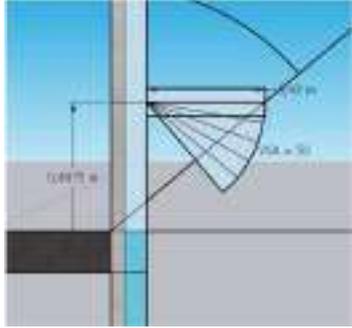
Tabel 5.4. Simulasi Penambahan Sirip Horizontal dengan VSA 30^0

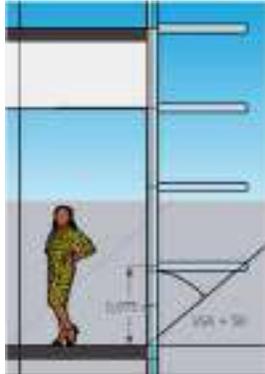
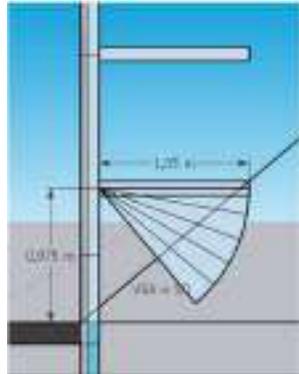
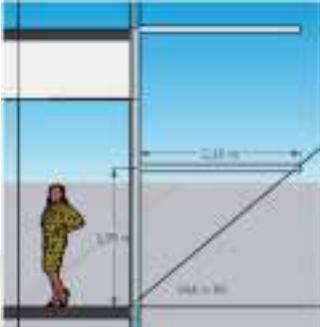
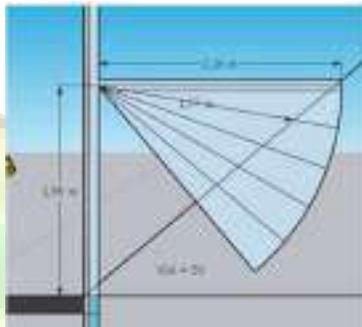
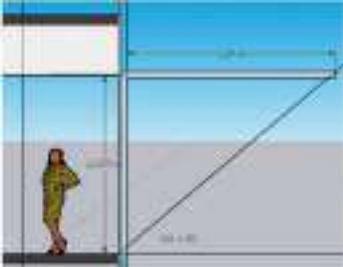
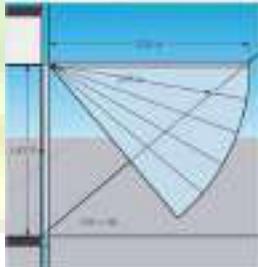
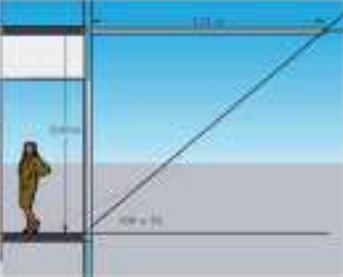
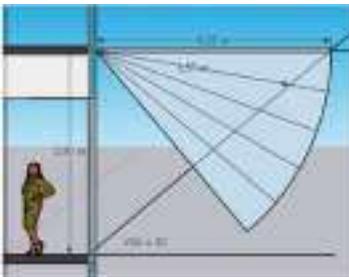
Berikut ini nilai OTTV yang dihasilkan dari simulasi penambahan sirip horizontal yang pertama dengan sudut VSA 30^0 . Pada simulasi ini penurunan transmisi panas sebesar 39,47 hingga 46,37%. Namun nilai OTTV yang dihasilkan belum memenuhi standar peraturan OTTV yang berlaku.

Kode	Sudut	Jarak (cm)	Sudut Sirip	Panjang (cm)	OTTV Total	Pengurangan Panas	
	VSA						
					83,56		
SIMULASI 1	1	30	1/8 h	0	17	49,52	40,74%
		30	1/8 h	10	10	50,58	39,47%
		30	1/8 h	20	10	50,3	39,80%
		30	1/8 h	30	10	50,1	40,04%
		30	1/8 h	40	10	50,89	39,10%
	2	30	1/4 h	0	41	48,25	42,26%
		30	1/4 h	10	41	47,54	43,11%
		30	1/4 h	20	41	46,97	43,79%
		30	1/4 h	30	41	46,57	44,27%
		30	1/4 h	40	41	46,33	44,55%
	3	30	1/2 h	0	95	48,25	42,26%
		30	1/2 h	10	95	47,54	43,11%
		30	1/2 h	20	95	46,97	43,79%
		30	1/2 h	30	95	45,35	45,73%
		30	1/2 h	40	95	46,33	44,55%
	4	30	3/4 h	0	150	46,3	44,59%
		30	3/4 h	10	150	45,39	45,68%
		30	3/4 h	20	150	44,71	46,49%
		30	3/4 h	30	150	45,15	45,97%
		30	3/4 h	40	150	43,76	47,63%
	5	30	h	0	200	47,25	43,45%
		30	h	10	200	45,13	45,99%
		30	h	20	200	45,69	45,32%
		30	h	30	200	45,19	45,92%
		30	h	40	200	44,9	46,27%
					44,81	46,37%	

Tabel 5. 5. Nilai OTTV dari Simulasi Penambahan Sirip Horizontal dengan VSA 30⁰

Simulasi kedua dilakukan dengan penambahan sirip horizontal dengan VSA 50⁰. Berikut ini adalah variasi dari penambahan sirip horizontal yang akan disimulasikan. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 11.

VSA	Jarak Antar Sirip	Kemiringan Sirip
50 ⁰	1/8 dari tinggi antar lantai	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
		

50°	1/4 dari tinggi antar lantai 	0, 10, 20, 30, 40, dan 50° 
50°	1/2 dari tinggi antar lantai 	0, 10, 20, 30, 40, dan 50° 
50°	3/4 dari tinggi antar lantai 	0, 10, 20, 30, 40, dan 50° 
50°	1 dari tinggi antar lantai 	0, 10, 20, 30, 40, dan 50° 

Tabel 5.6. Penambahan Sirip Horizontal dengan VSA 50°

Dalam simulasi yang dilakukan penurunan nilai OTTV yang didapatkan sebesar 46,01 hingga 51,28% dari nilai OTTV baseline. Detil perhitungan penambahan sirip horizontal ini dapat dilihat di Lampiran 11.

Kode	Sudut	Jarak (cm)	Sudut Sirip	Panjang (cm)	OTTV Total	Pengurangan Panas	
	VSA						
83,56							
SIMULASI 2	1	50	1/8 h	0	43	45,11	46,01%
		50	1/8 h	10	43	44,01	47,33%
		50	1/8 h	20	43	43,18	48,32%
		50	1/8 h	30	43	42,68	48,92%
		50	1/8 h	40	43	42,3	49,38%
		50	1/8 h	50	43	42,01	49,72%
	2	50	1/4 h	0	105	44,17	47,14%
		50	1/4 h	10	43	43,18	48,32%
		50	1/4 h	20	43	41,98	49,76%
		50	1/4 h	30	43	41,92	49,83%
		50	1/4 h	40	43	41,54	50,29%
		50	1/4 h	50	43	41,36	50,50%
	3	50	1/2 h	0	216	43,79	47,59%
		50	1/2 h	10	177	43,47	47,98%
		50	1/2 h	20	156	43,18	48,32%
		50	1/2 h	30	144	42,81	48,77%
		50	1/2 h	40	137	42,83	48,74%
		50	1/2 h	50	135	43,57	47,86%
	4	50	3/4 h	0	328	43,35	48,12%
		50	3/4 h	10	270	42,87	48,70%
		50	3/4 h	20	239	42,81	48,77%
		50	3/4 h	30	220	43,07	48,46%
		50	3/4 h	40	210	42,29	49,39%
		50	3/4 h	50	207	42,02	49,71%
	5	50	h	0	4,25	44,07	47,26%
50		h	10	3,57	43,47	47,98%	
50		h	20	315	43,18	48,32%	
50		h	30	219	43,26	48,23%	
50		h	40	277	42,84	48,73%	
50		h	50	273	40,71	51,28%	

Tabel 5. 7. Nilai OTTV dari Simulasi Penambahan Sirip Horizontal dengan VSA 50⁰

Simulasi ketiga dilakukan dengan penambahan sirip horizontal dengan VSA 70⁰. Berikut ini adalah variasi dari penambahan sirip horizontal yang akan disimulasikan. Untuk detil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 11.

VSA	Jarak Antar Sirip	Kemiringan Sirip
70 ⁰	1/8 dari tinggi antar lantai	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
70 ⁰	1/4 dari tinggi antar lantai	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
70 ⁰	1/2 dari tinggi antar lantai	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
70 ⁰	3/4 dari tinggi antar lantai	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
70 ⁰	1 dari tinggi antar lantai	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰

Tabel 5. 8. Simulasi Penambahan Sirip Horizontal dengan VSA 70⁰

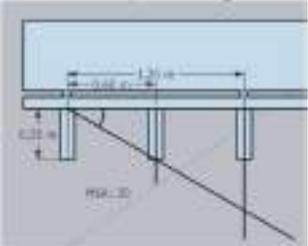
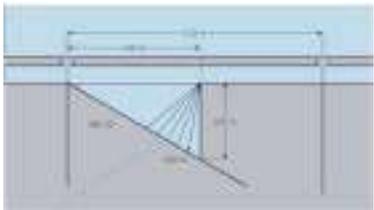
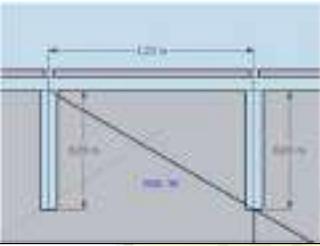
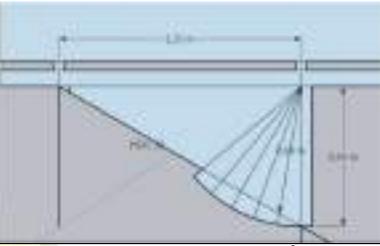
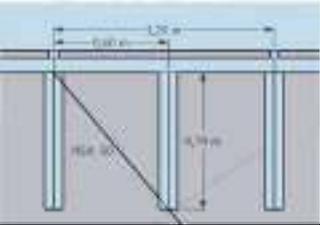
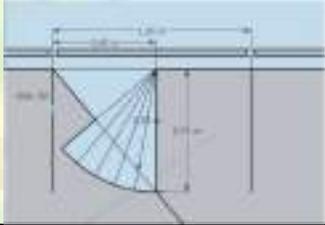
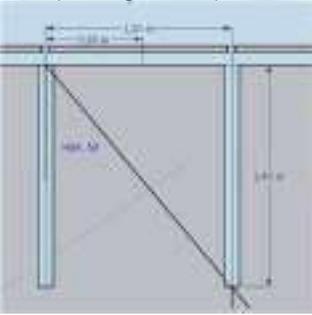
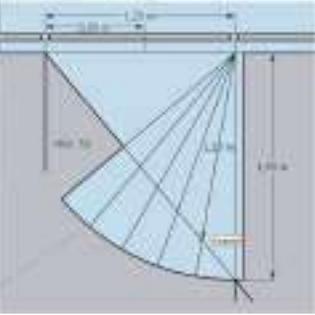
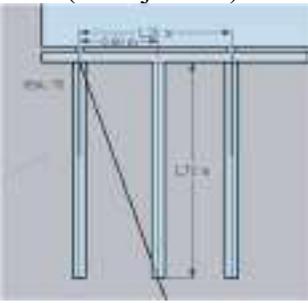
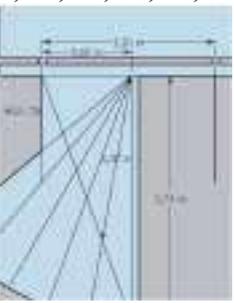
Dalam simulasi penambahan sirip horizontal dengan sudut VSA 70⁰ didapatkan penurunan nilai OTTV yang didapatkan sebesar 49,62 hingga 50,29 % dari nilai OTTV baseline. Namun penurunan tersebut belum dapat memenuhi standar OTTV yang ditentukan.

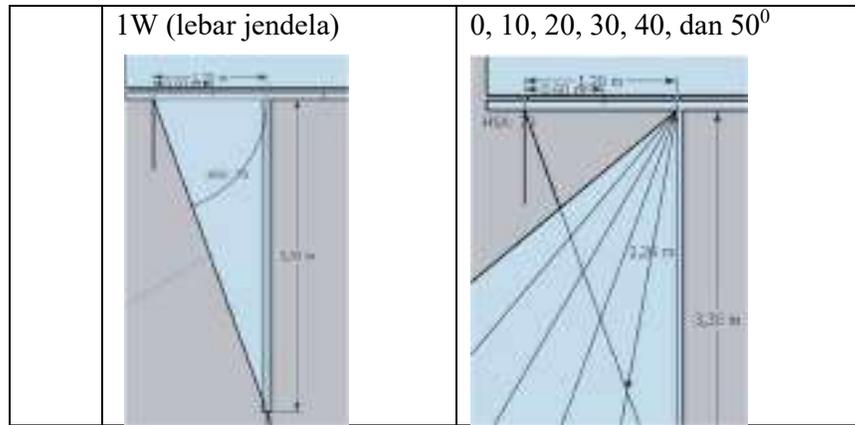
Kode	Sudut	Jarak (cm)	Sudut Sirip	Panjang (cm)	OTTV Total	Pengurangan Panas	
	VSA						
					83,56		
SIMULASI 3	1	70	1/8 h	0	116	42,1	49,62%
		70	1/8 h	10	79	41,88	49,88%
		70	1/8 h	20	62	41,91	49,84%
		70	1/8 h	30	52	41,92	49,83%
		70	1/8 h	40	46	41,86	49,90%
	70	1/8 h	50	42	42,02	49,71%	
	2	70	1/4 h	0	258	41,92	49,83%
		70	1/4 h	10	79	44,01	47,33%
		70	1/4 h	20	130	41,72	50,07%
		70	1/4 h	30	109	41,64	50,17%
		70	1/4 h	40	97	41,86	49,90%
	70	1/4 h	50	89	42,91	48,65%	
	3	70	1/2 h	0	516	41,92	49,83%
		70	1/2 h	10	343	41,8	49,98%
		70	1/2 h	20	267	41,72	50,07%
		70	1/2 h	30	224	41,64	50,17%
		70	1/2 h	40	198	41,54	50,29%
	70	1/2 h	50	183	41,59	50,23%	
	4	70	3/4h	0	773	41,85	49,92%
		70	3/4h	10	520	41,59	50,23%
		70	3/4h	20	404	41,47	50,37%
		70	3/4h	30	339	41,42	50,43%
		70	3/4h	40	300	41,32	50,55%
	70	3/4h	50	277	41,27	50,61%	
	5	70	h	0	10,1	41,99	49,75%
70		h	10	682	41,8	49,98%	
70		h	20	530	41,72	50,07%	
70		h	30	445	41,64	50,17%	
70		h	40	394	41,54	50,29%	
70	h	50	368	41,59	50,23%		

Tabel 5. 9. Nilai OTTV dari Penambahan Sirip Horizontal dengan VSA 70⁰

b. Penambahan Sirip Vertikal

Penambahan sirip vertikal dengansudutt HSA 30, 50 dan 70, sudut kemiringan sirip 0, 10, 20, 30, 40, dan 50 dan jarak antar sirip ½ dan 1 dari W atau lebar sebuah modul kaca. Berikut ini varian sirip vertikal yang disimulasikan pada fasad.

VSA	Jarak Antar Sirip	Kemiringan Sirip
30 ⁰	½ W (lebar jendela) 	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰ 
30 ⁰	1W (lebar jendela) 	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰ 
50 ⁰	½ W (lebar jendela) 	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰ 
50 ⁰	1W (lebar jendela) 	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰ 
70 ⁰	½ W (lebar jendela) 	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰ 



Tabel 5. 10. Penambahan Sirip Vertikal dengan HAS 30⁰, 50⁰ dan 70⁰

Berikut ini nilai OTTV yang dihasilkan dari simulasi sirip vertikal yang dilakukan. Detil perhitungan inidapat dilihat pada Lampiran 11.

Kode	HSA	Jarak (cm)	Jenis Sirip		Panjang (cm)	OTTV Total	Pengurangan Panas	
			Arah	Sudut Sirip				
SIMULASI 4	30	1/2 w	60	Vertikal	0	35	49,28	41,02%
					10	33	48,45	42,02%
					20	32	48,45	42,02%
					30	31	47,18	43,54%
					40	32	46,73	44,08%
					50	35	46,48	44,38%
	30	w	120	Vertikal	0	69	49,28	41,02%
					10	64	48,48	41,98%
					20	61	47,75	42,86%
					30	60	47,18	43,54%
					40	61	46,73	44,08%
					50	64	46,48	44,38%
SIMULASI 5	50	1/2 w	60	Vertikal	0	69	49,28	41,02%
					10	64	48,45	42,02%
					20	61	47,75	42,86%
					30	60	47,18	43,54%
					40	61	46,73	44,08%
					50	64	46,48	44,38%
	50	w	120	Vertikal	0	143	45,07	46,06%
					10	120	44,54	46,70%
					20	106	43,6	47,82%
					30	98	43,98	47,37%
					40	93	44,04	47,30%
					50	92	43,69	47,71%

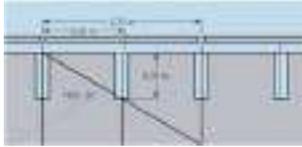
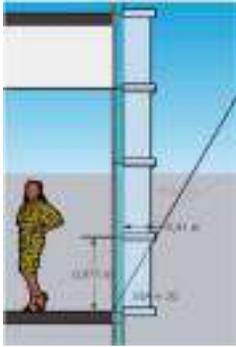
Kode	HSA	Jarak (cm)		Jenis Sirip		Panjang (cm)	OTTV Total	Pengurangan Panas
				Arah	Sudut Sirip			
SIMULASI 6	70	1/2 w	60	Vertikal	0	171	42,82	48,76%
				Vertikal	10	117	42,65	48,96%
				Vertikal	20	91	42,54	49,09%
				Vertikal	30	76	42,53	49,10%
				Vertikal	40	67	42,2	49,50%
				Vertikal	50	62	42,12	49,59%
	70	w	120	Vertikal	0	330	42,89	48,67%
				Vertikal	10	226	42,84	48,73%
				Vertikal	20	175	42,76	48,83%
				Vertikal	30	147	42,53	49,10%
				Vertikal	40	130	42,61	49,01%
				Vertikal	50	120	42,12	49,59%

Tabel 5. 11. Nilai OTTV dari Simulasi Penambahan Sirip Vertikal dengan HSA 30⁰, 50⁰, dan 70⁰

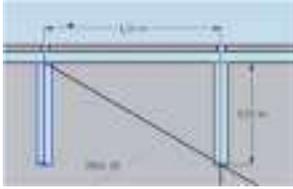
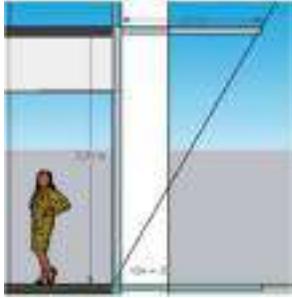
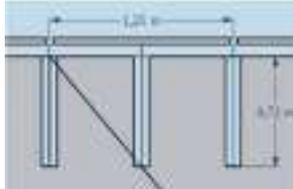
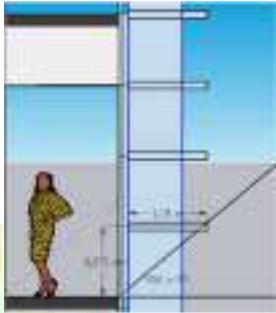
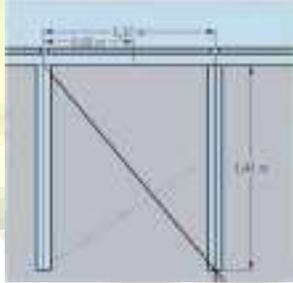
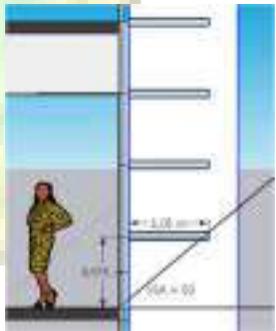
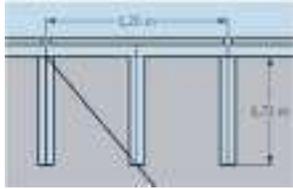
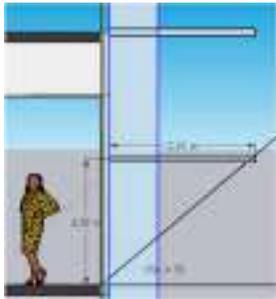
Besar penurunan nilai OTTV yang didapatkan dari penambahan sirip vertikal adalah 41,02 hingga 49,59 % dari nilai OTTV baseline. Namun penurunan tersebut belum dapat memenuhi standar OTTV yang ditentukan.

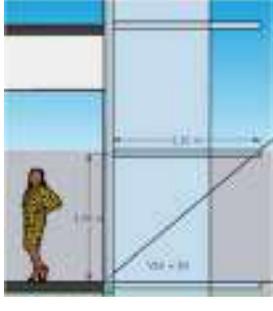
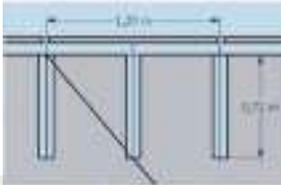
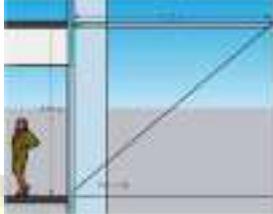
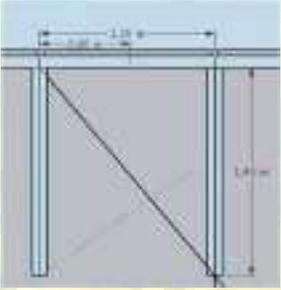
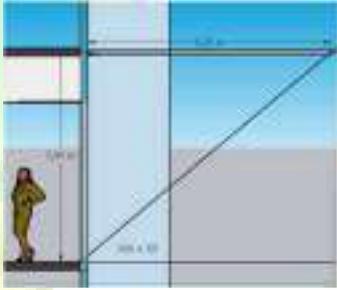
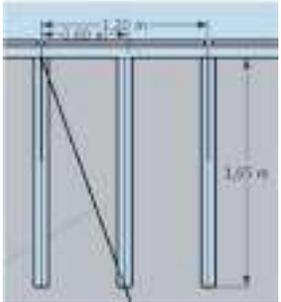
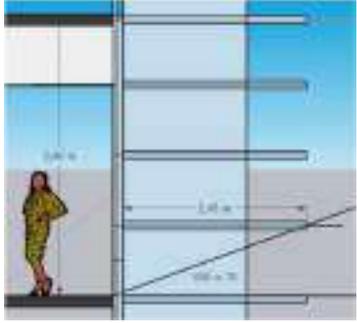
c. Penambahan Sirip Gabungan

Simulasi penambahan sirip gabungan atau *eggcrate* sama halnya dengan penambahan sirip vertikal dan horizontal, menggunakan variasi dari HSA dan VSA 30, 50, dan 70⁰. Berikut ini varian penambahan sirip gabungan yang disimulasikan.

VSA	HSA	Jarak Antar Sirip	Kemiringan Sirip
30 ⁰	30 ⁰	1/2 W (lebar jendela) 	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰ 

30 ⁰	30 ⁰	1 W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
30 ⁰	30 ⁰	½ W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
30 ⁰	30 ⁰	1 W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
30 ⁰	30 ⁰	½ W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50

30 ⁰	30 ⁰	1 W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
			
50 ⁰	50 ⁰	½ W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
			
50 ⁰	50 ⁰	1 W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
			
50 ⁰	50 ⁰	½ W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
			

50 ⁰	50 ⁰	1 W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
			
50 ⁰	50 ⁰	½ W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
			
50 ⁰	50 ⁰	1 W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
			
70 ⁰	70 ⁰	½ W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
			

70 ⁰	70 ⁰	½ W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
70 ⁰	70 ⁰	½ W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰
70 ⁰	70 ⁰	1 W (lebar jendela)	0, 10, 20, 30, 40, dan 50 ⁰

Tabel 5. 12. Varian Simulasi Sirip Gabungan

Nilai OTTV yang didapatkan dari simulasi penambahan sirip gabungan. Besar penurunan nilai OTTV yang didapatkan adalah 45,79 hingga 50,45% dari nilai OTTV baseline.

Kode	Sudut		Jarak (cm)	Jenis Sirip	Panjang (cm)	OTTV Total	Pengurangan Panas	
	VSA	HSA						
SIMULASI 7	1	30	30	1/4h-1/2 w	Eggcrate	41/35	45,3	45,79%
		30	30	1/4h- 1w	Eggcrate	41/69	43,88	47,49%
	2	30	30	1/2h -1/2w	Eggcrate	95/35	45,31	45,78%
		30	30	1/2h -1w	Eggcrate	95/69	46,19	44,72%
	3	30	30	h - 1/2w	Eggcrate	200/35	44,15	47,16%
		30	30	h - 1w	Eggcrate	200/69	44,15	47,16%
SIMULASI 8	1	50	50	1/4h-1/2 w	Eggcrate	105/72	42,03	49,70%
		50	50	1/4h- 1w	Eggcrate	105/143	42,03	49,70%
	2	50	50	1/2h -1/2w	Eggcrate	216/72	41,87	49,89%
		50	50	1/2h -1w	Eggcrate	216/143	41,87	49,89%
	3	50	50	h - 1/2w	Eggcrate	425/72	42,03	49,70%
		50	50	h - 1w	Eggcrate	425/143	42,03	49,70%
SIMULASI 9	1	70	70	1/4h-1/2 w	Eggcrate	245/165	41,4	50,45%
		70	70	1/4h- 1w	Eggcrate	245/330	41,4	50,45%
	2	70	70	1/2h -1/2w	Eggcrate	516/165	41,4	50,45%
		70	70	1/2h -1w	Eggcrate	516/330	41,4	50,45%
	3	70	70	h - 1/2w	Eggcrate	1010/165	41,4	50,45%
		70	70	h - 1w	Eggcrate	1010/330	41,4	50,45%

Tabel 5. 13. Nilai OTTV dan Persentase Penurunan OTTV dari Simulasi Penambahan Sirip Gabungan

5.1.5. Penambahan Selubung Ganda

Selubung ganda atau *Double Skin Façade* yang disimulasikan adalah selubung eksisting dengan penambahan dsf dengan *cavity* 30, 60, 90 dan 120 cm serta beberapa material kaca. Dalam simulasi yang dilakukan, DF berhasil menurunkan nilai OTTV paling besar dibesar. Dari tabel berikut ini dapat dilihat nilai OTTV dari hasil simulasi yang dilakukan hampir semua tipe DSF berhasil menurunkan sehingga didapatkan nilai OTTV sesuai dengan aturan SNI yang berlaku yaitu dibawah 35 Watt/m². Detil perhitungan sirip dapat dilihat pada Lampiran 12.

Perbandingan Nilai OTTV										
	DSF 1	DSF 2	DSF 3	DSF 4	DSF 5	DSF 6	DSF 7	DSF 8	DSF 9	DSF 10
SIMULASI 1 Cavity 30	41,78	28,27	28,88	33,73	33,43	25,43	25,13	41,01	25,16	23,27
SIMULASI 2 Cavity 60	41,21	27,96	28,56	33,31	33,02	25,18	24,88	40,45	24,92	23,06
SIMULASI 3 Cavity 90	40,76	27,72	28,31	32,99	32,70	24,98	24,69	40,00	24,72	22,89
SIMULASI 4 Cavity 120	40,31	27,48	28,06	32,66	32,38	24,89	24,50	39,60	24,53	22,73

Keterangan:			
DSF 1 =	Kaca tunggal 8mm tipe bening	DSF 6 =	Kaca Double
DSF 2 =	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	DSF 7 =	Kaca Double Low-e
DSF 3 =	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	DSF 8 =	BIPV Lacolabel
DSF 4 =	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	DSF 9 =	BIPV Artlite
DSF 5 =	Kaca Low- e	DSF 10 =	BIPV Stoprpay

Tabel 5. 14. Perbandingan Nilai OTTV dari Simulasi Penambahan DSF

Nilai OTTV yang didapatkan dari penambahan DSF berhasil melakukan penurunan nilai OTTV baseline mulai dari 50 hingga 72,8%. Pada tabel berikut ini dapat dilihat perbandingan besar penurunan nilai OTTV antara tipe DSF dan *air cavitynya*.

% Penurunan OTTV										
	DSF 1	DSF 2	DSF 3	DSF 4	DSF 5	DSF 6	DSF 7	DSF 8	DSF 9	DSF 10
Cavity 30	50,00%	66,17%	65,44%	59,63%	59,99%	69,57%	69,93%	50,92%	69,89%	72,15%
Cavity 60	50,68%	66,54%	65,82%	60,14%	60,48%	69,87%	70,22%	51,59%	70,18%	72,40%
Cavity 90	51,22%	66,83%	66,12%	60,52%	60,87%	70,11%	70,45%	52,13%	70,42%	72,61%
Cavity 120	51,76%	67,11%	66,42%	60,91%	61,25%	70,21%	70,68%	52,61%	70,64%	72,80%

Keterangan:			
DSF 1 =	Kaca tunggal 8mm tipe bening	DSF 6 =	Kaca Double
DSF 2 =	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	DSF 7 =	Kaca Double Low-e
DSF 3 =	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	DSF 8 =	BIPV Lacolabel
DSF 4 =	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	DSF 9 =	BIPV Artlite
DSF 5 =	Kaca Low- e	DSF 10 =	BIPV Stoprpay

Tabel 5. 15. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV pada DSF

5.1.6. Perubahan dengan Metoda Gabungan

Pengubahsuaian dengan metoda gabungan merupakan simulasi terakhir yang dilakukan dengan pertimbangan adanya kemungkinan adanya solusi desain fasad yang bersifat gabungan dan pertimbangan biaya. Untuk menjawab kemungkinan tersebut dilakukan simulasi sebagai berikut ini:

a. Perubahan WWR, Material Kaca dan Material Masif

Pengubahsuaian berikutnya merupakan kombinasi antara perubahan material kaca, material masif dan perubahan persentase WWR (*Window to Wall Ratio*). Besar WWR dikurangi secara bertahap mulai dari WWR awal sebesar 86% hingga pada WWR 30%. Perubahan ini dilakukan mendapatkan kemungkinan kebutuhan atau keinginan perancang untuk menggunakan bukaan yang lebih besar. Maka dicari solusi kombinasi yang sesuai antara persentase bukaan, material kaca dan material bidang masif.

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa dengan kombinasi material kaca dan material masif yang tepat dapat menambah besar nilai wwr menjadi 30% hingga 46% dan mendapatkan penurunan nilai OTTV 58 hingga 70%. Dapat dilihat pada tabel berikut ini, yang mana pengubahsuaian yang memenuhi aturan OTTV berlaku adalah tabel yang diberi warna hijau. Detil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 13.

	K0	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
W0				32%	34%	33%	37%	39%		37%	44%
W1							30%	32%		30%	37%
W2	30%			32%	35%	34%	38%	40%		37%	45%
W3				32%	33%	32%	36%	38%		35%	43%
W4	30%			33%	35%	34%	38%	40%		37%	45%
W5				30%	32%	32%	36%	37%		34%	42%
W6	30%			32%	35%	34%	38%	40%		37%	45%
W7	30%			33%	35%	34%	38%	40%		38%	45%
W8	30%			32%	35%	33%	38%	39%		37%	45%

	:	Memenuhi range wwr 45 hingga 30%
	:	Memenuhi range wwr 40 hingga 30%
	:	Memenuhi range wwr 35 hingga 30%
	:	Tidak memenuhi dalam range wwr 80- 30%

W1 =	Bata dengan plester kedua sisi + kaca	W5 =	Beton precast + kaca
W2 =	Bata dengan plester + alumunium komposit	W6 =	Beton precast + alumunium komposit
W3 =	Bata ringan dengan plester kedua sisi + kaca	W7 =	Beton sterofoam + kaca
W4 =	Bata ringan dengan plester + alumunium komposit	W8 =	Beton sterofoam + Alumunium Composit

Tabel 5. 16. Retrofit WWR, Material Dinding, dan Material Kaca

Besar pengurangan nilai OTTV yang didapatkan dari pengubahsuaian gabungan ini adalah 1 hingga 70%. Bagi area yang diberi warna hijau pada tabel diatas berarti pengurangan nilai OTTV sebesar 58 hingga 70%, jadi bangunan tersebut berhasil memenuhi kriteria nilai OTTV sesuai dengan peraturan yang berlaku.

b. Perubahan WWR, Material Kaca dan Sirip Horizontal

Pengubahsuaian yang dengan menggabungkan perubahan wwr, material kaca dan sirip horizontal merupakan alternatif desain pengubahsuaian fasad untuk memperbesar persentase bukaan namun mengurangi panas yang masuk ke dalam bangunan melalui penggantian material kaca dan penambahan sirip horizontal.

Berikut ini adalah tabel hasil retrofit arsitektur fasad gabungan 2 yang menggabungkan antara sirip horizontal, tipe kaca dan perubahan WWR. Tabel di bawah ini merangkum hasil retrofit fasad gabungan 2 yang telah memenuhi penurunan nilai OTTV pada Gedung BRI II. Detil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 13.

Sirip Horizontal			Tipe Kaca										
VSA	Modul Sirip	Sudut Kemiringan	K0	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K9	K10	
30°	1/8	0	50%		30%	30%	40%	30%	40%	40%	40%	50%	
		10	50%		30%	30%	30%	30%	40%	40%	40%	40%	
		20	50%		30%	30%	30%	30%	40%	40%	40%	40%	
		30	50%		30%	30%	30%	30%	40%	40%	40%	40%	
		40	50%		30%	30%	30%	30%	40%	40%	40%	40%	
	1/4	0	50%		30%	30%	40%	40%	40%	40%	50%	40%	40%
		10	50%		30%	40%	40%	40%	40%	40%	50%	40%	40%
		20	50%		30%	40%	40%	40%	40%	40%	50%	40%	60%
		30	50%		30%	40%	40%	40%	40%	40%	50%	40%	60%
		40	50%		30%	30%	40%	40%	40%	40%	50%	40%	60%
	1/2	0	50%		30%	40%	40%	40%	40%	40%	50%	40%	40%
		10	50%		30%	40%	40%	40%	40%	40%	50%	40%	40%
		20	50%		30%	40%	40%	40%	40%	40%	50%	40%	60%
		30	50%		30%	40%	40%	40%	40%	40%	50%	50%	60%
		40	50%		30%	40%	40%	40%	40%	40%	50%	50%	60%
	1/3	0	50%		40%	40%	40%	40%	40%	40%	50%	40%	60%
		10	60%		40%	40%	40%	40%	40%	50%	50%	50%	60%
		20	60%		40%	40%	50%	40%	40%	50%	50%	50%	60%
		30	60%		40%	40%	50%	40%	40%	50%	50%	50%	60%
		40	60%		30%	40%	40%	40%	40%	50%	60%	50%	60%
	1/4	0	50%		30%	30%	50%	40%	40%	40%	50%	40%	50%
		10	50%		30%	30%	40%	40%	40%	40%	50%	50%	60%
		20	60%		30%	30%	40%	50%	50%	50%	50%	50%	60%
		30	60%		30%	30%	40%	50%	50%	50%	50%	50%	60%
40		60%		30%	30%	40%	50%	50%	50%	50%	50%	60%	
50	60%		40%	30%	50%	40%	50%	50%	50%	50%	60%		

Keterangan:

30% : WWR 30%

40% : WWR 40%

50% : WWR 50%

60% : WWR 60%

K1	=	Kaca tunggal 8mm tipe bening	K6	=	Kaca double
K2	=	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	K7	=	Kaca double low-e
K3	=	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	K8	=	BIPV Lacolabel
K4	=	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	K9	=	BIPV Artlite
K5	=	Kaca Low- e	K10	=	BIPV Stopray

Tabel 5. 17. Retrofit WWR, Material Kaca, dan Sirip Horizontal

Penurunan OTTV dari pengubahsuaian gabungan ini adalah 9% hingga 75%. Bagi Gedung BRI II sendiri diperlukan penurunan minimum 68% untuk mendapatkan pengubahsuaian fasad yang sesuai dengan kriteria OTTV yang berlaku.

c. Perubahan WWR, Material Kaca dan Sirip Vertikal

Pengubahsuaian fasad gabungan lainnya adalah perubahan wwr, penggantian material kaca dan penambahan sirip horizontal. Pada tabel di bawah ini merangkum penggabungan perubahan wwr, material kaca dan sirip horizontal. Pada tabel ini yang diberi warna hijau adalah pengubahsuaian fasad gabungan yang menghasilkan nilai OTTV dibawah aturan yang berlaku. Detil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 13.

Sirip Horizontal			TIPE KACA										
HAS	Modul Sirip	Sudut Kemiringan	K0	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
30	1/2	0	50%		30%	30%	40%	30%	30%	40%		40%	50%
		10	50%		30%	30%	40%	40%	40%	40%		40%	50%
		20	50%		30%	30%	40%	40%	40%	40%		40%	50%
		30	50%		30%	40%	40%	40%	40%	50%		40%	50%
		40	50%		30%	40%	40%	40%	40%	50%		40%	60%
	1	0	50%		30%	30%	40%	30%	30%	40%		40%	50%
		10	50%		30%	30%	40%	40%	30%	40%		40%	50%
		20	50%		30%	40%	40%	40%	40%	50%		40%	50%
		30	50%		30%	40%	40%	40%	40%	50%		40%	50%
		40	50%		30%	40%	40%	40%	40%	50%		40%	60%
		50	50%		30%	40%	40%	40%	40%	50%	50%	50%	60%

Keterangan:			
K1	=	Kaca tunggal 8mm tipe bening	K6 = Kaca double
K2	=	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	K7 = Kaca double low-e
K3	=	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	K8 = BIPV Lacolabel
K4	=	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	K9 = BIPV Artlite
K5	=	Kaca Low- e	K10 = BIPV Stopray

Tabel 5. 18. Retrofit Fasad dengan Perubahan WWR, Material Kaca dan Sirip Vertikal

5.2. Matriks Retrofit Arsitektur Fasad

Tabel Pengubahsuaian fasad dirumuskan berdasarkan simulasi yang dilakukan pada Gedung BRI II yang dipergunakan sebagai model. Besar penurunan nilai OTTV yang dihasilkan dari pengubahsuaian yang dilakukan dikelompokkan berdasarkan tindakan pengubahsuaian dan persentase pengurangan yang didapatkan.

Tabel fasad ini menggambarkan hubungan pengubahsuaian fasad dengan efisiensi energi AC melalui penurunan nilai OTTV. Jadi tabel ini juga dapat dipergunakan untuk para perancang dalam menentukan desain pengubahsuaian yang tepat sesuai dengan kebutuhan persentase penurunan nilai OTTV. Pada tabel ini persentase pengurangan OTTV

SIMULASI		A	B	C	D	E	F	G	H
		0 - 9,99%	10 - 19,99%	20 - 29,99%	30 - 39,99%	40 - 49,99%	50 - 59,99%	60 - 69,99%	70 - 79,99%
1.	PERUBAHAN WWR		5		14		25		
2.	PENGGANTIAN MATERIAL KACA	1	6	10					
3.	PENGGANTIAN MATERIAL MASIF	2							
4.	SIRIP VERTIKAL					19			
5.	SIRIP HORIZONTAL				15	20	26		
6.	SIRIP GABUNGAN					21	27		
7.	DOUBLE SKIN FACADE						28	32	36
8.	GABUNGAN								
a.	Material + WWR W0= 0,69	3	7	11	16	22	29	33	
b.	WWR + Material Kaca + Sirip Horizontal	4	8	12	17	23	30	34	37
c.	WWR + Material Kaca + Sirip Vertikal		9	13	18	24	31	35	38

Keterangan:

Kelompok	Simulasi	Retrofit Fasad Arsitektur
A	1	Penggantian Material Kaca dengan Kaca Tipe K3
	2	Penggantian Material Masif dengan Dinding Tipe W1, W2, W3, W4, W5, W6, W7, dan W8
	3	Perubahan nilai WWR 86% dan penggantian material kaca K0, K3
		Perubahan nilai WWR 47 - 44% dan penggantian material kaca K1
4	Perubahan nilai WWR 40- 39% dan penggantian material kaca K8	
B	5	Perubahan nilai WWR 60%, mengganti kaca K1, dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela
	6	Perubahan nilai WWR menjadi 70% atau lebih kecil
	7	Penggantian Material Kaca dengan Kaca Tipe K4, K5, K6, dan K9
		Perubahan nilai WWR 86%, mengganti kaca K4, K5, K6, K9
		Perubahan nilai WWR 70%, mengganti kaca K0, K2
8	Perubahan nilai WWR 38- 34%, mengganti kaca K8	
		Perubahan nilai WWR 86- 80%, mengganti kaca K2, dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela

	9	Perubahan nilai WWR 86%, mengganti kaca K2, dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 50%, mengganti kaca K8, dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
C	10	Penggantian Material Kaca dengan Kaca Tipe K7, K10
	11	Perubahan nilai WWR 86%, mengganti kaca K7
		Perubahan nilai WWR 70%, mengganti kaca K3
		Perubahan nilai WWR 70%, mengganti kaca K5
		Perubahan nilai WWR 37- 33%, mengganti kaca K1
		Perubahan nilai WWR 33- 30%, mengganti kaca K8
	12	Perubahan nilai WWR 86%, mengganti kaca K3, K4, K5, K6, dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 80%, mengganti kaca K3 dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 70%, mengganti kaca K2 dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 50%, mengganti kaca K1 dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 40%, mengganti kaca K8 dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela
	13	Perubahan nilai WWR 86%, mengganti kaca K3, K5 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 50%, mengganti kaca K1 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 40%, mengganti kaca K7 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
D	14	Perubahan nilai WWR menjadi 50% atau lebih kecil
	15	Penambahan sirip horizontal dengan VSA 30, sudut kemiringan 10, 20 dan 40 dan modul 1/8 dari tinggi jendela
	16	Perubahan nilai WWR 86%, mengganti kaca K10
		Perubahan nilai WWR 49- 48%, mengganti kaca K0
		Perubahan nilai WWR 70%, mengganti kaca K6, K7, K10
		Perubahan nilai WWR 50- 45%, mengganti kaca K2
	17	Perubahan nilai WWR 31-30%, mengganti kaca K1
		Perubahan nilai WWR 86%, mengganti kaca K7, K9 dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 86%, mengganti kaca K7, K9 dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela

		Perubahan nilai WWR 80%, mengganti kaca K4, K5, K6, K9 dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela	
		Perubahan nilai WWR 70%, mengganti kaca K3, K4, K5, K6 dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela	
		Perubahan nilai WWR 60%, mengganti kaca K2 dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela	
		Perubahan nilai WWR 40%, mengganti kaca K1 dan penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2W jendela	
	18	Perubahan nilai WWR 86%, mengganti kaca K4, K5, K7, K9 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela	
		Perubahan nilai WWR 80%, mengganti kaca K4, K5, K7, K9 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela	
		Perubahan nilai WWR 70%, mengganti kaca K2, K3 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela	
		Perubahan nilai WWR 60%, mengganti kaca K2 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela	
		Perubahan nilai WWR 40%, mengganti kaca K1 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela	
	E	19	Penambahan Sirip Vertikal dengan HAS 30- 70 dan modul 1/2 hingga 1 dari lebar jendela
		20	Penambahan sirip horizontal dengan VSA 30, sudut kemiringan 10 hingga 50 dan modul 1/8 hingga 1 H dari tinggi jendela
			Penambahan sirip horizontal dengan VSA 50, sudut kemiringan 10 hingga 50 dan modul 1/8 hingga 1 H dari tinggi jendela
Penambahan sirip horizontal dengan VSA 70, sudut kemiringan 20 hingga 50 dan modul 1/8 hingga 1 H dari tinggi jendela			
21		Penambahan sirip gabungan dengan VSA 30 dan HSA 30 dengan modul MODUL 1/4H - 1/2W, 1/4H- W, 1/2H- 1/2W, 1/2H - W, H- 1/2W, H - W	
22		Perubahan nilai WWR 70%, mengganti kaca K10	
		Perubahan nilai WWR 50- 41%, mengganti kaca K3	
		Perubahan nilai WWR 50- 44%, mengganti kaca K4	
		Perubahan nilai WWR 50- 42%, mengganti kaca K5	
		Perubahan nilai WWR 50- 47%, mengganti kaca K6	
		Perubahan nilai WWR 49- 47%, mengganti kaca K9	
		Perubahan nilai WWR 50%, mengganti kaca K7	
	Perubahan nilai WWR 48- 38%, mengganti kaca K0		
Perubahan nilai WWR 44- 37%, mengganti kaca K2			

	23	Perubahan WWR 86%, penambahan sirip horizontal 30, dengan modul 1/2W dan penggantian kaca dengan tipe K0 dan K10
		Perubahan WWR 80%, penambahan sirip horizontal 30, dengan modul 1/2W dan penggantian kaca dengan tipe K0, K7, dan K10
		Perubahan WWR 70%, penambahan sirip horizontal 30, dengan modul 1/2W dan penggantian kaca dengan tipe K7 dan K9
		Perubahan WWR 60%, penambahan sirip horizontal 30, dengan modul 1/2W dan penggantian kaca dengan tipe K3, K4, K5, K6
		Perubahan WWR 50%, penambahan sirip horizontal 30, dengan modul 1/2W dan penggantian kaca dengan tipe K2
		Perubahan WWR 30%, penambahan sirip horizontal 30, dengan modul 1/2W dan penggantian kaca dengan tipe K1, K7
	24	Perubahan nilai WWR 86%, mengganti kaca K0, K10 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 80%, mengganti kaca K0, K7, K10 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 70%, mengganti kaca K4, K5, K6, K7, K9 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 60%, mengganti kaca K3, K4, K5 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 50%, mengganti kaca K2 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
		Perubahan nilai WWR 30%, mengganti kaca K1, K7 dan penambahan sirip Horizontal dengan HSA 30 dan modul 1/2W jendela
F	25	Perubahan WWR menjadi 30% atau lebih kecil
	26	Penambahan sirip Horizontal dengan VSA 50 dengan modul Modul 1/4H - H dansudut kemiringan 40- 50
		Penambahan sirip Horizontal dengan VSA 70 dengan modul Modul 1/4H - H dansudut kemiringan 20- 50
	27	Penambahan sirip gabungan dengan VSA 70 dengan modul MODUL 1/4H - 1/2W,1/4H- W,1/2H- 1/2W,1/2H - W,H- 1/2W,H - W
	28	Penambahan Double Skin Façade DSF 1 dengan cavity 30, 60 atau 90
		Penambahan Double Skin Façade DSF 4 dengan cavity 30
		Penambahan Double Skin Façade DSF 5 dengan cavity 30
Penambahan Double Skin Façade DSF 8 dengan cavity 30, 60, 90 atau 120		
29	Perubahan nilai WWR 49- 42%, mengganti kaca K10	

G		Perubahan nilai WWR 49- 37%, mengganti kaca K7	
		Perubahan nilai WWR 46- 35%, mengganti kaca K6	
		Perubahan nilai WWR 44- 35%, mengganti kaca K9	
		Perubahan nilai WWR 43- 32%, mengganti kaca K4	
		Perubahan nilai WWR 40- 30%, mengganti kaca K3	
		Perubahan nilai WWR 34- 30%, mengganti kaca K2	
		Perubahan nilai WWR 36- 30%, mengganti kaca K0	
		Perubahan nilai WWR 41-31%, mengganti kaca K5	
	30	Perubahan WWR 70% atau lebih kecil, penambahan sirip vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2W dan mengganti dengan material kaca K0 dan K10	
		Perubahan WWR 60% atau lebih kecil, penambahan sirip vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2W dan mengganti dengan material kaca K0, K6, K7, K9 dan K10	
		Perubahan WWR 50% atau lebih kecil, penambahan sirip vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2W dan mengganti dengan material kaca K3, K4, K5, K6, K9	
		Perubahan WWR 30% atau lebih kecil, penambahan sirip vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2W dan mengganti dengan material kaca K2 dan K3	
	31	Perubahan WWR menjadi 70% atau lebih kecil, penggantian tipe kaca KO atau K10 dan penambahan sirip Vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2W	
		Perubahan WWR menjadi 60% atau lebih kecil, penggantian tipe kaca KO, K6, K7, K9 atau K10 dan penambahan sirip Vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2W	
		Perubahan WWR menjadi 50% atau lebih kecil, penggantian tipe kaca K3, K4, K5, K6 atau K9 dan penambahan sirip Vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2W	
		Perubahan WWR menjadi 40% atau lebih kecil, penggantian tipe kaca K2 atau K3 dan penambahan sirip Vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2W	
	32	Penambahan Double Skin Façade DSF 2 dengan cavity 30, 60, 90 atau 120	
		Penambahan Double Skin Façade DSF 3 dengan cavity 30, 60, 90 atau 120	
		Penambahan Double Skin Façade DSF 4 dengan cavity 60, 90 atau 120	
		Penambahan Double Skin Façade DSF 5 dengan cavity 60, 90 atau 120	
		Penambahan Double Skin Façade DSF 6 dengan cavity 30, atau 60	
		Penambahan Double Skin Façade DSF 7 dengan cavity 30	
		Penambahan Double Skin Façade DSF 9 dengan cavity 30	
		33	Perubahan nilai WWR 41- 30%, mengganti kaca K10
			Perubahan nilai WWR 34- 30%, mengganti kaca K9
			Perubahan nilai WWR 36- 30%, mengganti kaca K7

		Perubahan nilai WWR 34- 30%, mengganti kaca K6	
		Perubahan nilai WWR 34- 30%, mengganti kaca K5	
		Perubahan nilai WWR 30%, mengganti kaca K6	
	34	Perubahan WWR 50% atau lebih kecil, penggantian kaca K0 atau K10 dan penambahan sirip horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2w jendela	
		Perubahan WWR 40% atau lebih kecil, penggantian kaca K0, K4, K6, K7, K9 dan K10 dan penambahan sirip horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2w jendela	
		Perubahan WWR 30% atau lebih kecil, penggantian kaca K2, K3, K4, K5, K6 dan K9 dan penambahan sirip horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2w jendela	
	35	Perubahan WWR 50% atau lebih kecil, penggantian kaca K0, K7 atau K10 dan penambahan sirip vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2w jendela	
		Perubahan WWR 40% atau lebih kecil, penggantian kaca K0, K4, K5, K6, K7, K9 atau K10 dan penambahan sirip vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2w jendela	
		Perubahan WWR 30% atau lebih kecil, penggantian kaca K2, K3, K4, atau K5 dan penambahan sirip vertikal dengan HSA 30 dan modul 1/2w jendela	
	H	36	Penambahan Double Skin Façade DSF 6 dengan cavity 90
			Penambahan Double Skin Façade DSF 7 dengan cavity 60, 90 atau 120
			Penambahan Double Skin Façade DSF 9 dengan cavity 60, 90 atau 120
Penambahan Double Skin Façade DSF 10 dengan cavity 30, 60, 90 atau 120			
37		Perubahan WWR 30% atau lebih kecil, penggantian kaca K7 dan K10 dan penambahan sirip horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2w jendela	
38		Perubahan WWR 30% atau lebih kecil, penggantian kaca K0, K6, K7, K9 dan K10 dan penambahan sirip horizontal dengan VSA 30 dan modul 1/2w jendela	

Tabel 5.19. Konfigurasi Pengubahsuaian Fasade terhadap Penurunan Nilai OTTV

Berdasarkan matriks yang telah disusun, akan diujikan kembali pada BRI II untuk mengetahui efisiensi energi yang didapatkan melalui perhitungan beban pendinginan AC yang dihitung dengan rumus CLTD. Berikut ini konfigurasi yang dipilih untuk pengubahsuaian fasad BRI II agar mencapai nilai OTTV yang berlaku.

SIMULASI		1	2	3	4	5	6	7	8
		0 - 9,99%	10 - 19,99%	20 - 29,99%	30 - 39,99%	40 - 49,99%	50 - 59,99%	60 - 69,99%	70 - 79,99%
1.	PERUBAHAN WWR						SIMULASI 1		
2.	PENGGANTIAN MATERIAL KACA								
3.	PENGGANTIAN MATERIAL MASIF								
4.	SIRIP VERTIKAL								
5.	SIRIP HORIZONTAL								
6.	SIRIP GABUNGAN								
7.	DOUBLE SKIN FACADE						SIMULASI 2		
8.	GABUNGAN								
a.	Material + WWR W0= 0,69						SIMULASI 3		
b.	WWR + Material Kaca + Sirip Horizontal						SIMULASI 4		
c.	WWR + Material Kaca + Sirip Vertikal						SIMULASI 5		

Tabel 5. 10. Matriks Penerapan Pengubahsuaian Fasad pada BRI II

Simulasi pengubahsuaian yang diterapkan pada BRI II menghasilkan efisiensi energi dengan berkurangnya beban pendinginan AC. Berikut ini besar beban pendinginan dan persentase pengurangan beban pendinginan AC.

a. Simulasi 1

Simulasi 1 dilakukan dengan mengubah nilai WWR dari 86% menjadi 30%, perubahan ini masih menggunakan material yang sesuai dengan eksisting dan penambahan material dinding dilakukan pada bagian dalam sehingga tidak mengganggu konstruksi yang telah ada.



Gambar 5. 1. Perubahan Fasad Gedung BRI Sebelum dan Sesudah Simulasi Retrofit 1

Pada simulasi retrofit fasad yang pertama ini didapatkan hasil penurunan nilai OTTV dan beban pendinginan serta penghematan energi sebagai berikut: Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 15.

	EKSISTING	SIMULASI 1
Total Energi	20.247.786	12.714.552
Energi untuk AC	16.198.229	8.664.995
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	68%
Persentase Penghematan Energi	0	37%
IKE	288	181
OTTV	83,56	30,84
Persentase Penurunan OTTV	0	63%
Cooling Load	2187,489362	1028,12
TR	1901,87234	893,88
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	47%

Tabel 5.21. Perhitungan OTTV dan Penggunaan Energi pada Simulasi Retrofit 1 pada Gedung BRI II

b. Simulasi 2

Pada Simulasi Retrofit Fasad yang kedua dilakukan penambahan *double skin facade* dengan tipe DSF 2. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 15. Berikut ini perubahan fasad yang terjadi pada Gedung BRI II.



Eksisting

Simulasi Retrofit 2

Detail Fasad

Gambar 5.2. Perubahan Fasad Gedung BRI Sebelum dan Sesudah Simulasi Retrofit 2

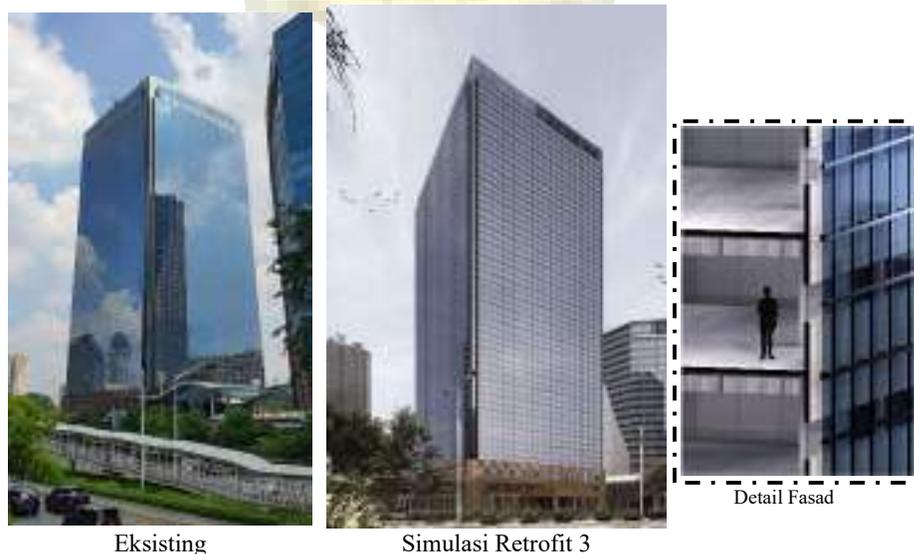
Pada simulasi retrofit fasad yang kedua ini didapatkan hasil penurunan nilai OTTV dan beban pendinginan serta penghematan energi sebagai berikut: Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 15.

	EKSISTING	SIMULASI 2
Total Energi	20.247.786	10.571.733
Energi untuk AC	16.198.229	6.522.176
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	62%
Persentase Penghematan Energi	0	48%
IKE	288	151
OTTV	83,56	22,94
Persentase Penurunan OTTV	0	73%
Cooling Load	2187,489	1.148,13
TR	1901,872	773,87
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	60%

Tabel 5. 22. Perhitungan OTTV dan Penggunaan Energi pada Simulasi Retrofit 2 pada Gedung BRI II

b. Simulasi 3

Pada Simulasi Retrofit Fasad yang ketiga dilakukan dengan retrofit gabungan dengan mengganti material kaca dan dinding serta mengubah WWR menjadi 40%. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 15. Berikut ini perubahan fasad yang terjadi pada Gedung BRI II.



Gambar 5. 3. Perubahan Fasad Gedung BRI Sebelum dan Sesudah Simulasi Retrofit 3

Pada simulasi retrofit fasad yang ketiga ini didapatkan hasil penurunan nilai OTTV dan beban pendinginan serta penghematan energi sebagai berikut: Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 15.

	EKSISTING	SIMULASI 3
Total Energi	20.247.786	10.205.790
Energi untuk AC	16.198.229	6.156.233
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	60%
Persentase Penghematan Energi	0	
IKE	288	145
OTTV	83,56	29,75
Persentase Penurunan OTTV	0	64%
Cooling Load	2187,489	1.191,55
TR	1901,872	730,45
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	62%

Tabel 5. 23. Perhitungan OTTV dan Penggunaan Energi pada Simulasi Retrofit 3 pada Gedung BRI II

c. Simulasi 4

Pada Simulasi Retrofit Fasad yang keempat dilakukan dengan retrofit gabungan dengan menambahkan sirip horizontal dengan VSA 30⁰ dan merubah wwr menjadi 50%. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 15. Berikut ini perubahan fasad yang terjadi pada Gedung BRI II.



Gambar 5. 4. Perubahan Fasad Gedung BRI Sebelum dan Sesudah Simulasi Retrofit 4

Pada simulasi retrofit fasad yang keempat ini didapatkan hasil penurunan nilai OTTV dan beban pendinginan serta penghematan energi sebagai berikut: Untuk detil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 15.

	EKSISTING	SIMULASI 4
Total Energi	20.247.786	16.862.561
Energi untuk AC	16.198.229	12.813.004
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	76%
Persentase Penghematan Energi	0	17%
IKE	288	240
OTTV	83,56	28,22
Persentase Penurunan OTTV	0	66%
Cooling Load	2187,489	1.520,29
TR	1901,872	401,71
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	21%

Tabel 5. 21. Perhitungan OTTV dan Penggunaan Energi pada Simulasi Retrofit 4 pada Gedung BRI II

d. Simulasi 5

Pada Simulasi Retrofit Fasad yang kelima dilakukan dengan retrofit gabungan dengan menambahkan sirip vertikal dengan HSA 30⁰ dan merubah

wwr menjadi 50%. Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 15. Berikut ini perubahan fasad yang terjadi pada Gedung BRI II.



Gambar 5. 5. Perubahan Fasad Gedung BRI Sebelum dan Sesudah Simulasi Retrofit 5

Pada simulasi retrofit fasad yang kelima ini didapatkan hasil penurunan nilai OTTV dan beban pendinginan serta penghematan energi sebagai berikut: Untuk detail perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 15.

	EKSISTING	SIMULASI 5
Total Energi	20.247.786	16.862.224
Energi untuk AC	16.198.229	12.812.667
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	76%
Persentase Penghematan Energi	0	17%
IKE	288	240
OTTV	83,56	32,67
Persentase Penurunan OTTV	0	61%
Cooling Load	2187,489	1.520,25
TR	1901,872	401,75
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	21%

Tabel 5.25. Perhitungan OTTV dan Penggunaan Energi pada Simulasi Retrofit 5 pada Gedung BRI II

Dari penghematan energi AC didapatkan penghematan energi pada Gedung dari setiap simulasi yang dilakukan dan dibandingkan dengan energi eksisting. Sebelumnya AC menggunakan 80% dari total energi yang dipergunakan, dengan pengubahsuaian fasad dapat menurunkan konsumsi energi untuk AC dari 60 hingga 76%. Dari total energi yang dipergunakan, pengubahsuaian fasad dapat mengurangi energi total Gedung 17 hingga 50%. Seiring dengan turunnya nilai OTTV, berkurangnya beban pendinginan AC, berkurangnya energi yang dipergunakan dapat menjadikan Gedung BRI II menjadi kategori bangunan hemat energi dengan nilai IKE dibawah 240.

5.3. Justifikasi Matriks Retrofit Arsitektur Fasad

Untuk menjustifikasi matriks retrofit fasad arsitektur, dilakukan pengujian kembali matriks yang telah diujikan pada Gedung BRI II. Pengujian dilakukan pada Gedung Sampoerna, gedung ini memiliki karakteristik serupa namun memiliki wwr 38% dan nilai OTTV 45,6 Watt/m². Untuk memenuhi aturan yang berlaku maka diperlukan pengurangan nilai OTTV sebesar 22,2%. Berdasarkan data tersebut maka dilakukan simulasi desain sesuai besar pengurangan yang dibutuhkan seperti berikut ini:

SIMULASI	1	2	3	4	5	6	7	8
	0 - 8,00%	10 - 18,00%	20 - 28,00%	30 - 38,00%	40 - 48,00%	50 - 58,00%	60 - 68,00%	70 - 78,00%
1. PERUBAHAN WWR						SIMULASI 1		
2. PENGANTIAN MATERIAL KACA			SIMULASI 2					
3. PENGANTIAN MATERIAL MASIP								
4. SIRIP VERTIKAL					SIMULASI 3			
5. SIRIP HORIZONTAL					SIMULASI 4	SIMULASI 5		
6. SIRIP GABUNGAN					SIMULASI 6			
7. DOCHLE SKIN FACADE						SIMULASI 7		
8. GABUNGAN								
a. Material + WWR WB= 0,80					SIMULASI 8			
b. WWR + Material Kaca + Sirip Horizontal					SIMULASI 9			
c. WWR + Material Kaca + Sirip Vertikal					SIMULASI 10			

Tabel 5.26. Simulasi Pengubahsuaian Fasad pada Objek Studi 2

Berikut ini tabel yang menunjukkan nilai OTTV dan perubahan fasad pada Gedung Sampoerna. Berdasarkan nilai tersebut besar pengurangan nilai OTTV tidak sesuai dengan yang direkomendasikan. Hasil persentase pengurangan yang sesuai dengan matriks retrofit fasad hanya pada simulasi 7 yaitu simulasi dengan penambahan *double skin façade*.

SIMULASI 1	
	
Nilai OTTV	36,61
Pengurangan	22%
SIMULASI 2	
	
Nilai OTTV	41,75
Pengurangan	11%

SIMULASI 3	
	
Nilai OTTV	36,61
Pengurangan	22%
SIMULASI 4	
	
Nilai OTTV	37,95
Pengurangan	19%
SIMULASI 5	
	
Nilai OTTV	33,42
Pengurangan	29%

SIMULASI 6	
	
Nilai OTTV	32,43
Pengurangan	31%
SIMULASI 7	
	
Nilai OTTV	26,32
Pengurangan	44%
SIMULASI 8	
	
Nilai OTTV	34,30
Pengurangan	27%

SIMULASI 9	
	
Nilai OTTV	40,66
Pengurangan	13%
SIMULASI 10	
	
Nilai OTTV	30,03
Pengurangan	36%

Keterangan:

Simulasi 1	Perubahan WWR	Simulasi 6	Penambahan Sirip Gabungan
Simulasi 2	Perubahan Material Kaca	Simulasi 7	Penambahan DSF
Simulasi 3	Perubahan Material Masif	Simulasi 8	Perubahan WWR dan Kaca
Simulasi 4	Penambahan Sirip Horizontal	Simulasi 9	Perubahan WWR, Material dan sirip Horizontal
Simulasi 5	Penambahan Sirip Vertikal	Simulasi 10	Perubahan WWR, Material dan sirip Vertikal

Tabel 5.27. Simulasi Pengubahsuaian Fasad pada Sampoerna Strategic

Setelah ditelaah lebih lanjut perbedaan nilai pengurangan pada tabel konfigurasi diakibatkan oleh total luas fasade per lantai tipikal Gedung BRI II

sebesar 153,3 m², sedangkan Gedung Sampoerna memiliki total luas fasade per lantai tipikal sebesar 392,5m². Perbedaan luas ini sebesar 2,5 kali lebih besar artinya bidang resapan panas lebih banyak, maka besar % OTTV yang didapatkan pada tabel konfigurasi akan 2,5x lebih kecil.

Persentase nilai wwr pada bangunan eksisting akan mempengaruhi. Dalam kasus ini, Gedung Sampoerna memiliki wwr 37% sedangkan BRI II memiliki wwr 86%. Maka dalam membaca tabel konfigurasi wwr yang berlaku adalah wwr eksisting atau wwr yang lebih kecil dari wwr eksisting.

Dengan pengujian kembali tabel konfigurasi yang merupakan hasil simulasi menggunakan gedung BRI II, maka perlu adanya tambahan syarat dan ketentuan dalam menggunakan tabel konfigurasi tersebut. Syarat dan ketentuan dalam menggunakan tabel konfigurasi adalah:

- Nilai OTTV dihitung untuk simulasi menggunakan luas fasad pada lantai tipikal. Perlu ada perbandingan hasil persentase hasil, dengan cara membagi luas 1 lantai fasade tipikal dengan luas fasad 1 lantai tipikal gedung BRI yaitu 150 m². Perbandingan tersebut untuk membaca persentase hasil pengurangan nilai OTTV, yaitu dengan membagi nilai persentase pengurangan dengan angka perbandingan yang telah dihitung sebelumnya.
- U value pada material masif dan material kaca yang dipilih harus yang lebih kecil dari u value eksisting
- WWR yang dipergunakan adalah wwr eksisting. Apabila akan dilakukan perubahan, yang berlaku adalah wwr yang lebih kecil dari wwr eksisting.

Berikut ini tabel konfigurasi fasad yang telah disesuaikan. Dalam membaca persentase penghematan OTTV pada area hijau, perlu dibagi terlebih dulu dengan nilai perbandingan luas fasad seperti yang telah disampaikan pada syarat dan ketentuan diatas. Pada area yang berwarna biru persentase penghematan sudah sesuai tanpa harus dibagi dengan nilai pembanding.

SIMULASI		1	2	3	4	5	6	7	8
		0 - 9,99%	10 - 19,99%	20 - 29,99%	30 - 39,99%	40 - 49,99%	50 - 59,99%	60 - 69,99%	70 - 79,99%
1.	PERUBAHAN WWR								
2.	PENGGANTIAN MATERIAL KACA								
3.	PENGGANTIAN MATERIAL MASIF								
4.	SIRIP VERTIKAL								
5.	SIRIP HORIZONTAL								
6.	SIRIP GABUNGAN								
7.	DOUBLE SKIN FACADE								
8.	GABUNGAN								
	a. Material + WWR W0= 0,69								
	b. WWR + Material Kaca + Sirip Horizontal								
	c. WWR + Material Kaca + Sirip Vertikal								

Keterangan:



Persentase pengurangan OTTV sudah sesuai
 Persentase pengurangan OTTV harus dibagi oleh nilai pembanding luas fasad

Tabel 5.28. Matriks Pengubahsuaian Fasad

Setelah dilakukan eksperimen pengubahsuaian selubung dari matriks tersebut, dilakukan perhitungan menggunakan rumus CLTD untuk mengkonfirmasi ulang penghematan energi AC yang didapatkan akibat berkurangnya panas yang masuk melalui fasad namun tidak mengurangi aktifitas, kebutuhan dan kenyamanan termal penggunaan gedung. Pada tabel berikut ini dapat dilihat besar pengurangan beban pendinginan seiring dengan penurunan nilai OTTV, namun dari hasil

pengurangan nilai OTTV tidak semuanya mengurangi beban pendinginan secara signifikan.

Perbedaan hasil antara penurunan nilai OTTV dengan beban pendinginan yang tidak berbanding lurus merupakan suatu permasalahan baru yang ditemukan dan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menyempurnakan rumus OTTV atau CLTD yang telah ada saat ini. Pengurangan beban pendinginan AC signifikan apabila ada perubahan material kaca, tanpa adanya perubahan material kaca membuat penurunan beban pendinginan sangat kecil.

Simulasi		SIMULASI 1	SIMULASI 2	SIMULASI 3	SIMULASI 4	SIMULASI 5
Cooling Load		2394,12	1.330,34	2391,61	2392,62	2389,47
	TR	65,88	1.129,66	68,39	67,38	70,53
Penghematan	%	3%	46%	3%	3%	3%

Simulasi		SIMULASI 6	SIMULASI 7	SIMULASI 8	SIMULASI 9	SIMULASI 10
Cooling Load		2388,9	902,12	1351	2652,99	1349,98
	TR	71,1	1557,88	1109	-192,99	1110,02
Penghematan	%	3%	63%	55%	-8%	45%

Keterangan:

- | | | | |
|------------|-----------------------------|-------------|--|
| Simulasi 1 | Perubahan WWR | Simulasi 6 | Penambahan Sirip Gabungan |
| Simulasi 2 | Perubahan Material Kaca | Simulasi 7 | Penambahan DSF |
| Simulasi 3 | Perubahan Material Masif | Simulasi 8 | Perubahan WWR dan Kaca |
| Simulasi 4 | Penambahan Sirip Horizontal | Simulasi 9 | Perubahan WWR, Material dan sirip Horizontal |
| Simulasi 5 | Penambahan Sirip Vertikal | Simulasi 10 | Perubahan WWR, Material dan sirip Vertikal |

Tabel 5.29. Beban Pendinginan AC dari Simulasi Pengubahsuaian Fasad Gedung Sampoerna

Tahap selanjutnya adalah menemukan jawaban efektifitas pengubahsuaian fasad dibandingkan dengan pengubahsuaian lainnya. Untuk mengetahui hal tersebut diujikan penerapan simulasi 7 pada Gedung Sampoerna. Berikut ini hasil penerapan simulasi 7 pada Gedung Sampoerna berkaitan dengan energi yang dipergunakan dan beban pendinginan AC.

	Sebelum Pengubahsuaian	Sesudah Pengubahsuaian
Beban Pendinginan (TR)	1.800	902,12
Penggunaan energi per tahun untuk AC (kWh/tahun)	595,049	374,881
Persentase konsumsi energi AC berbanding energi total	51%	32%
IKE	133	108

Tabel 5. 30. Perbandingan Beban Pendinginan dan Energi Sebelum dan Sesudah Pengubahsuaian

Gedung Sampoerna telah melakukan pengubahsuaian sebanyak 4 kali seperti yang sudah dijelaskan detilnya pada bab sebelumnya. Dari ke 4 pengubahsuaian tersebut dibuat perbandingan besar pengurangan energi Gedung, sehingga dapat diketahui efektifitas dari setiap pengubahsuaian yang dilakukan. Pada tabel berikut ini juga dapat dilihat dengan pengubahsuaian fasad dapat mengoptimalkan efisiensi energi yang dilakukan Gedung Sampoerna.

	Pengubahsuaian 1	Pengubahsuaian 2	Pengubahsuaian 3	Pengubahsuaian 4
Tipe Pengubahsuaian	Fasad Podium	Led	Penggantian Chiller + MEP	Fasad
Energi total yang dipegunakan per tahun	28.203.480	26.466.200	1.166.752	946.594
Pengurangan Energi	1.737.280	689.640	24.609.808	220.158
% penghematan energi	6%	3%	87%	19%
IKE	234	138	134	108

Tabel 5. 31.Perbandingan Setiap Pengubahsuaian pada Gedung Sampoerna

Berdasarkan tabel 5.29 diatas dapat disimpulkan bahwa pengubahsuaian fasad merupakan suatu tindakan yang dapat mengurangi penggunaan energi yang cukup besar setelah dilakukan pengubahsuaian yang bersifat mekanikal seperti mengganti sistem AC yang telah tertinggal secara teknologi. Teknologi AC terbaru dapat menghemat energi yang sangat besar, berikutnya adalah pengubahsuaian

fasad dan terakhir adalah pengubahsuaian pada pencahayaan buatan. Ketiga tersebut dapat menjadi pertimbangan bagi bangunan kantor yang telah ada saat ini.

5.4. ANALISA STATISTIK

Statistik yang dipergunakan pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan komparasi yang merupakan hubungan sebab akibat antar variabel. Uji yang dilakukan adalah uji regresi linear berganda karena memiliki variabel x yang lebih dari satu. Berikut ini hasil dari uji statistik yang dilakukan pada SPSS:

5.4.1. Uji Regresi Linear Berganda

Berikut ini hasil dari uji Regresi Linear berganda, pada hasil simulasi ini dapat dilihat seberapa signifikan pengaruh variabel X terhadap Y. Pada nilai sig. apabila terdapat nilai $< 0,005$ maka variabel X tersebut dapat dinyatakan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap Y.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.802	4.065		1.919	.056
	X1	.429	.063	.925	6.852	.000
	X2	-2.984	3.371	-.064	-.885	.377
	X3	6.134	.833	.585	7.364	.000
	X4	-.277	.042	-.474	-6.568	.000
	X5	-.250	.048	-.319	-5.223	.000
	X6	-.294	.056	-.277	-5.239	.000
	X7	5.278	.954	.573	5.531	.000

a. Dependent Variable: Y

Tabel 5.32. Hasil Uji Regresi Linear Berganda

5.4.2. UJI T

Uji T adalah tahap berikutnya untuk menguji hipotesis apakah setiap variabel X memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel Y. Pada Uji T perlu diperhitungkan Ttabel dan dibandingkan dengan Thitung yang berasal dari analisis SPSS. Berikut ini perhitungan Ttabel yang didapatkan dari 207 data dan 7 variabel X, maka:

$$\begin{array}{lcl} \alpha/n & ; & n-k-1 \\ 0,05 / 7 & ; & 207-7-1 \\ 0,00714 & ; & 199 \end{array}$$

Dibulatkan menjadi 0,01

199

Berdasarkan tabel T didapatkan hasil 2,34523

Hasil Ttabel dibandingkan dengan Thitung untuk menentukan hipotesis dapat diterima atau tidak. Berikut ini perbandingan nilai Ttabel dan Thitung:

Variabel	Nilai Thitung	Nilai Ttabel	Keterangan
X1	1,919	2,34523	Thitung < Ttabel
X2	6,852	2,34523	Thitung > Ttabel
X3	-885	2,34523	Thitung < Ttabel
X4	7,364	2,34523	Thitung > Ttabel
X5	-6,568	2,34523	Thitung < Ttabel
X6	-5,223	2,34523	Thitung < Ttabel
X7	5,531	2,34523	Thitung > Ttabel

Tabel 5. 33. Perbandingan Nilai Thitung dengan Ttabel

5.4.3. UJI F

Uji F dipergunakan untuk menguji bahwa keseluruhan variabel X memberikan pengaruh terhadap Y. Uji F dilakukan dengan membandingkan Fhitung dengan Ftabel. Berikut ini perhitungan Ftabel dengan jumlah data yang disimulasikan sebanyak 207 buah dan jumlah variabel 7.

n	;	n-k
7	;	207-7
7	;	200

Hasil dari Ftabel adalah 2,06

Data perhitungan Ftabel diperbandingkan dengan Fhitung yang berasal dari perhitungan SPSS berikut ini.

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	34727.794	7	4961.113	58.450	.000 ^b
	Residual	16805.938	199	84.878		
	Total	51533.732	205			

a. Dependent Variable: Y

b. Predictors: (Constant), X7, X6, X5, X4, X2, X3, X1

Tabel 5.34. Fhitung dari SPSS

BAB 6

ANALISIS RETROFIT ARSITEKTUR FASAD

6.1. RETROFIT ARSITEKTUR FASAD

Retrofit arsitektur fasad telah dilakukan berdasarkan 7 variabel retrofit fasad (X) dan tambahan berupa gabungan dari variabel X. Berdasarkan 7 variabel tersebut telah dilakukan simulasi untuk mengetahui retrofit fasad yang optimal memberikan perubahan terhadap nilai OTTV (Y).

6.1.1. Perubahan Perbandingan Bidang Kaca dan Bidang Masif

Pada simulasi ini dilakukan perhitungan OTTV dengan perubahan nilai WWR eksisting menjadi 70, 50 dan 30. Dari simulasi ini didapatkan hasil bahwa pengurangan WWR akan mengurangi nilai pada konduksi dan radiasi pada bukaan, namun meningkatkan konduksi pada dinding atau bidang masif. Namun peningkatan transmisi panas melalui konduksi pada bidang masif tidak meningkat signifikan sehingga masih dapat diperoleh pengurangan OTTV yang cukup berarti. Pada tabel dibawah ini dapat dilihat perbandingan pengurangan transmisi panas pada kaca dan peningkatan nilai konduksi pada dinding di setiap percobaan perubahan nilai wwr yang dilakukan dengan tanpa merubah material yang dipergunakan.

Simulasi	OTTV					Konduksi melalui Dinding	Konduksi melalui Bukaan	Radiasi melalui Bukaan	Total
	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Barat Laut	OTTV TOTAL				
	Watt/m ²	Watt	Watt	Watt	Watt				
Baseline	80,6	86,02	97,24	89,5	83,56	186,59	16.490,10	37.494,73	54.171,42
WWR 70	65,12	69,53	78,67	72,37	69	399,84	12.877,20	30.518,96	43.796,00
WWR 50	47,14	50,29	56,81	52,31	51,98	666,40	9.198,00	21.799,26	31.663,66
WWR 30	29,15	31,04	34,96	32,26	34,96	932,95	5.518,80	13.079,56	19.531,31

Tabel 6. 1. Perbandingan Nilai OTTV pada Pengurangan Nilai WWR

Pengurangan OTTV dengan mengurangi nilai WWR yang sebelumnya sebesar 86% menjadi 70% menghasilkan pengurangan nilai OTTV sebesar 17%, dan pada WWR 50% mengurangi nilai OTTV 38% dan WWR 30% mengurangi 58%. Pada gambar berikut ini terdapat tabel yang membandingkan nilai OTTV setiap sisi bangunan setelah dilakukan pengurangan nilai WWR.

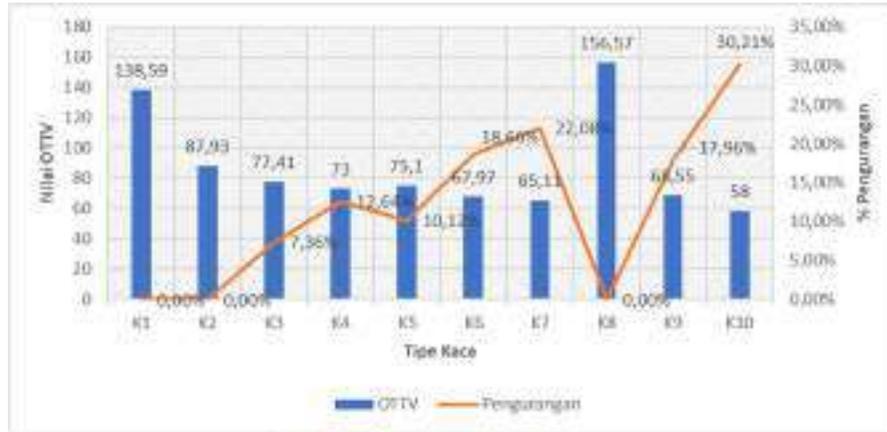


Gambar 6. 1. Grafik Perbandingan Simulasi WWR dan Pengurangan Nilai OTTV

6.1.2. Perubahan Jenis Material Kaca

Pada simulasi penggantian material kaca tanpa mengubah nilai WWR didapatkan hasil OTTV seperti pada grafik di bawah ini. Berdasarkan besar

pengurangan nilai OTTV dan dibandingkan dengan nilai OTTV baseline, maka pengurangan nilai OTTV dari penggantian material kaca ini hanya dapat mengurangi nilai OTTV maksimum sebesar 29,41%.



Keterangan:

K1	= Kaca tunggal 8mm tipe bening	K6	= Kaca double
K2	= Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	K7	= Kaca double low-e
K3	= Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	K8	= BIPV Lacolabel
K4	= Kaca tunggal 8mm tipe rendah	K9	= BIPV Artlite
K5	= Kaca Low- e	K10	= BIPV Stopray

Gambar 6. 2. Pengurangan Nilai OTTV dari Perubahan Material Kaca

Penggantian material kaca pada bangunan tanpa mengubah wwr akan mengurangi transmisi panas melalui radiasi dan konduksi pada kaca, namun penurunan transmisi panas yang terjadi tidak berkurang secara signifikan. Berikut ini pada tabel 5.14 dibawah ini dapat dibandingkan penurunan transmisi panas yang terjadi dari perubahan material kaca. Jenis kaca yang dapat mengurangi panas terbesar adalah pada penggunaan kaca double low e dan BIPV Stopray.

Simulasi	Konduksi melalui Dinding	Konduksi melalui Bukaan	Radiasi melalui Bukaan	Total
	Watt	Watt	Watt	Watt
Baseline	186,59	16.490,10	37.494,73	54.171,42
K1	186,59	14.053,93	79.155,54	93.396,06
K2	186,59	14.607,65	42.494,02	57.288,27
K3	186,59	14.607,65	37.995,08	49.789,32
K4	186,59	13.131,06	33.328,65	46.646,30
K5	186,59	12.129,10	35.828,29	48.143,98
K6	186,59	7.953,02	34.911,76	43.061,36
K7	186,59	6.671,00	34.161,86	41.019,46
K8	186,59	160.331,50	89.987,35	106.205,44
K9	186,59	9.123,19	34.161,86	43.471,64
K10	186,59	6.961,05	29.162,57	36.310,20

Keterangan:			
K1	=	Kaca tunggal 8mm tipe bening	K6 = Kaca double
K2	=	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	K7 = Kaca double low-e
K3	=	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	K8 = BIPV Lacolabel
K4	=	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	K9 = BIPV Artlite
K5	=	Kaca Low- e	K10 = BIPV Stopray

Tabel 6. 2. Perbandingan Nilai Transmisi Panas pada Simulasi Perubahan Kaca

6.1.3. Perubahan Jenis Material Masif

Pada simulasi penggantian material bidang masif yang dilakukan, diujikan beberapa material yang umum dipergunakan sebagai bidang masif pada bangunan tinggi kantor tanpa mengubah ukuran dinding yang dipergunakan maupun kacanya. Berikut ini pada tabel 5.15 dapat dilihat perolehan nilai OTTV akibat perubahan material dinding masif pada bangunan. Sisi Barat Laut dari bangunan merupakan sisi yang paling panas dibandingkan dengan sisi lainnya.

Simulasi			OTTV				
			Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Barat Laut	OTTV TOTAL
WWR	Dinding	Kaca	Watt/m2	Watt/m2	Watt/m2	Watt/m2	Watt/m2
86%		5,7	79,51	84,93	96,15	88,41	82,62
86%	W1	5,7	79,48	84,9	96,12	88,38	82,6
86%	W2	5,7	79,41	84,83	96,05	88,31	82,54
86%	W3	5,7	79,41	84,83	96,05	88,31	82,54
86%	W4	5,7	79,71	85,13	96,35	88,61	82,79
86%	W5	5,7	79,43	84,85	96,08	88,34	82,56
86%	W6	5,7	79,39	84,8	96,03	88,29	82,52
86%	W7	5,7	79,3	84,72	95,94	88,2	82,44
86%	W8	5,7	79,29	84,71	95,93	88,19	82,43

Keterangan:

W1 =	Bata dengan plester kedua sisi + kaca	W5 =	Beton precast + kaca
W2 =	Bata dengan plester + aluminium komposit	W6 =	Beton precast + aluminium komposit
W3 =	Bata ringan dengan plester kedua sisi + kaca	W7 =	Beton sterofoam + kaca
W4 =	Bata ringan dengan plester + aluminium komposit	W8 =	Beton sterofoam + Aluminium Composit

Tabel 6. 3. Perbandingan Nilai OTTV pada Simulasi Perubahan Material Dinding

Dari simulasi yang dilakukan penurunan OTTV yang di dapatkan sangat kecil hanya berkisar 0,02 hingga 0,23% penurunan OTTV dari baseline. Pada gambar 5.12 di bawah ini dapat dilihat perbandingan nilai OTTV dari simulasi perubahan material dinding yang dilakukan berikut pengurangan nilai OTTV dari OTTV bangunan eksisting. Penurunan nilai OTTV terbesar didapatkan pada penggunaan material W7 dan W8 yaitu material beton sterofoam yang dikenal juga sebagai beton sandwich baik dengan finishing kaca maupun aluminium komposit.



Keterangan:			
W1 =	Bata dengan plester kedua sisi + kaca	W5 =	Beton precast + kaca
W2 =	Bata dengan plester + aluminium komposit	W6 =	Beton precast + aluminium komposit
W3 =	Bata ringan dengan plester kedua sisi + kaca	W7 =	Beton sterofoam + kaca
W4 =	Bata ringan dengan plester + aluminium komposit	W8 =	Beton sterofoam + Aluminium Composit

Gambar 6. 3. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV dari Perubahan Material Dinding

Penggantian material dinding ini mengurangi tranmisi panas ke dalam bangunan yang masuk melalui dinding secara konduksi. Penurunan nilai OTTV secara keseluruhan tidak berkurang secara signifikan karena selubung bangunan masih didominasi penggunaan kaca yaitu sebesar 86%. Pada bagian selanjutnya akan diujikan penggantian material dinding masif berhubungan dengan faktor lainnya seperti perubahan dimensi kaca (wwr) maupun dikombinasikan dengan perubahan material kaca. Tabel berikut ini menunjukkan perbandingan transmisi panas ke dalam bangunan melalui selubung dari berbagai material dinding yang diujikan dengan eksisting sebagai baseline.

Simulasi			Konduksi melalui Dinding	Konduksi melalui Bukaan	Radiasi melalui Bukaan	Total
WWR	Dinding	Kaca	Watt	Watt	Watt	Watt
86%		5,7	186,59	16.490,10	37.494,73	54.171,42
86%	W1	5,7	168,47	15.820,56	37.494,73	53.483,76
86%	W2	5,7	127,10	15.820,56	37.494,73	53.442,39
86%	W3	5,7	126,56	15.820,56	37.494,73	53.441,84
86%	W4	5,7	308,28	15.820,56	37.494,73	53.623,57
86%	W5	5,7	140,35	15.820,56	37.494,73	53.455,64
86%	W6	5,7	110,87	15.820,56	37.494,73	53.426,16
86%	W7	5,7	58,41	15.820,56	37.494,73	53.373,70
86%	W8	5,7	51,38	15.820,56	37.494,73	53.366,67

Keterangan:			
W1 =	Bata dengan plester kedua sisi + kaca	W5 =	Beton precast + kaca
W2 =	Bata dengan plester + aluminium komposit	W6 =	Beton precast + aluminium komposit
W3 =	Bata ringan dengan plester kedua sisi + kaca	W7 =	Beton sterofoam + kaca
W4 =	Bata ringan dengan plester + aluminium komposit	W8 =	Beton sterofoam + Aluminium Composit

Tabel 6. 4. Perbandingan Nilai Tranmisi Panas pada Perubahan Material Dinding

6.1.4. Penambahan Sirip Penangkal Sinar Matahari

Dalam simulasi penambahan sirip didapatkan hasil seperti pada tabel berikut ini dan perincian perhitungan pada lampiran 12. Penambahan sirip dalam pengubahsuaian selubung ini menurunkan nilai transmisi panas melalui radiasi pada bukaan, sedangkan konduksi melalui dinding dan bukaan tidak mengalami perubahan. Berdasarkan simulasi penambahan sirip pada selubung bangunan eksisting dapat mengurangi nilai transmisi panas yang nampak pada nilai OTTV sebesar 4-23%.

a. Sirip Horizontal

Pada penambahan sirip horizontal dengan VSA 30⁰, penurunan OTTV signifikan pada penggunaan sirip pada ketinggian ¾ hingga 1 ketinggian lantai. Besar penurunan OTTV yang didapatkan berdasarkan perbandingan dengan nilai OTTV eksisting adalah sebesar 39,1- 47,86%. Berikut ini tabel 5.13 dapat dilihat perolehan panas dan besar nilai OTTV dari simulasi penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30⁰. Kemiringan sirip horizontal dengan VSA 30⁰ ini akan memaksimalkan penurunan nilai radiasi panas pada bukaan dengan kemiringan sirip 40 hingga 50⁰ terutama menurunkan nilai radiasi melalui bukaan.

Kode	Sudut		Jarak (cm)		Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan				
	VSA	HSA					Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas	
						83,56	186,59	16.490,10	37.494,73		
SIMULASI 1	1	30	0	1/8 h	48,75	0	49,52	186,59	16.490,10	13.973,08	40,74%
		30	0	1/8 h	48,75	10	50,58	186,59	16.490,10	14.729,89	39,47%
		30	0	1/8 h	48,75	20	50,3	186,59	16.490,10	14.521,96	39,80%
		30	0	1/8 h	48,75	30	50,1	186,59	16.490,10	14.378,90	40,04%
		30	0	1/8 h	48,75	40	50,89	186,59	16.490,10	14.952,67	39,10%
	2	30	0	1/8 h	48,75	50	50,11	186,59	16.490,10	14.391,82	40,03%
		30	0	1/4 h	97,5	0	48,25	186,59	16.490,10	13.070,12	42,26%
		30	0	1/4 h	97,5	10	47,54	186,59	16.490,10	12.557,58	43,11%
		30	0	1/4 h	97,5	20	46,97	186,59	16.490,10	12.157,73	43,79%
		30	0	1/4 h	97,5	30	46,57	186,59	16.490,10	11.870,56	44,27%
	3	30	0	1/4 h	97,5	40	46,33	186,59	16.490,10	11.704,09	44,55%
		30	0	1/4 h	97,5	50	46,33	186,59	16.490,10	11.704,09	44,55%
		30	0	1/2 h	195	0	48,25	186,59	16.490,10	13.070,12	42,26%
		30	0	1/2 h	195	10	47,54	186,59	16.490,10	12.557,58	43,11%
		30	0	1/2 h	195	20	46,97	186,59	16.490,10	12.157,73	43,79%
SIMULASI 1	4	30	0	1/2 h	195	30	45,35	186,59	16.490,10	11.870,56	45,73%
		30	0	1/2 h	195	40	46,33	186,59	16.490,10	11.704,09	44,55%
		30	0	1/2 h	195	50	46,33	186,59	16.490,10	11.704,09	44,55%
		30	0	3/4 h	243,75	0	46,3	186,59	16.490,10	11.678,64	44,59%
		30	0	3/4 h	243,75	10	45,39	186,59	16.490,10	11.027,95	45,68%
	5	30	0	3/4 h	243,75	20	44,71	186,59	16.490,10	10.540,86	46,49%
		30	0	3/4 h	243,75	30	45,15	186,59	16.490,10	10.861,54	45,97%
		30	0	3/4 h	243,75	40	43,76	186,59	16.490,10	9.869,86	47,63%
		30	0	3/4 h	243,75	50	43,57	186,59	16.490,10	9.730,28	47,86%
		30	0	h	390	0	47,25	186,59	16.490,10	12.357,65	43,45%
	30	0	h	390	10	45,13	186,59	16.490,10	11.738,99	45,99%	
	30	0	h	390	20	45,69	186,59	16.490,10	11.243,89	45,32%	
	30	0	h	390	30	45,19	186,59	16.490,10	10.886,94	45,92%	
	30	0	h	390	40	44,9	186,59	16.490,10	10.677,57	46,27%	
	30	0	h	390	50	44,81	186,59	16.490,10	10.617,22	46,37%	

Tabel 6. 5. Perbandingan Nilai OTTV pada Sirip Horizontal dengan VSA 30

Penambahan sirip horizontal dengan VSA 50⁰ mengurangi nilai OTTV eksisting sebesar 46- 51%. Pada simulasi penambahan sirip ini dengan VSA

50 ini, ketinggian pemasangan sirip, pembagian sirip dan kemiringan sirip tidak begitu mempengaruhi besar penurunan radiasi bukaan. Pada tabel 5.15 dibawah ini dapat dilihat perbandingan pengurangan nilai OTTV dari penambahan sirip horizontal dengan VSA 50⁰. Dari tabel ini terlihat penurunan transmisi panas melalui radiasi matahari turun secara signifikan.

Kode	Sudut		Jarak (cm)	Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan					
	VSA	HSA				Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas		
					83,56	186,59	16.490,10	37.494,73			
SIMULASI 2	1	50	0	1/8 h	48,75	0	45,11	186,59	16.490,10	10.828,03	46,01%
		50	0	1/8 h	48,75	10	44,01	186,59	16.490,10	10.044,33	47,33%
		50	0	1/8 h	48,75	20	43,18	186,59	16.490,10	9.452,56	48,32%
		50	0	1/8 h	48,75	30	42,68	186,59	16.490,10	9.095,60	48,92%
		50	0	1/8 h	48,75	40	42,3	186,59	16.490,10	8.816,44	49,38%
		50	0	1/8 h	48,75	50	42,01	186,59	16.490,10	8.624,52	49,72%
	2	50	0	1/4 h	97,5	0	44,17	186,59	16.490,10	10.088,67	47,14%
		50	0	1/4 h	97,5	10	43,18	186,59	16.490,10	9.452,56	48,32%
		50	0	1/4 h	97,5	20	41,98	186,59	16.490,10	8.600,89	49,76%
		50	0	1/4 h	97,5	30	41,92	186,59	16.490,10	8.554,73	49,83%
		50	0	1/4 h	97,5	40	41,54	186,59	16.490,10	8.285,02	50,29%
		50	0	1/4 h	97,5	50	41,36	186,59	16.490,10	8.154,88	50,50%
	3	50	0	1/2 h	195	0	43,79	186,59	16.490,10	9.888,74	47,59%
		50	0	1/2 h	195	10	43,47	186,59	16.490,10	9.661,92	47,98%
		50	0	1/2 h	195	20	43,18	186,59	16.490,10	9.452,56	48,32%
		50	0	1/2 h	195	30	42,81	186,59	16.490,10	9.191,89	48,77%
		50	0	1/2 h	195	40	42,83	186,59	16.490,10	9.208,29	48,74%
		50	0	1/2 h	195	50	43,57	186,59	16.490,10	9.730,28	47,86%
SIMULASI 2	4	50	0	3/4 h	243,75	0	43,35	186,59	16.490,10	9.574,69	48,12%
		50	0	3/4 h	243,75	10	42,87	186,59	16.490,10	9.235,18	48,70%
		50	0	3/4 h	243,75	20	42,81	186,59	16.490,10	9.190,84	48,77%
		50	0	3/4 h	243,75	30	43,07	186,59	16.490,10	9.376,36	48,46%
		50	0	3/4 h	243,75	40	42,29	186,59	16.490,10	8.816,44	49,39%
		50	0	3/4 h	243,75	50	42,02	186,59	16.490,10	8.624,52	49,71%
	5	50	0	h	390	0	44,07	186,59	16.490,10	10.088,67	47,26%
		50	0	h	390	10	43,47	186,59	16.490,10	9.661,92	47,98%
		50	0	h	390	20	43,18	186,59	16.490,10	9.452,56	48,32%
		50	0	h	390	30	43,26	186,59	16.490,10	9.512,90	48,23%
		50	0	h	390	40	42,84	186,59	16.490,10	9.208,29	48,73%
		50	0	h	390	50	40,71	186,59	16.490,10	9.025,81	51,28%

Tabel 6. 6. Perbandingan Nilai OTTV pada Siri Horizontal dengan VSA 50

Penambahan sirip horizontal dengan VSA 70⁰ mengurangi nilai OTTV eksisting sebesar 49,6 – 50,23%. Pada simulasi penambahan sirip ini dengan VSA 70⁰ ini, ketinggian pemasangan sirip, pembagian sirip dan kemiringan sirip tidak begitu mempengaruhi besar penurunan radiasi bukaan. Pada tabel 5.15 dibawah ini dapat dilihat perbandingan pengurangan nilai OTTV dari penambahan sirip horizontal dengan VSA 70⁰.

Kode	Sudut		Jarak (cm)		Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan				
	VSA	HSA					Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas	
SIMULASI 3						83,56	186,59	16.490,10	37.494,73		
	1	70	0	1/8 h	48,75	0	42,1	186,59	16.490,10	8.676,86	49,62%
		70	0	1/8 h	48,75	10	41,88	186,59	16.490,10	8.529,28	49,88%
		70	0	1/8 h	48,75	20	41,91	186,59	16.490,10	8.546,73	49,84%
		70	0	1/8 h	48,75	30	41,92	186,59	16.490,10	8.554,73	49,83%
		70	0	1/8 h	48,75	40	41,86	186,59	16.490,10	8.511,83	49,90%
	2	70	0	1/8 h	48,75	50	42,02	186,59	16.490,10	8.624,52	49,71%
		70	0	1/4 h	97,5	0	41,92	186,59	16.490,10	8.554,73	49,83%
		70	0	1/4 h	97,5	10	44,01	186,59	16.490,10	10.044,33	47,33%
		70	0	1/4 h	97,5	20	41,72	186,59	16.490,10	8.415,15	50,07%
		70	0	1/4 h	97,5	30	41,64	186,59	16.490,10	8.354,81	50,17%
	3	70	0	1/4 h	97,5	40	41,86	186,59	16.490,10	8.511,83	49,90%
		70	0	1/4 h	97,5	50	42,91	186,59	16.490,10	9.264,06	48,65%
		70	0	1/2 h	195	0	41,92	186,59	16.490,10	8.554,73	49,83%
		70	0	1/2 h	195	10	41,8	186,59	16.490,10	8.467,50	49,98%
		70	0	1/2 h	195	20	41,72	186,59	16.490,10	8.415,15	50,07%
	4	70	0	1/2 h	195	30	41,64	186,59	16.490,10	8.354,81	50,17%
		70	0	1/2 h	195	40	41,54	186,59	16.490,10	8.285,02	50,29%
		70	0	1/2 h	195	50	41,59	186,59	16.490,10	8.319,91	50,23%
		70	0	3/4h	243,75	0	41,85	186,59	16.490,10	8.503,83	49,92%
		70	0	3/4h	243,75	10	41,59	186,59	16.490,10	8.319,91	50,23%
	5	70	0	3/4h	243,75	20	41,47	186,59	16.490,10	8.232,67	50,37%
		70	0	3/4h	243,75	30	41,42	186,59	16.490,10	8.197,78	50,43%
		70	0	3/4h	243,75	40	41,32	186,59	16.490,10	8.127,99	50,55%
		70	0	3/4h	243,75	50	41,27	186,59	16.490,10	8.093,10	50,61%
		70	0	h	390	0	41,99	186,59	16.490,10	8.607,08	49,75%
	5	70	0	h	390	10	41,8	186,59	16.490,10	8.467,50	49,98%
		70	0	h	390	20	41,72	186,59	16.490,10	8.415,15	50,07%
		70	0	h	390	30	41,64	186,59	16.490,10	8.354,81	50,17%
		70	0	h	390	40	41,54	186,59	16.490,10	8.285,02	50,29%
70	0	h	390	50	41,59	186,59	16.490,10	8.319,91	50,23%		

Tabel 6. 7. Perbandingan Nilai OTTV pada Siri Horizontal dengan VSA 70

Jika dibandingkan besar pengurangan nilai OTTV yang didapat dari penurunan radiasi panas dengan penambahan sirip horizontal, maka dapat dilihat perbandingannya ,melalui grafik berikut ini. Dapat terlihat bahwa semakin panjang sirip yang dipergunakan maka akan meningkatkan penurunan panas, semakin besar sudut VSA juga akan meningkatkan besar penurunan panas yang nampak pada berkurangnya nilai OTTV.



Gambar 6. 4. Perbandingan Pengurangan Nilai OTTV dari Sirip Horizontal dengan Berbagai Sudut

Jika dibandingkan dengan nilai OTTV eksisting sebagai *baseline* maka sirip horizontal dengan sudut VSA 70^0 memberikan dampak penurunan transmisi panas melalui radiasi paling besar. Sirip horizontal dengan sudut VSA 70^0 ini sangat potensial untuk menurunkan radiasi panas pada sisi Barat Laut yang merupakan sisi dengan nilai OTTV terbesar. Pada grafik di bawah ini dapat dilihat perbandingan OTTV ekisting dengan OTTV hasil simulasi penambahan sirip horizontal pada setiap sisi hadapnya.



Gambar 6. 5. Perbandingan Nilai OTTV dari Simulasi Sirip Horizontal

Pada tabel berikut dapat dilihat perbandingan hasil penurunan panas dari penambahan sirip horizontal dengan setiap sudut VSAnyanya secara rata-rata. Didapatkan hasil bahwa sudut VSA yang efektif adalah 50^0 dan 70^0 sesuai dengan aturan selubung DKI dan penelitian IFC. Sirip horizontal juga efektif menurunkan radiasi panas pada sisi hadap bangunan yang memiliki OTTV paling besar yaitu sisi Barat Laut sebesar 25- 28%.

VSA	30%				50%			
	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut
Sisi Bangunan	43	45	49	46	39	40	44	42
Simulasi	80,6	86,02	97,24	89,5	80,6	86,02	97,24	89,5
Baseline	37,4	41,2	48,4	43,1	41,8	45,9	53,4	47,6
Besar pengurangan	46%	48%	50%	48%	52%	53%	55%	53%

VSA	70			
	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut
Sisi Bangunan	38	39	42	41
Simulasi	80,6	86,02	97,24	89,5
Baseline	43,0	47,2	54,8	48,9
Besar pengurangan	53%	55%	56%	55%

Tabel 6. 8. Besar Pengurangan Nilai OTTV dari Sirip Horizontal

b. Sirip Vertikal

Simulasi yang berikutnya adalah penambahan sirip vertikal dengan HSA 30, 50 dan 70⁰ dengan jarak ½ hingga 1 modul lebar kaca. Berdasarkan hasil dari simulasi yang dilakukan, penambahan sirip vertikal dapat mengurangi transmisi panas melalui radiasi matahari sebesar 41,2 hingga 49,59%. Besar pengurangan panas akan semakin bertambah dengan bertambahnya sudut HSA, dan untuk jarak antar sirip dan sudut kemiringan sirip tidak memberikan perbedaan pengurangan panas yang signifikan.

Kode	Sudut		Jarak (cm)	Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan					
	VSA	HSA				Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas		
					83,56	186,59	16.490,10	37.494,73			
SIMULASI 4	1	0	30	1/2 w	60	0	49,28	186,59	16.490,10	13.800,87	41,02%
		0	30	1/2 w	60	10	48,45	186,59	16.490,10	13.207,66	42,02%
		0	30	1/2 w	60	20	48,45	186,59	16.490,10	13.207,66	42,02%
		0	30	1/2 w	60	30	47,18	186,59	16.490,10	12.303,27	43,54%
		0	30	1/2 w	60	40	46,73	186,59	16.490,10	11.982,64	44,08%
		0	30	1/2 w	60	50	46,48	186,59	16.490,10	11.809,61	44,38%
	2	0	30	w	120	0	49,28	186,59	16.490,10	13.800,87	41,02%
		0	30	w	120	10	48,48	186,59	16.490,10	13.207,66	41,98%
		0	30	w	120	20	47,75	186,59	16.490,10	12.712,56	42,86%
		0	30	w	120	30	47,18	186,59	16.490,10	12.303,27	43,54%
		0	30	w	120	40	46,73	186,59	16.490,10	11.982,64	44,08%
		0	30	w	120	50	46,48	186,59	16.490,10	11.809,61	44,38%
SIMULASI 5	1	0	50	1/2 w	60	0	49,28	186,59	16.490,10	13.800,87	41,02%
		0	50	1/2 w	60	10	48,45	186,59	16.490,10	13.207,66	42,02%
		0	50	1/2 w	60	20	47,75	186,59	16.490,10	12.712,56	42,86%
		0	50	1/2 w	60	30	47,18	186,59	16.490,10	12.303,27	43,54%
		0	50	1/2 w	60	40	46,73	186,59	16.490,10	11.982,64	44,08%
		0	50	1/2 w	60	50	46,48	186,59	16.490,10	11.809,61	44,38%
	2	0	50	w	120	0	45,07	186,59	16.490,10	10.799,70	46,06%
		0	50	w	120	10	44,54	186,59	16.490,10	10.422,43	46,70%
		0	50	w	120	20	43,6	186,59	16.490,10	9.751,40	47,82%
		0	50	w	120	30	43,98	186,59	16.490,10	10.021,14	47,37%
		0	50	w	120	40	44,04	186,59	16.490,10	10.067,74	47,30%
		0	50	w	120	50	43,69	186,59	16.490,10	9.816,91	47,71%

Kode	Sudut		Jarak (cm)	Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan					
	VSA	HSA				Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas		
					83,56	186,59	16.490,10	37.494,73			
SIMULASI 6	1	0	70	1/2 w	60	0	42,82	186,59	16.490,10	9.194,54	48,76%
		0	70	1/2 w	60	10	42,65	186,59	16.490,10	9.077,55	48,96%
		0	70	1/2 w	60	20	42,54	186,59	16.490,10	9.001,19	49,09%
		0	70	1/2 w	60	30	42,53	186,59	16.490,10	8.990,31	49,10%
		0	70	1/2 w	60	40	42,2	186,59	16.490,10	8.758,36	49,50%
		0	70	1/2 w	60	50	42,12	186,59	16.490,10	8.698,01	49,59%
	2	0	70	w	120	0	42,89	186,59	16.490,10	9.246,89	48,67%
		0	70	w	120	10	42,84	186,59	16.490,10	9.209,12	48,73%
		0	70	w	120	20	42,76	186,59	16.490,10	9.158,21	48,83%
		0	70	w	120	30	42,53	186,59	16.490,10	8.990,31	49,10%
		0	70	w	120	40	42,61	186,59	16.490,10	9.045,52	49,01%
		0	70	w	120	50	42,12	186,59	16.490,10	8.698,01	49,59%

Tabel 6. 9. Nilai OTTV pada Simulasi Sirip Vertikal dengan Sudut HAS 30, 50 dan 70

Jika dibandingkan hasil simulasi dari penambahan sirip vertikal pada grafik dibawah ini, didapatkan hasil bahwa HSA 70⁰ memiliki nilai pengurangan panas lebih besar. Namun antara sudut HSA 50⁰ dan 70⁰ memiliki nilai pengurangan yang tidak jauh berbeda. Sudut HSA 50⁰ hanya efektif pada jarak antar sirip 1w atau 1 modul kaca.



Gambar 6. 6. Grafik Pengurangan Nilai OTTV pada Simulasi Penambahan Sirip Vertikal

Jika dibandingkan dengan nilai OTTV eksisting sebagai baseline maka sirip vertikal dengan sudut VSA 70⁰ memberikan dampak penurunan transmisi panas melalui radiasi paling besar. Sirip horizontal dengan sudut VSA 70⁰ ini sangat potensial untuk menurunkan radiasi panas pada sisi Barat Laut yang merupakan sisi dengan nilai OTTV terbesar. Pada grafik di bawah

ini dapat dilihat perbandingan OTTV ekisting dengan OTTV hasil simulasi penambahan sirip horizontal pada setiap sisi hadapnya.



Gambar 6. 7. Perbandingan Nilai OTTV pada Penambahan Sirip Vertikal

Pada tabel berikut dapat dilihat perbandingan hasil penurunan panas dari penambahan sirip vertikal dengan setiap sudut HSAny secara rata- rata. Didapatkan hasil bahwa sudut VSA yang efektif adalah 50⁰ dan 70⁰ sesuai dengan aturan selubung DKI dan penelitian IFC. Sirip vertikal juga efektif menurunkan radiasi panas meskipun memiliki nilai penutunan yang tidak sebesar penambahan sirip vertikal, besar penurunan panas pada sisi hadap bangunan yang memiliki OTTV paling besar yaitu sisi Barat Laut sebesar 45 - 56%.

HSA	30%				50%			
Sisi Bangunan	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut
Simulasi	44	46	50	47	42	44	47	45
Baseline	80,6	86,02	97,24	89,5	80,6	86,02	97,24	89,5
Besar	37	40	48	42	38	42	50	44
pengurangan	45%	47%	49%	47%	48%	49%	51%	50%
HSA	70							
Sisi Bangunan	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut				
Simulasi	39	40	43	41				
Baseline	80,6	86,02	97,24	89,5				
Besar	42	46	54	48				
pengurangan	52%	54%	56%	54%				

Tabel 6. 10. Perbandingan Nilai OTTV pada Sirip Vertikal

c. Sirip Gabungan

Simulasi yang terakhir adalah penambahan sirip *eggcrate* atau gabungan vertikal dan horizontal. Penambahan yang diujikan dengan VSA-HSA 30, 50 dan 70⁰ dengan jarak antar sirip (w) sebesar ½ dan 1 lebar modul kaca. Hasil yang didapatkan dari simulasi tersebut dapat dilihat dari tabel 5.20 di bawah ini. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa pengurangan panas terjadi pada pengurangan radiasi panas melalui bukaan dan tidak mempengaruhi pada besarnya panas yang masuk melalui konduksi melalui dinding dan kaca.

Kode	Sudut		Jarak (cm)	Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan			
	VSA	HSA				Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas
					83,56	186,59	16.490,10	37.494,73	
SIMULASI 7	1	30	30	1/4h-1/2 w	45,3	186,59	16.490,10	10.969,87	45,79%
		30	30	1/4h- 1w	43,88	186,59	16.490,10	10.969,87	47,49%
	2	30	30	1/2h -1/2w	45,31	186,59	16.490,10	10.969,87	45,78%
		30	30	1/2h -1w	46,19	186,59	16.490,10	11.596,54	44,72%
	3	30	30	h - 1/2w	44,15	186,59	16.490,10	10.144,71	47,16%
		30	30	h - 1w	44,15	186,59	16.490,10	10.144,71	47,16%
SIMULASI 8	1	50	50	1/4h-1/2 w	42,03	186,59	16.490,10	8.632,53	49,70%
		50	50	1/4h- 1w	42,03	186,59	16.490,10	10.969,87	49,70%
	2	50	50	1/2h -1/2w	41,87	186,59	16.490,10	8.519,84	49,89%
		50	50	1/2h -1w	41,87	186,59	16.490,10	8.519,84	49,89%
	3	50	50	h - 1/2w	42,03	186,59	16.490,10	8.632,53	49,70%
		50	50	h - 1w	42,03	186,59	16.490,10	8632,53	49,70%
SIMULASI 9	1	70	70	1/4h-1/2 w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%
		70	70	1/4h- 1w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%
	2	70	70	1/2h -1/2w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%
		70	70	1/2h -1w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%
	3	70	70	h - 1/2w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%
		70	70	h - 1w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%

Tabel 6. 11. Perbandingan Nilai OTTV dan Tranmisi Panas dari Sirip Gabungan

Dari simulasi yang dilakukan pada penambahan sirip *eggcrate* ini, didapatkan hasil bahwa sirip dengan sudut VSA-HSA 50 dan 70⁰ didapatkan hasil pengurangan nilai OTTV yang hampir sama yaitu antara 23 – 24%. Dalam perancangan sirip *eggcrate* ini yang menentukan besarnya pengurangan nilai OTTV adalah VSA dan HSA, sedangkan ketinggian maupun jarak lebar tidak mempengaruhi besar pengurangan OTTV. Berikut ini terdapat grafik yang menggambarkan besarnya pengurangan OTTV dari

baseline sehingga dapat diketahui perbandingannya dari simulasi yang telah dilakukan.



Gambar 6.8. Perbandingan Pengurangan Nilai OTTV dari Sirip Ganda

Berikut ini adalah sebuah grafik yang menggambarkan besar nilai OTTV pada setiap sisi bangunan yang dibandingkan antara penambahan sirip *eggcrate* dengan baseline. Dari grafik tersebut sisi yang memiliki nilai OTTV tertinggi adalah sisi Barat Laut, dengan pengurangan nilai OTTV yang signifikan pada VSA- HSA dengan sudut 50 dan 70°.



Gambar 6.9. Perbandingan Nilai OTTV pada Penambahan Sirip Gabungan

Pada tabel berikut ini dapat dilihat perbandingan nilai OTTV yang dihasilkan dari penambahan sirip *eggcrate* pada sertiap sisi bangunan. Dari hasil tersebut sisi bangunan yang memiliki OTTV tertinggi adalah Barat Laut dan dengan sirip *eggcrate* ini didapatkan pengurangan yang paling besar yaitu 49 - 55 % lebih rendah dari OTTV *baseline*. Namun dari hasil pengurangan OTTV yang didapatkan juga belum dapat memenuhi standar SNI 6389 tahun 2020 bahwa OTTV harus kurang dari 35 watt/m².

HAS, VSA	30%				50%			
	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut
Sisi Bangunan								
Simulasi	41	43	46	44	38	39	43	41
Baseline	80,6	86,02	97,24	89,5	80,6	86,02	97,24	89,5
Besar	39	43	51	45	43	47	55	49
pengurangan	49%	50%	52%	51%	53%	55%	56%	55%

HAS, VSA	70			
	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut
Sisi Bangunan				
Simulasi	37	38	42	40
Baseline	80,6	86,0	97,2	89,5
Besar	43	48	55	49
pengurangan	54%	55%	57%	55%

Tabel 6. 12. Besar Pengurangan Nilai OTTV dari Penambahan Sirip Gabungan

Dari simulasi sirip yang dilakukan baik horizontal, vertikal dan gabungan, dapat dilihat dari grafik di bawah ini. Dari grafik tersebut dapat dilihat besarnya pengurangan nilai OTTV berkaitan dengan sudut HSA/VSA dalam setiap tipe sirip. Pemilihan sirip dengan tipe gabungan/*eggcrate* merupakan tipe sirip yang paling signifikan dalam menurunkan nilai OTTV khususnya pengurangan radiasi panas melalui bukaan. Pengurangan nilai OTTV dari *eggcrate* tersebut setara dengan penggunaan sirip horizontal dan vertikal dengan sudut HSA/VSA 50 dan 70⁰.



Gambar 6.10. Perbandingan Pengurangan Nilai OTTV dari Setiap Jenis Sirip

6.1.5. Penambahan Selubung Ganda

Selubung ganda atau *Double Skin Façade* yang disimulasikan adalah selubung eksisting dengan penambahan dsf dengan *cavity* 30, 60, 90 dan 120 cm serta beberapa material kaca. Dalam simulasi yang dilakukan, DF berhasil menurunkan nilai OTTV paling besar dibesar. Dari tabel berikut ini dapat dilihat nilai OTTV dari hasil simulasi yang dilakukan hampir semua tipe DSF berhasil menurunkan sehingga didapatkan nilai OTTV sesuai dengan aturan SNI yang berlaku yaitu dibawah 35 Watt/m².

	DSF 1	DSF 2	DSF 3	DSF 4	DSF 5	DSF 6	DSF 7	DSF 8	DSF 9	DSF 10
SIMULASI 1 Cavity 30	41,78	28,27	28,08	33,71	33,43	25,43	25,13	41,01	25,16	23,27
SIMULASI 2 Cavity 60	41,21	27,96	28,56	33,31	33,02	25,18	24,88	40,45	24,92	23,06
SIMULASI 3 Cavity 90	40,76	27,72	28,31	32,99	32,70	24,98	24,69	40,00	24,72	22,89
SIMULASI 4 Cavity 120	40,31	27,48	28,06	32,66	32,38	24,89	24,50	39,60	24,53	22,73

DSF 1 = Kaca tunggal 8mm tipe bening	DSF 6 = Kaca Double
DSF 2 = Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	DSF 7 = Kaca Double Low-e
DSF 3 = Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	DSF 8 = BIPV Lacolabel
DSF 4 = Kaca tunggal 8mm tipe rendah	DSF 9 = BIPV Arlite
DSF 5 = Kaca Low-e	DSF 10 = BIPV Stopray

Tabel 6.13. Perbandingan Nilai OTTV dari Simulasi Penambahan DSF

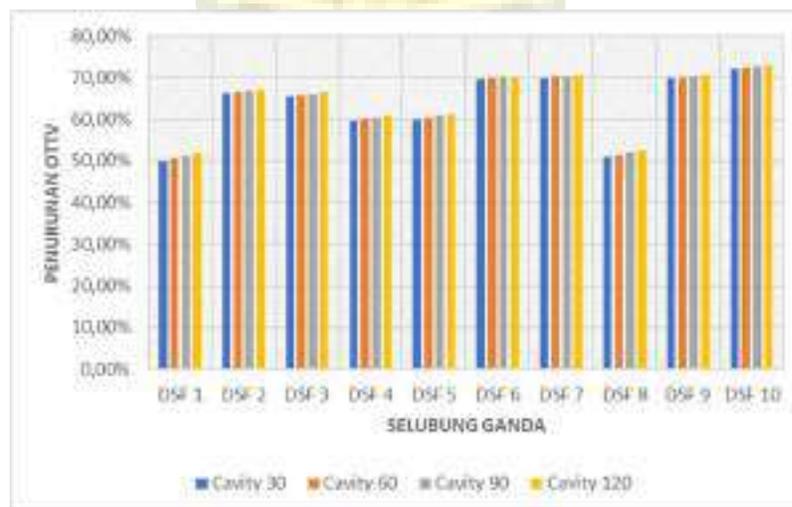
Nilai OTTV yang didapatkan dari penambahan DSF berhasil melakukan penurunan nilai OTTV baseline mulai dari 50 hingga 72,8%. Pada tabel berikut ini dapat dilihat perbandingan besar penurunan nilai OTTV antara tipe DSF dan *air cavity*nya.

% Penurunan OTTV										
	DSF 1	DSF 2	DSF 3	DSF 4	DSF 5	DSF 6	DSF 7	DSF 8	DSF 9	DSF 10
Cavity 30	50,00%	66,17%	65,44%	59,63%	59,99%	69,57%	69,93%	50,92%	69,89%	72,15%
Cavity 60	50,68%	66,54%	65,82%	60,14%	60,48%	69,87%	70,22%	51,59%	70,18%	72,40%
Cavity 90	51,22%	66,83%	66,12%	60,52%	60,87%	70,11%	70,45%	52,13%	70,42%	72,61%
Cavity 120	51,76%	67,11%	66,42%	60,91%	61,25%	70,21%	70,68%	52,61%	70,64%	72,80%

Keterangan:			
DSF 1 =	Kaca tunggal 8mm tipe bening	DSF 6 =	Kaca Double
DSF 2 =	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	DSF 7 =	Kaca Double Low-e
DSF 3 =	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	DSF 8 =	BIPV Lacolabel
DSF 4 =	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	DSF 9 =	BIPV Artlite
DSF 5 =	Kaca Low- e	DSF 10 =	BIPV Stopray

Tabel 6. 14. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV pada DSF

Dari semua DSF yang disimulasikan DSF dengan *air cavity 120* menurunkan nilai OTTV paling signifikan, Namun perbedaan antara *air cavity 30, 60, 90, 120* hanya memiliki perbedaan persentase penurunan nilai OTTV 0,68 hingga 2%.



Gambar 6. 11. Perbandingan OTTV DSF

Berdasarkan tipe transmisi panas yang terjadi pada semua tipe DSF dengan berbagai ukuran *air cavity* mengurangi transmisi panas melalui konduksi melalui bukaan hingga 78% dan mengurangi radiasi pada bukaan dari 44 hingga 47,7%

Material	Air Cavity (cm)	Transmisi Panas			Total	
		Konduksi Dinding	Konduksi Kaca	Radiasi Bukaan		
Baseline		186,59	16.490,10	37.494,73	54.171,42	
Simulasi 1	DSF 1	30	186,59	3.549,42	20.657,75	24.393,76
	DSF 2	30	186,59	3.549,42	20.657,75	14.761,48
	DSF 3	30	186,59	3.549,42	20.657,75	15.193,85
	DSF 4	30	186,59	3.549,42	20.657,75	18.652,82
	DSF 5	30	186,59	3.549,42	20.657,75	18.436,64
	DSF 6	30	186,59	3.470,54	20.657,75	12.736,93
	DSF 7	30	186,59	3.470,54	20.657,75	12.520,75
	DSF 8	30	186,59	3.549,42	20.657,75	23.841,28
	DSF 9	30	186,59	3.496,84	20.657,75	12.547,04
	DSF 10	30	186,59	3.444,25	20.657,75	11.197,34
Simulasi 2	DSF 1	60	186,59	3.549,42	20.657,75	23.984,38
	DSF 2	60	186,59	3.549,42	20.657,75	14.542,99
	DSF 3	60	186,59	3.549,42	20.657,75	14.966,79
	DSF 4	60	186,59	3.549,42	20.657,75	18.357,22
	DSF 5	60	186,59	3.549,42	20.657,75	18.145,32
	DSF 6	60	186,59	3.470,54	20.657,75	12.557,00
	DSF 7	60	186,59	3.470,54	20.657,75	12.345,10
	DSF 8	60	186,59	3.549,42	20.657,75	23.442,86
	DSF 9	60	186,59	3.496,84	20.657,75	12.371,39
	DSF 10	60	186,59	3.444,25	20.657,75	11.047,40
Simulasi 3	DSF 1	90	186,59	3.549,42	19.926,84	23.662,85
	DSF 2	90	186,59	3.549,42	10.635,37	14.371,38
	DSF 3	90	186,59	3.549,42	11.052,45	14.788,46
	DSF 4	90	186,59	3.549,42	14.389,03	18.125,04
	DSF 5	90	186,59	3.549,42	14.180,50	17.916,51
	DSF 6	90	186,59	3.470,54	8.758,54	12.415,68
	DSF 7	90	186,59	3.470,54	8.550,00	12.207,14
	DSF 8	90	186,59	3.549,42	19.393,91	23.129,92
	DSF 9	90	186,59	3.496,84	8.550,00	12.233,43
	DSF 10	90	186,59	3.444,25	7.298,78	10.929,63
Simulasi 4	DSF 1	120	186,59	3.549,42	19.605,31	23.341,32
	DSF 2	120	186,59	3.549,42	10.463,76	14.199,78
	DSF 3	120	186,59	3.549,42	10.874,11	14.610,12
	DSF 4	120	186,59	3.549,42	14.156,86	14.892,87
	DSF 5	120	186,59	3.549,42	13.951,69	17.687,70
	DSF 6	120	186,59	35.449,42	8.617,22	12.353,23
	DSF 7	120	186,59	3.470,54	8.412,05	12.069,18
	DSF 8	120	186,59	3.549,42	19.080,98	22.816,99
	DSF 9	120	186,59	3.496,84	8.412,05	12.095,47
	DSF 10	120	186,59	3.444,25	7.181,01	10.811,86

Tabel 6. 15. Total Transmisi Panas pada DSF

6.1.6. Perubahan dengan Metoda Gabungan

Metoda gabungan merupakan simulasi terakhir yang mana mengujikan kembali variabel retrofit fasad yang telah diujikan dengan menggabungkan beberapa subvariabel retrofit fasad. Metoda gabungan ini bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi AC dan bukaan.

a. Perubahan WWR, Material Kaca dan Material Masif

Retrofit fasad gabungan yang pertama adalah perubahan material kaca dan masif untuk mendapatkan penurunan transmisi panas yang signifikan dengan nilai wwr yang lebih besar. Jika dibandingkan dengan simulasi pada retrofit fasad simulasi gabungan ini akan menghasilkan penurunan transmisi panas yang lebih besar yaitu 58 hingga 70%. Berikut ini perbandingan antara retrofit fasad tunggal dengan gabungan:

	Retrofit Fasad Tunggal			Retrofit Fasad Gabungan 1
	Perubahan Nilai WWR	Penggantian Material Kaca	Penggantian Material Dinding	
Penurunan Nilai OTTV	18- 58%	0- 30,21%	0,02- 1,22%	58- 70%
WWR	50- 30%	86%	86%	45%- 30%

Tabel 6. 16. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV pada Retrofit Gabungan 1

Dari tabel diatas dapat dilihat dengan retrofit fasad gabungan penurunan nilai OTTV lebih optimal dengan nilai WWR yang lebih besar dibandingkan dengan melakukan retrofit fasad tunggal. Hal ini jika diuraikan berkaitan dengan simulasi tunggal yang dilakukan sebelumnya, bahwa perubahan wwr signifikan mengurangi konduksi melalui kaca, perubahan material kaca akan mengurangi konduksi dan radiasi pada kaca namun perubahannya tidak terlalu signifikan jika penggantian dengan material kaca biasa bukan kaca

hemat energi seperti *low e glass*, *double low e glass* atau BIPV. Perubahan material dinding akan mengurangi transmisi panas melalui dinding.

Jadi dengan menggabungkan kemampuan pengurangan transmisi panas yang berbeda dari setiap tindakan retrofit tunggal maka akan menurunkan transmisi panas yang lebih optimal karena gabungan retrofit fasad tersebut akan saling melengkapi. Sejalan dengan analisis dengan menggunakan *multiple comparison* pada statistik SPSS, didapatkan hasil yang sesuai yaitu penggabungan antara perubahan WWR dengan perubahan material dinding akan signifikan dan penggabungan antara perubahan wwr dan perubahan material kaca juga akan signifikan. Perubahan WWR ini hanya signifikan dengan kedua tindakan retrofit ini. Jadi dapat disimpulkan bahwa perubahan wwr, material dinding dan material kaca akan menghasilkan perubahan terhadap nilai OTTV secara signifikan.

Berikut ini contoh penerapan pada objek studi Gedung BRI II. Perubahan yang dilakukan adalah mengganti wwr menjadi 40% dari sebelumnya 86%, lalu mengganti material dinding menjadi K7 dengan *Uvalue* 2,53 dan mengganti kaca dengan kaca tipe W0 dengan *Uvalue* 0,69.



Gambar 6. 12. Penerapan Retrofit Fasad Gabungan 1 pada Gedung BRI II

	EKSISTING	SIMULASI 3
Total Energi	20.247.786	10.205.790
Energi untuk AC	16.198.229	6.156.233
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	60%
Persentase Penghematan Energi	0	50%
IKE	288	145
OTTV	83,56	29,75
Persentase Penurunan OTTV	0	64%
Cooling Load	2187,489	1.191,55
TR	1901,872	730,45
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	62%

Tabel 6. 17. Perbandingan Efisiensi Energi pada Retrofit Fasad Gabungan 1

Retrofit fasad ini yang diterapkan pada Gedung BRI II menghasilkan penurunan OTTV sebesar 64% dan penghematan energi sebesar 50%. Dari hasil penghematan energi tersebut jelas terlihat bahwa penggunaan energi untuk AC yang sebelumnya dapat menghabiskan 80% dari total energi yang dipergunakan, setelah penerapan retrofit gabungan 1 ini energi AC yang dipergunakan menjadi 60% dari total energi. Penggunaan energi AC hingga mencapai 60% menurut penelitian dari Sandra dan Rana dari ASHRAE merupakan konsumsi AC pada bangunan dengan fasad kaca pada umumnya. Selain itu juga berdasarkan IKE, retrofit ini menjadikan Gedung BRI II menjadi Kategori Hemat Energi.

b. Perubahan WWR, Material Kaca dan Sirip Horizontal

Dalam simulasi retrofit fasad gabungan yang kedua adalah menggabungkan perubahan WWR, material kaca dan penambahan sirip horizontal. Retrofit fasad gabungan yang kedua ini dapat mengurangi nilai OTTV 9 hingga 75% dengan WWR yang cukup besar yaitu hingga mencapai 60%. Berikut ini perbandingan antara retrofit tunggal dengan retrofit gabungan:

	Retrofit Fasad Tunggal			Retrofit Fasad Gabungan 2
	Perubahan Nilai WWR	Penggantian Material Kaca	Penambahan Sirip Horizontal	
Penurunan Nilai OTTV	18- 58%	0- 30,21%	46 - 55%	9- 75%
WWR	50- 30%	86%	86%	60%- 30%

Tabel 6. 18. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV pada Retrofit Gabungan 2

Retrofit fasad gabungan 2 ini memberikan perubahan yang signifikan pada penurunan nilai OTTV dengan WWR yang relatif lebih besar. Jadi untuk membuat WWR lebih besar diperlukan penanganan lebih fokus pada penggunaan material kaca. Seperti yang sudah dibahas pada retrofit tunggal sebelumnya diatas, penggantian material kaca berguna untuk mengurangi konduksi sedangkan penambahan sirip horizontal untuk mengurangi radiasi panas. Jadi dengan menggabungkan keduanya WWR dapat semakin besar namun panasnya dapat ditanggulangi dengan penggantian material kaca dan penambahan sirip.

Jika dihubungkan dengan analisis yang dilakukan dengan menggunakan statistik SPSS melalui pendekatan *Multiple Comparisons* dinyatakan bahwa gabungan perubahan WWR dan perubahan material kaca akan menghasilkan perubahan nilai OTTV yang signifikan dan gabungan penambahan sirip horizontal dan perubahan material kaca akan menghasilkan penurunan OTTV yang signifikan pula.

Berikut ini contoh penerapan yang dilakukan pada Gedung BRI II, dilakukan penambahan sirip horizontal dengan VSA 30⁰, mengubah WWR menjadi 50%. Hasil yang didapatkan penurunan OTTV sebesar 66% sehingga Gedung BRI II mempunyai nilai OTTV yang memenuhi persyaratan yaitu 28,22 Watt/m² dan penghematan energi dari energi total yang dipergunakan sebesar 17%.



Gambar 6.13. Penerapan Retrofit Fasad Gabungan 2 pada Gedung BRI II

	EKSISTING	SIMULASI 4
Total Energi	20.247.786	16.862.561
Energi untuk AC	16.198.229	12.813.004
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	76%
Persentase Penghematan Energi	0	17%
IKE	288	240
OTTV	83,56	28,22
Persentase Penurunan OTTV	0	66%
Cooling Load	2187,489	1.520,29
TR	1901,872	401,71
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	21%

Tabel 6. 19. Perbandingan Efisiensi Energi pada Retrofit Fasad Gabungan 2

c. Perubahan WWR, Material Kaca dan Sirip Vertikal

Dalam simulasi retrofit fasad gabungan yang ketiga adalah menggabungkan perubahan WWR, material kaca dan penambahan sirip vertikal. Retrofit fasad gabungan yang ketiga ini dapat mengurangi nilai OTTV 14 hingga 73% dengan

WWR yang cukup besar yaitu hingga mencapai 58%. Berikut ini perbandingan antara retrofit tunggal dengan retrofit gabungan:

	Retrofit Fasad Tunggal			Retrofit Fasad Gabungan 3
	Perubahan Nilai WWR	Penggantian Material Kaca	Penambahan Sirip Vertikal	
Penurunan Nilai OTTV	18- 58%	0- 30,21%	45 - 54%	14- 73%
WWR	50- 30%	86%	86%	58%- 30%

Tabel 6. 20. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV pada Retrofit Gabungan 3

Retrofit fasad gabungan 3 ini memberikan perubahan yang signifikan pada penurunan nilai OTTV dengan WWR yang relatif lebih besar. Jadi untuk membuat WWR lebih besar diperlukan penanganan lebih fokus pada penggunaan material kaca. Seperti yang sudah dibahas pada retrofit tunggal sebelumnya diatas, penggantian material kaca berguna untuk mengurangi konduksi sedangkan penambahan sirip vertikal untuk mengurangi radiasi panas meskipun tidak sebesar horizontal. Jadi dengan menggabungkan keduanya WWR dapat semakin besar namun panasnya dapat ditanggulangi dengan penggantian material kaca dan penambahan sirip.

Jika dihubungkan dengan analisis yang dilakukan dengan menggunakan statistik SPSS melalui pendekatan *Multiple Comparisons* dinyatakan bahwa gabungan perubahan WWR dan perubahan material kaca akan menghasilkan perubahan nilai OTTV yang signifikan dan gabungan penambahan sirip vertikal dan perubahan material kaca akan menghasilkan penurunan OTTV yang signifikan pula.

Berikut ini contoh penerapan yang dilakukan pada Gedung BRI II, dilakukan penambahan sirip vertikal dengan HSA 30⁰, mengubah WWR menjadi 50%. Hasil yang didapatkan penurunan OTTV sebesar 66% sehingga Gedung BRI II

mempunyai nilai OTTV yang memenuhi persyaratan yaitu 28,22 Watt/m² dan penghematan energi dari energi total yang dipergunakan sebesar 17%.



Gambar 6.14. Penerapan Retrofit Fasad Gabungan 3 pada Gedung BRI II

	EKSISTING	SIMULASI 5
Total Energi	20.247.786	16.862.224
Energi untuk AC	16.198.229	12.812.667
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	76%
Persentase Penghematan Energi	0	17%
IKE	288	240
OTTV	83,56	32,67
Persentase Penurunan OTTV	0	61%
Cooling Load	2187,489	1.520,25
TR	1901,872	401,75
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	21%

Tabel 6. 21. Perbandingan Efisiensi Energi pada Retrofit Fasad Gabungan 3

Ketiga retrofit fasad gabungan ini dapat menurunkan nilai OTTV yang signifikan dari 61- 64% sehingga dapat menjadi alternatif retrofit arsitektur fasad dan bisa mewadahi kreatifitas perancang dalam berkreasi membuat desain fasad namun tetap memenuhi kebutuhan peningkatan efisiensi energi. Dari ketiga retrofit

gabungan ini retrofit gabungan diatas retrofit gabungan yang pertama dapat menurunkan energi paling besar dibandingkan dengan kedua lainnya. Namun dari besaran WWR retrofit gabungan 1 menggunakan WWR 40% dan lainnya menggunakan WWR 50%.

	EKSISTING	Retrofit Gabungan		
		1	2	3
		SIMULASI 3	SIMULASI 4	SIMULASI 5
Total Energi	20.247.786	10.205.790	16.862.561	16.862.224
Energi untuk AC	16.198.229	6.156.233	12.813.004	12.812.667
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	60%	76%	76%
Persentase Penghematan Energi	0	50%	17%	17%
IKE	288	145	240	240
OTTV	83,56	29,75	28,22	32,67
Persentase Penurunan OTTV	0	64%	66%	61%
Cooling Load	2187,489	1.191,55	1.520,29	1.520,25
TR	1901,872	730,45	401,71	401,75
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	62%	21%	21%

Tabel 6. 22. Perbandingan Penghematan Energi antara Retrofit Gabungan 1, 2 dan 3

6.2. Matriks Retrofit Arsitektur Fasad

Matriks retrofit fasad berguna sebagai alat baca para perancang dalam mempersiapkan perancangan retrofit fasad. Dengan ini akan memudahkan perancang untuk mengetahui desain fasad yang sesuai dengan besarnya penurunan nilai OTTV yang dibutuhkan. Besar penurunan nilai OTTV ini akan berpengaruh pada besarnya konsumsi energi listrik nantinya. Namun matrik ini tidak dapat bekerja sendiri dalam efisiensi energi, seperti pada bab pendahuluan dinyatakan bahwa retrofit akan bekerja efektif apabila dilakukan dengan bidang lainnya. Misalnya retrofit fasad bersamaan dengan retrofit sistem AC sehingga keduanya akan saling mendukung. Akan tetapi dengan penerapan retrofit fasad tentunya akan mengurangi transmisi panas yang masuk ke dalam bangunan sehingga di kemudian

hari jika akan dilakukan retrofit pada AC akan mengurangi beban pendinginan sehingga kapasitas AC yang dipergunakan dapat lebih kecil dan lebih hemat.

SIMULASI		1	2	3	4	5	6	7	8
		0 - 9,99%	10 - 19,99%	20 - 29,99%	30 - 39,99%	40 - 49,99%	50 - 59,99%	60 - 69,99%	70 - 79,99%
1.	PERUBAHAN WWR								
2.	PENGGANTIAN MATERIAL KACA								
3.	PENGGANTIAN MATERIAL MASIF								
4.	SIRIP VERTIKAL								
5.	SIRIP HORIZONTAL								
6.	SIRIP GABUNGAN								
7.	DOUBLE SKIN FACADE								
8.	GABUNGAN								
a.	Material + WWR W0= 0,69								
b.	WWR + Material Kaca + Sirip Horizontal								
c.	WWR + Material Kaca + Sirip Vertikal								

Gambar 6.15. Matrik Retrofit Arsitektur Fasad

Berikut ini matrik retrofit fasad untuk bangunan tinggi kantor dengan bentuk terpusat. Matrik ini dipergunakan sebagai acuan untuk penurunan nilai OTTV karena penurunan energi masih perlu dukungan dari retrofit lainnya. Retrofit dengan menggunakan matrik ini akan terasa penurunannya yang signifikan jika diterapkan pada bangunan tinggi dengan wwr yang besar seperti dapat dilihat pada contoh penerapan di Gedung BRI II, jika pada Gedung Sampoerna yang memiliki WWR yang kecil atau mendekati 30% retrofit ini hanya akan meningkatkan efisiensi energi AC namun tidak akan sebesar Gedung BRI yang memiliki WWR 86%. Hal ini jelas karena penggunaan kaca pada fasad akan mentransmisikan panas yang besar baik secara konduksi maupun radiasi sedangkan dinding hanya mentransmisikan secara konduksi dengan nilai yang relatif lebih kecil.

Berikut ini contoh penerapan retrofit gabungan 1 yang sama persis pada Gedung BRI II dan Gedung Sampoerna. Penurunan nilai OTTV pada Gedung BRI II sebesar 64% sedangkan pada Gedung Sampoerna hanya 27% atau dapat dikatakan penurunan OTTV pada Gedung BRI II dapat dua kali lebih besar dibandingkan

dengan Gedung Sampoerna, hal ini dikarenakan WWR Gedung BRI yang jauh lebih besar dibandingkan dengan Gedung Sampoerna. Untuk beban pendinginan yang dihasilkan, kedua gedung ini mengalami penurunan beban pendinginan yang hampir sama besar yaitu 62% pada Gedung BRI dan 55% pada Gedung Sampoerna. Untuk peningkatan efisiensi energi Gedung BRI mendapatkan peningkatan efisiensi energi yang besar yaitu sebesar 50% dan pada Gedung Sampoerna hanya 19%, hal ini dikarenakan Gedung Sampoerna sudah hemat energi jadi dengan retrofit fasad hanya akan mengoptimalkan. Ini berbeda dengan Gedung BRI II yang sebelumnya dapat dikatakan belum melakukan retrofit sehingga memiliki potensi besar penghematan energi baik dari sistem maupun dari transmisi panas melalui fasad bangunan.



Gedung BRI II



Gedung Sampoerna

Gambar 6. 15. Retrofit Fasad Gabungan 1 pada Gedungn BRI II dan Gedung Sampoerna

	Gedung BRI II		Gedung Sampoerna	
	Sebelum Retrofit	Sesudah Retrofit	Sebelum Retrofit	Sesudah Retrofit
Total Energi	20.247.786	10.205.790	1.166.752	946.594
Energi untuk AC	16.198.229	6.156.233		
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	60%	51%	32%
Persentase Penghematan Energi		50%		19%
IKE	288	145	133	108
OTTV	83,56	29,75		34,3
Persentase Penurunan OTTV		64%		27%
Cooling Load	2187,489	1191,55	2458	1352
TR	1901,872	730,45	1800	1109
Persentase Penurunan Beban Pendinginan		62%		55%

Tabel 6.23. Perbandingan Penerapan Retrofit pada Gedung BRI II dan Gedung Sampoerna

6.3. ANALISA STATISTIK

Uji statistik yang dilakukan bertujuan untuk mengolah data dari hasil simulasi yang dilakukan untuk mengetahui signifikansi dari hubungan korelasi antar variabel. Data ini berasal dari 7 variabel X yang merupakan Kelompok Retrofit Fasad. Untuk menentukan uji hipotesis dilakukan uji Regresi linear berganda.

6.3.1. Uji Regresi Linear Berganda

Pada uji Regresi linear berganda didapatkan hasil bahwa variabel X2 (perubahan material kaca), X4 (Penambahan Sirip Horizontal), X5 (Penambahan Sirip Vertikal), dan X7 (Penambahan Selubung Ganda)

	Variabel X	Nilai Sig.	Keterangan
X1	Perubahan WWR	.056	Tidak signifikan
X2	Perubahan Material Kaca	.000	Signifikan
X3	Perubahan Material Dinding	.377	Tidak signifikan
X4	Penambahan Sirip Horizontal	.000	Signifikan
X5	Penambahan Sirip Vertikal	.000	Signifikan
X6	Penambahan Sirip Gabungan	.000	Signifikan
X7	Penambahan Double Skin Facade	.000	Signifikan

Tabel 6. 244. Analisis Regresi Linear Berganda

6.3.2. Uji T

Uji T menyatakan bahwa hipotesis yang berkaitan dengan variabel tersebut diterima. Berikut ini perbandingan thitung dan ttabel hingga menghasilkan analisis hipotesis yang diterima.

	Variabel	Perbandingan	Hipotesis	Hasil
X1	Perubahan WWR	Thitung < Ttabel	Ada pengaruh variabel X1 terhadap Y	Ditolak
X2	Perubahan Material Kaca	Thitung > Ttabel	Ada pengaruh variabel X2 terhadap Y	Diterima
X3	Perubahan Material Dinding	Thitung < Ttabel	Ada pengaruh variabel X3 terhadap Y	Ditolak
X4	Penambahan Sirip Horizontal	Thitung > Ttabel	Ada pengaruh variabel X4 terhadap Y	Diterima
X5	Penambahan Sirip Vertikal	Thitung < Ttabel	Ada pengaruh variabel X5 terhadap Y	Ditolak
X6	Penambahan Sirip Gabungan	Thitung < Ttabel	Ada pengaruh variabel X6 terhadap Y	Ditolak
X7	Penambahan Double Skin Facade	Thitung > Ttabel	Ada pengaruh variabel X7 terhadap Y	Diterima

Tabel 6.25. Analisis Uji T

Jadi dapat disimpulkan bahwa variabel X2 (Perubahan Material Kaca), X4 (Penambahan Sirip Horizontal) dan X7 (Penambahan Double Skin Facade) mempengaruhi variabel Y.

6.3.3. UJI F

Uji F dipergunakan untuk menguji pengaruh keseluruhan variabel X terhadap variabel Y. Hipotesis yang diujikan adalah adanya pengaruh variabel X1, X2, X3, X4, X5, X6, dan X7 terhadap variabel Y. Nilai dari Ftabel adalah 2,06 dan F hitung adalah 58,450. Jadi dinyatakan bahwa hipotesis tersebut ditolak. Jadi dapat disimpulkan tidak semua variabel X mempengaruhi nilai Y.

BAB 6

ANALISIS RETROFIT ARSITEKTUR FASAD

6.1. RETROFIT ARSITEKTUR FASAD

Retrofit arsitektur fasad telah dilakukan berdasarkan 7 variabel retrofit fasad (X) dan tambahan berupa gabungan dari variabel X. Berdasarkan 7 variabel tersebut telah dilakukan simulasi untuk mengetahui retrofit fasad yang optimal memberikan perubahan terhadap nilai OTTV (Y).

6.1.1. Perubahan Perbandingan Bidang Kaca dan Bidang Masif

Pada simulasi ini dilakukan perhitungan OTTV dengan perubahan nilai WWR eksisting menjadi 70, 50 dan 30. Dari simulasi ini didapatkan hasil bahwa pengurangan WWR akan mengurangi nilai pada konduksi dan radiasi pada bukaan, namun meningkatkan konduksi pada dinding atau bidang masif. Namun peningkatan transmisi panas melalui konduksi pada bidang masif tidak meningkat signifikan sehingga masih dapat diperoleh pengurangan OTTV yang cukup berarti. Pada tabel dibawah ini dapat dilihat perbandingan pengurangan transmisi panas pada kaca dan peningkatan nilai konduksi pada dinding di setiap percobaan perubahan nilai wwr yang dilakukan dengan tanpa merubah material yang dipergunakan.

Simulasi	OTTV					Konduksi melalui Dinding	Konduksi melalui Bukaan	Radiasi melalui Bukaan	Total
	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Barat Laut	OTTV TOTAL				
	Watt/m ²	Watt	Watt	Watt	Watt				
Baseline	80,6	86,02	97,24	89,5	83,56	186,59	16.490,10	37.494,73	54.171,42
WWR 70	65,12	69,53	78,67	72,37	69	399,84	12.877,20	30.518,96	43.796,00
WWR 50	47,14	50,29	56,81	52,31	51,98	666,40	9.198,00	21.799,26	31.663,66
WWR 30	29,15	31,04	34,96	32,26	34,96	932,95	5.518,80	13.079,56	19.531,31

Tabel 6. 1. Perbandingan Nilai OTTV pada Pengurangan Nilai WWR

Pengurangan OTTV dengan mengurangi nilai WWR yang sebelumnya sebesar 86% menjadi 70% menghasilkan pengurangan nilai OTTV sebesar 17%, dan pada WWR 50% mengurangi nilai OTTV 38% dan WWR 30% mengurangi 58%. Pada gambar berikut ini terdapat tabel yang membandingkan nilai OTTV setiap sisi bangunan setelah dilakukan pengurangan nilai WWR.

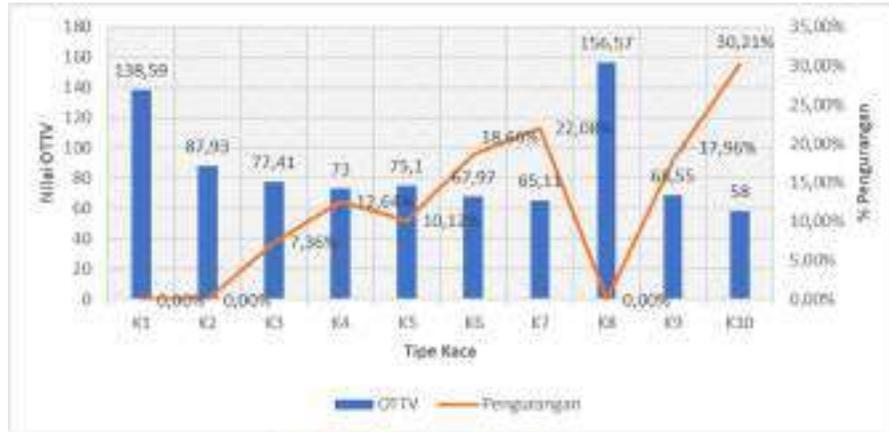


Gambar 6. 1. Grafik Perbandingan Simulasi WWR dan Pengurangan Nilai OTTV

6.1.2. Perubahan Jenis Material Kaca

Pada simulasi penggantian material kaca tanpa mengubah nilai WWR didapatkan hasil OTTV seperti pada grafik di bawah ini. Berdasarkan besar

pengurangan nilai OTTV dan dibandingkan dengan nilai OTTV baseline, maka pengurangan nilai OTTV dari penggantian material kaca ini hanya dapat mengurangi nilai OTTV maksimum sebesar 29,41%.



Keterangan:

K1	=	Kaca tunggal 8mm tipe bening	K6	=	Kaca double
K2	=	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	K7	=	Kaca double low-e
K3	=	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	K8	=	BIPV Lacolabel
K4	=	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	K9	=	BIPV Artlite
K5	=	Kaca Low- e	K10	=	BIPV Stopray

Gambar 6. 2. Pengurangan Nilai OTTV dari Perubahan Material Kaca

Penggantian material kaca pada bangunan tanpa mengubah wwr akan mengurangi transmisi panas melalui radiasi dan konduksi pada kaca, namun penurunan transmisi panas yang terjadi tidak berkurang secara signifikan. Berikut ini pada tabel 5.14 dibawah ini dapat dibandingkan penurunan transmisi panas yang terjadi dari perubahan material kaca. Jenis kaca yang dapat mengurangi panas terbesar adalah pada penggunaan kaca double low e dan BIPV Stopray.

Simulasi	Konduksi melalui Dinding	Konduksi melalui Bukaan	Radiasi melalui Bukaan	Total
	Watt	Watt	Watt	Watt
Baseline	186,59	16.490,10	37.494,73	54.171,42
K1	186,59	14.053,93	79.155,54	93.396,06
K2	186,59	14.607,65	42.494,02	57.288,27
K3	186,59	14.607,65	37.995,08	49.789,32
K4	186,59	13.131,06	33.328,65	46.646,30
K5	186,59	12.129,10	35.828,29	48.143,98
K6	186,59	7.953,02	34.911,76	43.061,36
K7	186,59	6.671,00	34.161,86	41.019,46
K8	186,59	160.331,50	89.987,35	106.205,44
K9	186,59	9.123,19	34.161,86	43.471,64
K10	186,59	6.961,05	29.162,57	36.310,20

Keterangan:			
K1	=	Kaca tunggal 8mm tipe bening	K6 = Kaca double
K2	=	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	K7 = Kaca double low-e
K3	=	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	K8 = BIPV Lacolabel
K4	=	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	K9 = BIPV Artlite
K5	=	Kaca Low- e	K10 = BIPV Stopray

Tabel 6. 2. Perbandingan Nilai Transmisi Panas pada Simulasi Perubahan Kaca

6.1.3. Perubahan Jenis Material Masif

Pada simulasi penggantian material bidang masif yang dilakukan, diujikan beberapa material yang umum dipergunakan sebagai bidang masif pada bangunan tinggi kantor tanpa mengubah ukuran dinding yang dipergunakan maupun kacanya. Berikut ini pada tabel 5.15 dapat dilihat perolehan nilai OTTV akibat perubahan material dinding masif pada bangunan. Sisi Barat Laut dari bangunan merupakan sisi yang paling panas dibandingkan dengan sisi lainnya.

Simulasi			OTTV				
			Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Barat Laut	OTTV TOTAL
WWR	Dinding	Kaca	Watt/m2	Watt/m2	Watt/m2	Watt/m2	Watt/m2
86%		5,7	79,51	84,93	96,15	88,41	82,62
86%	W1	5,7	79,48	84,9	96,12	88,38	82,6
86%	W2	5,7	79,41	84,83	96,05	88,31	82,54
86%	W3	5,7	79,41	84,83	96,05	88,31	82,54
86%	W4	5,7	79,71	85,13	96,35	88,61	82,79
86%	W5	5,7	79,43	84,85	96,08	88,34	82,56
86%	W6	5,7	79,39	84,8	96,03	88,29	82,52
86%	W7	5,7	79,3	84,72	95,94	88,2	82,44
86%	W8	5,7	79,29	84,71	95,93	88,19	82,43

Keterangan:

W1 =	Bata dengan plester kedua sisi + kaca	W5 =	Beton precast + kaca
W2 =	Bata dengan plester + aluminium komposit	W6 =	Beton precast + aluminium komposit
W3 =	Bata ringan dengan plester kedua sisi + kaca	W7 =	Beton sterofoam + kaca
W4 =	Bata ringan dengan plester + aluminium komposit	W8 =	Beton sterofoam + Aluminium Composit

Tabel 6. 3. Perbandingan Nilai OTTV pada Simulasi Perubahan Material Dinding

Dari simulasi yang dilakukan penurunan OTTV yang di dapatkan sangat kecil hanya berkisar 0,02 hingga 0,23% penurunan OTTV dari baseline. Pada gambar 5.12 di bawah ini dapat dilihat perbandingan nilai OTTV dari simulasi perubahan material dinding yang dilakukan berikut pengurangan nilai OTTV dari OTTV bangunan eksisting. Penurunan nilai OTTV terbesar didapatkan pada penggunaan material W7 dan W8 yaitu material beton sterofoam yang dikenal juga sebagai beton sandwich baik dengan finishing kaca maupun aluminium komposit.



Keterangan:			
W1 =	Bata dengan plester kedua sisi + kaca	W5 =	Beton precast + kaca
W2 =	Bata dengan plester + aluminium komposit	W6 =	Beton precast + aluminium komposit
W3 =	Bata ringan dengan plester kedua sisi + kaca	W7 =	Beton sterofoam + kaca
W4 =	Bata ringan dengan plester + aluminium komposit	W8 =	Beton sterofoam + Aluminium Composit

Gambar 6. 3. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV dari Perubahan Material Dinding

Penggantian material dinding ini mengurangi tranmisi panas ke dalam bangunan yang masuk melalui dinding secara konduksi. Penurunan nilai OTTV secara keseluruhan tidak berkurang secara signifikan karena selubung bangunan masih didominasi penggunaan kaca yaitu sebesar 86%. Pada bagian selanjutnya akan diujikan penggantian material dinding masif berhubungan dengan faktor lainnya seperti perubahan dimensi kaca (wwr) maupun dikombinasikan dengan perubahan material kaca. Tabel berikut ini menunjukkan perbandingan transmisi panas ke dalam bangunan melalui selubung dari berbagai material dinding yang diujikan dengan eksisting sebagai baseline.

Simulasi			Konduksi melalui Dinding	Konduksi melalui Bukaannya	Radiasi melalui Bukaannya	Total
WWR	Dinding	Kaca	Watt	Watt	Watt	Watt
86%		5,7	186,59	16.490,10	37.494,73	54.171,42
86%	W1	5,7	168,47	15.820,56	37.494,73	53.483,76
86%	W2	5,7	127,10	15.820,56	37.494,73	53.442,39
86%	W3	5,7	126,56	15.820,56	37.494,73	53.441,84
86%	W4	5,7	308,28	15.820,56	37.494,73	53.623,57
86%	W5	5,7	140,35	15.820,56	37.494,73	53.455,64
86%	W6	5,7	110,87	15.820,56	37.494,73	53.426,16
86%	W7	5,7	58,41	15.820,56	37.494,73	53.373,70
86%	W8	5,7	51,38	15.820,56	37.494,73	53.366,67

Keterangan:			
W1 =	Bata dengan plester kedua sisi + kaca	W5 =	Beton precast + kaca
W2 =	Bata dengan plester + aluminium komposit	W6 =	Beton precast + aluminium komposit
W3 =	Bata ringan dengan plester kedua sisi + kaca	W7 =	Beton sterofoam + kaca
W4 =	Bata ringan dengan plester + aluminium komposit	W8 =	Beton sterofoam + Aluminium Composit

Tabel 6. 4. Perbandingan Nilai Tranmisi Panas pada Perubahan Material Dinding

6.1.4. Penambahan Sirip Penangkal Sinar Matahari

Dalam simulasi penambahan sirip didapatkan hasil seperti pada tabel berikut ini dan perincian perhitungan pada lampiran 12. Penambahan sirip dalam pengubahsuaian selubung ini menurunkan nilai transmisi panas melalui radiasi pada bukaan, sedangkan konduksi melalui dinding dan bukaan tidak mengalami perubahan. Berdasarkan simulasi penambahan sirip pada selubung bangunan eksisting dapat mengurangi nilai transmisi panas yang nampak pada nilai OTTV sebesar 4-23%.

a. Sirip Horizontal

Pada penambahan sirip horizontal dengan VSA 30⁰, penurunan OTTV signifikan pada penggunaan sirip pada ketinggian ¾ hingga 1 ketinggian lantai. Besar penurunan OTTV yang didapatkan berdasarkan perbandingan dengan nilai OTTV eksisting adalah sebesar 39,1- 47,86%. Berikut ini tabel 5.13 dapat dilihat perolehan panas dan besar nilai OTTV dari simulasi penambahan sirip Horizontal dengan VSA 30⁰. Kemiringan sirip horizontal dengan VSA 30⁰ ini akan memaksimalkan penurunan nilai radiasi panas pada bukaan dengan kemiringan sirip 40 hingga 50⁰ terutama menurunkan nilai radiasi melalui bukaan.

Kode	Sudut		Jarak (cm)		Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan				
	VSA	HSA					Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas	
						83,56	186,59	16.490,10	37.494,73		
SIMULASI 1	1	30	0	1/8 h	48,75	0	49,52	186,59	16.490,10	13.973,08	40,74%
		30	0	1/8 h	48,75	10	50,58	186,59	16.490,10	14.729,89	39,47%
		30	0	1/8 h	48,75	20	50,3	186,59	16.490,10	14.521,96	39,80%
		30	0	1/8 h	48,75	30	50,1	186,59	16.490,10	14.378,90	40,04%
		30	0	1/8 h	48,75	40	50,89	186,59	16.490,10	14.952,67	39,10%
	2	30	0	1/8 h	48,75	50	50,11	186,59	16.490,10	14.391,82	40,03%
		30	0	1/4 h	97,5	0	48,25	186,59	16.490,10	13.070,12	42,26%
		30	0	1/4 h	97,5	10	47,54	186,59	16.490,10	12.557,58	43,11%
		30	0	1/4 h	97,5	20	46,97	186,59	16.490,10	12.157,73	43,79%
		30	0	1/4 h	97,5	30	46,57	186,59	16.490,10	11.870,56	44,27%
	3	30	0	1/4 h	97,5	40	46,33	186,59	16.490,10	11.704,09	44,55%
		30	0	1/4 h	97,5	50	46,33	186,59	16.490,10	11.704,09	44,55%
		30	0	1/2 h	195	0	48,25	186,59	16.490,10	13.070,12	42,26%
		30	0	1/2 h	195	10	47,54	186,59	16.490,10	12.557,58	43,11%
		30	0	1/2 h	195	20	46,97	186,59	16.490,10	12.157,73	43,79%
SIMULASI 1	4	30	0	1/2 h	195	30	45,35	186,59	16.490,10	11.870,56	45,73%
		30	0	1/2 h	195	40	46,33	186,59	16.490,10	11.704,09	44,55%
		30	0	1/2 h	195	50	46,33	186,59	16.490,10	11.704,09	44,55%
		30	0	3/4 h	243,75	0	46,3	186,59	16.490,10	11.678,64	44,59%
		30	0	3/4 h	243,75	10	45,39	186,59	16.490,10	11.027,95	45,68%
	5	30	0	3/4 h	243,75	20	44,71	186,59	16.490,10	10.540,86	46,49%
		30	0	3/4 h	243,75	30	45,15	186,59	16.490,10	10.861,54	45,97%
		30	0	3/4 h	243,75	40	43,76	186,59	16.490,10	9.869,86	47,63%
		30	0	3/4 h	243,75	50	43,57	186,59	16.490,10	9.730,28	47,86%
		30	0	h	390	0	47,25	186,59	16.490,10	12.357,65	43,45%
	30	0	h	390	10	45,13	186,59	16.490,10	11.738,99	45,99%	
	30	0	h	390	20	45,69	186,59	16.490,10	11.243,89	45,32%	
	30	0	h	390	30	45,19	186,59	16.490,10	10.886,94	45,92%	
	30	0	h	390	40	44,9	186,59	16.490,10	10.677,57	46,27%	
	30	0	h	390	50	44,81	186,59	16.490,10	10.617,22	46,37%	

Tabel 6. 5. Perbandingan Nilai OTTV pada Sirip Horizontal dengan VSA 30

Penambahan sirip horizontal dengan VSA 50⁰ mengurangi nilai OTTV eksisting sebesar 46- 51%. Pada simulasi penambahan sirip ini dengan VSA

50 ini, ketinggian pemasangan sirip, pembagian sirip dan kemiringan sirip tidak begitu mempengaruhi besar penurunan radiasi bukaan. Pada tabel 5.15 dibawah ini dapat dilihat perbandingan pengurangan nilai OTTV dari penambahan sirip horizontal dengan VSA 50⁰. Dari tabel ini terlihat penurunan transmisi panas melalui radiasi matahari turun secara signifikan.

Kode	Sudut		Jarak (cm)	Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan					
	VSA	HSA				Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas		
					83,56	186,59	16.490,10	37.494,73			
SIMULASI 2	1	50	0	1/8 h	48,75	0	45,11	186,59	16.490,10	10.828,03	46,01%
		50	0	1/8 h	48,75	10	44,01	186,59	16.490,10	10.044,33	47,33%
		50	0	1/8 h	48,75	20	43,18	186,59	16.490,10	9.452,56	48,32%
		50	0	1/8 h	48,75	30	42,68	186,59	16.490,10	9.095,60	48,92%
		50	0	1/8 h	48,75	40	42,3	186,59	16.490,10	8.816,44	49,38%
		50	0	1/8 h	48,75	50	42,01	186,59	16.490,10	8.624,52	49,72%
	2	50	0	1/4 h	97,5	0	44,17	186,59	16.490,10	10.088,67	47,14%
		50	0	1/4 h	97,5	10	43,18	186,59	16.490,10	9.452,56	48,32%
		50	0	1/4 h	97,5	20	41,98	186,59	16.490,10	8.600,89	49,76%
		50	0	1/4 h	97,5	30	41,92	186,59	16.490,10	8.554,73	49,83%
		50	0	1/4 h	97,5	40	41,54	186,59	16.490,10	8.285,02	50,29%
		50	0	1/4 h	97,5	50	41,36	186,59	16.490,10	8.154,88	50,50%
	3	50	0	1/2 h	195	0	43,79	186,59	16.490,10	9.888,74	47,59%
		50	0	1/2 h	195	10	43,47	186,59	16.490,10	9.661,92	47,98%
		50	0	1/2 h	195	20	43,18	186,59	16.490,10	9.452,56	48,32%
		50	0	1/2 h	195	30	42,81	186,59	16.490,10	9.191,89	48,77%
		50	0	1/2 h	195	40	42,83	186,59	16.490,10	9.208,29	48,74%
		50	0	1/2 h	195	50	43,57	186,59	16.490,10	9.730,28	47,86%
SIMULASI 2	4	50	0	3/4 h	243,75	0	43,35	186,59	16.490,10	9.574,69	48,12%
		50	0	3/4 h	243,75	10	42,87	186,59	16.490,10	9.235,18	48,70%
		50	0	3/4 h	243,75	20	42,81	186,59	16.490,10	9.190,84	48,77%
		50	0	3/4 h	243,75	30	43,07	186,59	16.490,10	9.376,36	48,46%
		50	0	3/4 h	243,75	40	42,29	186,59	16.490,10	8.816,44	49,39%
		50	0	3/4 h	243,75	50	42,02	186,59	16.490,10	8.624,52	49,71%
	5	50	0	h	390	0	44,07	186,59	16.490,10	10.088,67	47,26%
		50	0	h	390	10	43,47	186,59	16.490,10	9.661,92	47,98%
		50	0	h	390	20	43,18	186,59	16.490,10	9.452,56	48,32%
		50	0	h	390	30	43,26	186,59	16.490,10	9.512,90	48,23%
		50	0	h	390	40	42,84	186,59	16.490,10	9.208,29	48,73%
		50	0	h	390	50	40,71	186,59	16.490,10	9.025,81	51,28%

Tabel 6. 6. Perbandingan Nilai OTTV pada Siri Horizontal dengan VSA 50

Penambahan sirip horizontal dengan VSA 70⁰ mengurangi nilai OTTV eksisting sebesar 49,6 – 50,23%. Pada simulasi penambahan sirip ini dengan VSA 70⁰ ini, ketinggian pemasangan sirip, pembagian sirip dan kemiringan sirip tidak begitu mempengaruhi besar penurunan radiasi bukaan. Pada tabel 5.15 dibawah ini dapat dilihat perbandingan pengurangan nilai OTTV dari penambahan sirip horizontal dengan VSA 70⁰.

Kode	Sudut		Jarak (cm)		Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan				
	VSA	HSA					Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas	
SIMULASI 3						83,56	186,59	16.490,10	37.494,73		
	1	70	0	1/8 h	48,75	0	42,1	186,59	16.490,10	8.676,86	49,62%
		70	0	1/8 h	48,75	10	41,88	186,59	16.490,10	8.529,28	49,88%
		70	0	1/8 h	48,75	20	41,91	186,59	16.490,10	8.546,73	49,84%
		70	0	1/8 h	48,75	30	41,92	186,59	16.490,10	8.554,73	49,83%
		70	0	1/8 h	48,75	40	41,86	186,59	16.490,10	8.511,83	49,90%
	2	70	0	1/8 h	48,75	50	42,02	186,59	16.490,10	8.624,52	49,71%
		70	0	1/4 h	97,5	0	41,92	186,59	16.490,10	8.554,73	49,83%
		70	0	1/4 h	97,5	10	44,01	186,59	16.490,10	10.044,33	47,33%
		70	0	1/4 h	97,5	20	41,72	186,59	16.490,10	8.415,15	50,07%
		70	0	1/4 h	97,5	30	41,64	186,59	16.490,10	8.354,81	50,17%
	3	70	0	1/4 h	97,5	40	41,86	186,59	16.490,10	8.511,83	49,90%
		70	0	1/4 h	97,5	50	42,91	186,59	16.490,10	9.264,06	48,65%
		70	0	1/2 h	195	0	41,92	186,59	16.490,10	8.554,73	49,83%
		70	0	1/2 h	195	10	41,8	186,59	16.490,10	8.467,50	49,98%
		70	0	1/2 h	195	20	41,72	186,59	16.490,10	8.415,15	50,07%
	4	70	0	1/2 h	195	30	41,64	186,59	16.490,10	8.354,81	50,17%
		70	0	1/2 h	195	40	41,54	186,59	16.490,10	8.285,02	50,29%
		70	0	1/2 h	195	50	41,59	186,59	16.490,10	8.319,91	50,23%
		70	0	3/4h	243,75	0	41,85	186,59	16.490,10	8.503,83	49,92%
		70	0	3/4h	243,75	10	41,59	186,59	16.490,10	8.319,91	50,23%
	5	70	0	3/4h	243,75	20	41,47	186,59	16.490,10	8.232,67	50,37%
		70	0	3/4h	243,75	30	41,42	186,59	16.490,10	8.197,78	50,43%
		70	0	3/4h	243,75	40	41,32	186,59	16.490,10	8.127,99	50,55%
		70	0	3/4h	243,75	50	41,27	186,59	16.490,10	8.093,10	50,61%
		70	0	h	390	0	41,99	186,59	16.490,10	8.607,08	49,75%
	5	70	0	h	390	10	41,8	186,59	16.490,10	8.467,50	49,98%
		70	0	h	390	20	41,72	186,59	16.490,10	8.415,15	50,07%
		70	0	h	390	30	41,64	186,59	16.490,10	8.354,81	50,17%
		70	0	h	390	40	41,54	186,59	16.490,10	8.285,02	50,29%
70	0	h	390	50	41,59	186,59	16.490,10	8.319,91	50,23%		

Tabel 6. 7. Perbandingan Nilai OTTV pada Siri Horizontal dengan VSA 70

Jika dibandingkan besar pengurangan nilai OTTV yang didapat dari penurunan radiasi panas dengan penambahan sirip horizontal, maka dapat dilihat perbandingannya ,melalui grafik berikut ini. Dapat terlihat bahwa semakin panjang sirip yang dipergunakan maka akan meningkatkan penurunan panas, semakin besar sudut VSA juga akan meningkatkan besar penurunan panas yang nampak pada berkurangnya nilai OTTV.



Gambar 6. 4. Perbandingan Pengurangan Nilai OTTV dari Sirip Horizontal dengan Berbagai Sudut

Jika dibandingkan dengan nilai OTTV eksisting sebagai *baseline* maka sirip horizontal dengan sudut VSA 70^0 memberikan dampak penurunan transmisi panas melalui radiasi paling besar. Sirip horizontal dengan sudut VSA 70^0 ini sangat potensial untuk menurunkan radiasi panas pada sisi Barat Laut yang merupakan sisi dengan nilai OTTV terbesar. Pada grafik di bawah ini dapat dilihat perbandingan OTTV ekisting dengan OTTV hasil simulasi penambahan sirip horizontal pada setiap sisi hadapnya.



Gambar 6. 5. Perbandingan Nilai OTTV dari Simulasi Sirip Horizontal

Pada tabel berikut dapat dilihat perbandingan hasil penurunan panas dari penambahan sirip horizontal dengan setiap sudut VSAnyanya secara rata-rata. Didapatkan hasil bahwa sudut VSA yang efektif adalah 50^0 dan 70^0 sesuai dengan aturan selubung DKI dan penelitian IFC. Sirip horizontal juga efektif menurunkan radiasi panas pada sisi hadap bangunan yang memiliki OTTV paling besar yaitu sisi Barat Laut sebesar 25- 28%.

VSA	30%				50%			
	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut
Simulasi	43	45	49	46	39	40	44	42
Baseline	80,6	86,02	97,24	89,5	80,6	86,02	97,24	89,5
Besar	37,4	41,2	48,4	43,1	41,8	45,9	53,4	47,6
pengurangan	46%	48%	50%	48%	52%	53%	55%	53%

VSA	70			
	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut
Simulasi	38	39	42	41
Baseline	80,6	86,02	97,24	89,5
Besar	43,0	47,2	54,8	48,9
pengurangan	53%	55%	56%	55%

Tabel 6. 8. Besar Pengurangan Nilai OTTV dari Sirip Horizontal

b. Sirip Vertikal

Simulasi yang berikutnya adalah penambahan sirip vertikal dengan HSA 30, 50 dan 70⁰ dengan jarak ½ hingga 1 modul lebar kaca. Berdasarkan hasil dari simulasi yang dilakukan, penambahan sirip vertikal dapat mengurangi transmisi panas melalui radiasi matahari sebesar 41,2 hingga 49,59%. Besar pengurangan panas akan semakin bertambah dengan bertambahnya sudut HSA, dan untuk jarak antar sirip dan sudut kemiringan sirip tidak memberikan perbedaan pengurangan panas yang signifikan.

Kode	Sudut		Jarak (cm)	Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan							
	VSA	HSA				Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas				
					83,56	186,59	16.490,10	37.494,73					
SIMULASI 4	1	0	30	1/2 w	60	0	49,28	186,59	16.490,10	13.800,87	41,02%		
		0	30	1/2 w	60	10	48,45	186,59	16.490,10	13.207,66	42,02%		
		0	30	1/2 w	60	20	48,45	186,59	16.490,10	13.207,66	42,02%		
		0	30	1/2 w	60	30	47,18	186,59	16.490,10	12.303,27	43,54%		
		0	30	1/2 w	60	40	46,73	186,59	16.490,10	11.982,64	44,08%		
		0	30	1/2 w	60	50	46,48	186,59	16.490,10	11.809,61	44,38%		
	2	0	30	w	120	0	49,28	186,59	16.490,10	13.800,87	41,02%		
		0	30	w	120	10	48,48	186,59	16.490,10	13.207,66	41,98%		
		0	30	w	120	20	47,75	186,59	16.490,10	12.712,56	42,86%		
		0	30	w	120	30	47,18	186,59	16.490,10	12.303,27	43,54%		
		0	30	w	120	40	46,73	186,59	16.490,10	11.982,64	44,08%		
		0	30	w	120	50	46,48	186,59	16.490,10	11.809,61	44,38%		
		SIMULASI 5	1	0	50	1/2 w	60	0	49,28	186,59	16.490,10	13.800,87	41,02%
				0	50	1/2 w	60	10	48,45	186,59	16.490,10	13.207,66	42,02%
0	50			1/2 w	60	20	47,75	186,59	16.490,10	12.712,56	42,86%		
0	50			1/2 w	60	30	47,18	186,59	16.490,10	12.303,27	43,54%		
0	50			1/2 w	60	40	46,73	186,59	16.490,10	11.982,64	44,08%		
0	50			1/2 w	60	50	46,48	186,59	16.490,10	11.809,61	44,38%		
2	0		50	w	120	0	45,07	186,59	16.490,10	10.799,70	46,06%		
	0		50	w	120	10	44,54	186,59	16.490,10	10.422,43	46,70%		
	0		50	w	120	20	43,6	186,59	16.490,10	9.751,40	47,82%		
	0		50	w	120	30	43,98	186,59	16.490,10	10.021,14	47,37%		
0	50	w	120	40	44,04	186,59	16.490,10	10.067,74	47,30%				
0	50	w	120	50	43,69	186,59	16.490,10	9.816,91	47,71%				

Kode	Sudut		Jarak (cm)	Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan					
	VSA	HSA				Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas		
					83,56	186,59	16.490,10	37.494,73			
SIMULASI 6	1	0	70	1/2 w	60	0	42,82	186,59	16.490,10	9.194,54	48,76%
		0	70	1/2 w	60	10	42,65	186,59	16.490,10	9.077,55	48,96%
		0	70	1/2 w	60	20	42,54	186,59	16.490,10	9.001,19	49,09%
		0	70	1/2 w	60	30	42,53	186,59	16.490,10	8.990,31	49,10%
		0	70	1/2 w	60	40	42,2	186,59	16.490,10	8.758,36	49,50%
		0	70	1/2 w	60	50	42,12	186,59	16.490,10	8.698,01	49,59%
	2	0	70	w	120	0	42,89	186,59	16.490,10	9.246,89	48,67%
		0	70	w	120	10	42,84	186,59	16.490,10	9.209,12	48,73%
		0	70	w	120	20	42,76	186,59	16.490,10	9.158,21	48,83%
		0	70	w	120	30	42,53	186,59	16.490,10	8.990,31	49,10%
		0	70	w	120	40	42,61	186,59	16.490,10	9.045,52	49,01%
		0	70	w	120	50	42,12	186,59	16.490,10	8.698,01	49,59%

Tabel 6. 9. Nilai OTTV pada Simulasi Sirip Vertikal dengan Sudut HAS 30, 50 dan 70

Jika dibandingkan hasil simulasi dari penambahan sirip vertikal pada grafik dibawah ini, didapatkan hasil bahwa HSA 70⁰ memiliki nilai pengurangan panas lebih besar. Namun antara sudut HSA 50⁰ dan 70⁰ memiliki nilai pengurangan yang tidak jauh berbeda. Sudut HSA 50⁰ hanya efektif pada jarak antar sirip 1w atau 1 modul kaca.



Gambar 6. 6. Grafik Pengurangan Nilai OTTV pada Simulasi Penambahan Sirip Vertikal

Jika dibandingkan dengan nilai OTTV eksisting sebagai baseline maka sirip vertikal dengan sudut VSA 70⁰ memberikan dampak penurunan transmisi panas melalui radiasi paling besar. Sirip horizontal dengan sudut VSA 70⁰ ini sangat potensial untuk menurunkan radiasi panas pada sisi Barat Laut yang merupakan sisi dengan nilai OTTV terbesar. Pada grafik di bawah

ini dapat dilihat perbandingan OTTV ekisting dengan OTTV hasil simulasi penambahan sirip horizontal pada setiap sisi hadapnya.



Gambar 6. 7. Perbandingan Nilai OTTV pada Penambahan Sirip Vertikal

Pada tabel berikut dapat dilihat perbandingan hasil penurunan panas dari penambahan sirip vertikal dengan setiap sudut HSAny secara rata- rata. Didapatkan hasil bahwa sudut VSA yang efektif adalah 50⁰ dan 70⁰ sesuai dengan aturan selubung DKI dan penelitian IFC. Sirip vertikal juga efektif menurunkan radiasi panas meskipun memiliki nilai penutunan yang tidak sebesar penambahan sirip vertikal, besar penurunan panas pada sisi hadap bangunan yang memiliki OTTV paling besar yaitu sisi Barat Laut sebesar 45 - 56%.

HSA	30%				50%			
Sisi Bangunan	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut
Simulasi	44	46	50	47	42	44	47	45
Baseline	80,6	86,02	97,24	89,5	80,6	86,02	97,24	89,5
Besar	37	40	48	42	38	42	50	44
pengurangan	45%	47%	49%	47%	48%	49%	51%	50%
HSA	70							
Sisi Bangunan	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut				
Simulasi	39	40	43	41				
Baseline	80,6	86,02	97,24	89,5				
Besar	42	46	54	48				
pengurangan	52%	54%	56%	54%				

Tabel 6. 10. Perbandingan Nilai OTTV pada Sirip Vertikal

c. Sirip Gabungan

Simulasi yang terakhir adalah penambahan sirip *eggcrate* atau gabungan vertikal dan horizontal. Penambahan yang diujikan dengan VSA-HSA 30, 50 dan 70⁰ dengan jarak antar sirip (w) sebesar ½ dan 1 lebar modul kaca. Hasil yang didapatkan dari simulasi tersebut dapat dilihat dari tabel 5.20 di bawah ini. Berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa pengurangan panas terjadi pada pengurangan radiasi panas melalui bukaan dan tidak mempengaruhi pada besarnya panas yang masuk melalui konduksi melalui dinding dan kaca.

Kode	Sudut		Jarak (cm)	Sudut Sirip	OTTV Total	Keterangan			
	VSA	HSA				Konduksi dinding	Konduksi bukaan	Radiasi Bukaan	Pengurangan Panas
					83,56	186,59	16.490,10	37.494,73	
SIMULASI 7	1	30	30	1/4h-1/2 w	45,3	186,59	16.490,10	10.969,87	45,79%
		30	30	1/4h- 1w	43,88	186,59	16.490,10	10.969,87	47,49%
	2	30	30	1/2h -1/2w	45,31	186,59	16.490,10	10.969,87	45,78%
		30	30	1/2h -1w	46,19	186,59	16.490,10	11.596,54	44,72%
	3	30	30	h - 1/2w	44,15	186,59	16.490,10	10.144,71	47,16%
		30	30	h - 1w	44,15	186,59	16.490,10	10.144,71	47,16%
SIMULASI 8	1	50	50	1/4h-1/2 w	42,03	186,59	16.490,10	8.632,53	49,70%
		50	50	1/4h- 1w	42,03	186,59	16.490,10	10.969,87	49,70%
	2	50	50	1/2h -1/2w	41,87	186,59	16.490,10	8.519,84	49,89%
		50	50	1/2h -1w	41,87	186,59	16.490,10	8.519,84	49,89%
	3	50	50	h - 1/2w	42,03	186,59	16.490,10	8.632,53	49,70%
		50	50	h - 1w	42,03	186,59	16.490,10	8632,53	49,70%
SIMULASI 9	1	70	70	1/4h-1/2 w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%
		70	70	1/4h- 1w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%
	2	70	70	1/2h -1/2w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%
		70	70	1/2h -1w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%
	3	70	70	h - 1/2w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%
		70	70	h - 1w	41,4	186,59	16.490,10	8188,34	50,45%

Tabel 6. 11. Perbandingan Nilai OTTV dan Tranmisi Panas dari Sirip Gabungan

Dari simulasi yang dilakukan pada penambahan sirip *eggcrate* ini, didapatkan hasil bahwa sirip dengan sudut VSA-HSA 50 dan 70⁰ didapatkan hasil pengurangan nilai OTTV yang hampir sama yaitu antara 23 – 24%. Dalam perancangan sirip *eggcrate* ini yang menentukan besarnya pengurangan nilai OTTV adalah VSA dan HSA, sedangkan ketinggian maupun jarak lebar tidak mempengaruhi besar pengurangan OTTV. Berikut ini terdapat grafik yang menggambarkan besarnya pengurangan OTTV dari

baseline sehingga dapat diketahui perbandingannya dari simulasi yang telah dilakukan.



Gambar 6. 8. Perbandingan Pengurangan Nilai OTTV dari Sirip Ganda

Berikut ini adalah sebuah grafik yang menggambarkan besar nilai OTTV pada setiap sisi bangunan yang dibandingkan antara penambahan sirip *eggcrate* dengan baseline. Dari grafik tersebut sisi yang memiliki nilai OTTV tertinggi adalah sisi Barat Laut, dengan pengurangan nilai OTTV yang signifikan pada VSA- HSA dengan sudut 50 dan 70°.



Gambar 6. 9. Perbandungan Nilai OTTV pada Penambahan Sirip Gabungan

Pada tabel berikut ini dapat dilihat perbandingan nilai OTTV yang dihasilkan dari penambahan sirip *eggcrate* pada sertiap sisi bangunan. Dari hasil tersebut sisi bangunan yang memiliki OTTV tertinggi adalah Barat Laut dan dengan sirip *eggcrate* ini didapatkan pengurangan yang paling besar yaitu 49 - 55 % lebih rendah dari OTTV *baseline*. Namun dari hasil pengurangan OTTV yang didapatkan juga belum dapat memenuhi standar SNI 6389 tahun 2020 bahwa OTTV harus kurang dari 35 watt/m².

HAS, VSA	30%				50%			
	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut
Sisi Bangunan								
Simulasi	41	43	46	44	38	39	43	41
Baseline	80,6	86,02	97,24	89,5	80,6	86,02	97,24	89,5
Besar	39	43	51	45	43	47	55	49
pengurangan	49%	50%	52%	51%	53%	55%	56%	55%

HAS, VSA	70			
	Tenggara	Barat Daya	Barat Laut	Timur Laut
Sisi Bangunan				
Simulasi	37	38	42	40
Baseline	80,6	86,0	97,2	89,5
Besar	43	48	55	49
pengurangan	54%	55%	57%	55%

Tabel 6. 12. Besar Pengurangan Nilai OTTV dari Penambahan Sirip Gabungan

Dari simulasi sirip yang dilakukan baik horizontal, vertikal dan gabungan, dapat dilihat dari grafik di bawah ini. Dari grafik tersebut dapat dilihat besarnya pengurangan nilai OTTV berkaitan dengan sudut HSA/VSA dalam setiap tipe sirip. Pemilihan sirip dengan tipe gabungan/*eggcrate* merupakan tipe sirip yang paling signifikan dalam menurunkan nilai OTTV khususnya pengurangan radiasi panas melalui bukaan. Pengurangan nilai OTTV dari *eggcrate* tersebut setara dengan penggunaan sirip horizontal dan vertikal dengan sudut HSA/VSA 50 dan 70⁰.



Gambar 6.10. Perbandingan Pengurangan Nilai OTTV dari Setiap Jenis Sirip

6.1.5. Penambahan Selubung Ganda

Selubung ganda atau *Double Skin Façade* yang disimulasikan adalah selubung eksisting dengan penambahan dsf dengan *cavity* 30, 60, 90 dan 120 cm serta beberapa material kaca. Dalam simulasi yang dilakukan, DF berhasil menurunkan nilai OTTV paling besar dibesar. Dari tabel berikut ini dapat dilihat nilai OTTV dari hasil simulasi yang dilakukan hampir semua tipe DSF berhasil menurunkan sehingga didapatkan nilai OTTV sesuai dengan aturan SNI yang berlaku yaitu dibawah 35 Watt/m².

	DSF 1	DSF 2	DSF 3	DSF 4	DSF 5	DSF 6	DSF 7	DSF 8	DSF 9	DSF 10
SIMULASI 1 Cavity 30	41,78	28,27	28,08	33,71	33,43	25,43	25,13	41,01	25,16	23,27
SIMULASI 2 Cavity 60	41,21	27,96	28,56	33,31	33,02	25,18	24,88	40,45	24,92	23,06
SIMULASI 3 Cavity 90	40,76	27,72	28,31	32,99	32,70	24,98	24,69	40,00	24,72	22,89
SIMULASI 4 Cavity 120	40,31	27,48	28,06	32,66	32,38	24,89	24,50	39,60	24,53	22,73

DSF 1 = Kaca tunggal 8mm tipe bening	DSF 6 = Kaca Double
DSF 2 = Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	DSF 7 = Kaca Double Low-e
DSF 3 = Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	DSF 8 = BIPV Lacolabel
DSF 4 = Kaca tunggal 8mm tipe rendah	DSF 9 = BIPV Arlite
DSF 5 = Kaca Low-e	DSF 10 = BIPV Stopray

Tabel 6.13. Perbandingan Nilai OTTV dari Simulasi Penambahan DSF

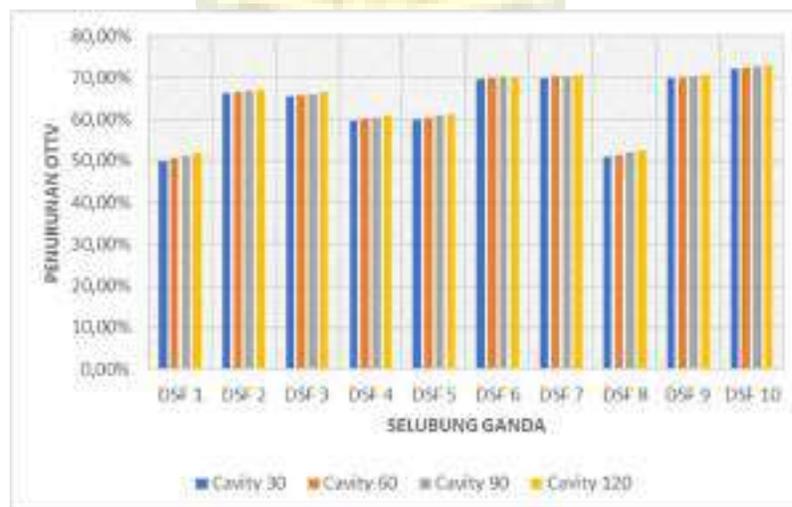
Nilai OTTV yang didapatkan dari penambahan DSF berhasil melakukan penurunan nilai OTTV baseline mulai dari 50 hingga 72,8%. Pada tabel berikut ini dapat dilihat perbandingan besar penurunan nilai OTTV antara tipe DSF dan *air cavity*nya.

% Penurunan OTTV										
	DSF 1	DSF 2	DSF 3	DSF 4	DSF 5	DSF 6	DSF 7	DSF 8	DSF 9	DSF 10
Cavity 30	50,00%	66,17%	65,44%	59,63%	59,99%	69,57%	69,93%	50,92%	69,89%	72,15%
Cavity 60	50,68%	66,54%	65,82%	60,14%	60,48%	69,87%	70,22%	51,59%	70,18%	72,40%
Cavity 90	51,22%	66,83%	66,12%	60,52%	60,87%	70,11%	70,45%	52,13%	70,42%	72,61%
Cavity 120	51,76%	67,11%	66,42%	60,91%	61,25%	70,21%	70,68%	52,61%	70,64%	72,80%

Keterangan:			
DSF 1 =	Kaca tunggal 8mm tipe bening	DSF 6 =	Kaca Double
DSF 2 =	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	DSF 7 =	Kaca Double Low-e
DSF 3 =	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	DSF 8 =	BIPV Lacolabel
DSF 4 =	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	DSF 9 =	BIPV Artlite
DSF 5 =	Kaca Low- e	DSF 10 =	BIPV Stopray

Tabel 6. 14. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV pada DSF

Dari semua DSF yang disimulasikan DSF dengan *air cavity 120* menurunkan nilai OTTV paling signifikan, Namun perbedaan antara *air cavity 30, 60, 90, 120* hanya memiliki perbedaan persentase penurunan nilai OTTV 0,68 hingga 2%.



Gambar 6. 11. Perbandingan OTTV DSF

Berdasarkan tipe transmisi panas yang terjadi pada semua tipe DSF dengan berbagai ukuran *air cavity* mengurangi transmisi panas melalui konduksi melalui bukaan hingga 78% dan mengurangi radiasi pada bukaan dari 44 hingga 47,7%

Material	Air Cavity (cm)	Transmisi Panas			Total	
		Konduksi Dinding	Konduksi Kaca	Radiasi Bukaan		
Baseline		186,59	16.490,10	37.494,73	54.171,42	
Simulasi 1	DSF 1	30	186,59	3.549,42	20.657,75	24.393,76
	DSF 2	30	186,59	3.549,42	20.657,75	14.761,48
	DSF 3	30	186,59	3.549,42	20.657,75	15.193,85
	DSF 4	30	186,59	3.549,42	20.657,75	18.652,82
	DSF 5	30	186,59	3.549,42	20.657,75	18.436,64
	DSF 6	30	186,59	3.470,54	20.657,75	12.736,93
	DSF 7	30	186,59	3.470,54	20.657,75	12.520,75
	DSF 8	30	186,59	3.549,42	20.657,75	23.841,28
	DSF 9	30	186,59	3.496,84	20.657,75	12.547,04
	DSF 10	30	186,59	3.444,25	20.657,75	11.197,34
Simulasi 2	DSF 1	60	186,59	3.549,42	20.657,75	23.984,38
	DSF 2	60	186,59	3.549,42	20.657,75	14.542,99
	DSF 3	60	186,59	3.549,42	20.657,75	14.966,79
	DSF 4	60	186,59	3.549,42	20.657,75	18.357,22
	DSF 5	60	186,59	3.549,42	20.657,75	18.145,32
	DSF 6	60	186,59	3.470,54	20.657,75	12.557,00
	DSF 7	60	186,59	3.470,54	20.657,75	12.345,10
	DSF 8	60	186,59	3.549,42	20.657,75	23.442,86
	DSF 9	60	186,59	3.496,84	20.657,75	12.371,39
	DSF 10	60	186,59	3.444,25	20.657,75	11.047,40
Simulasi 3	DSF 1	90	186,59	3.549,42	19.926,84	23.662,85
	DSF 2	90	186,59	3.549,42	10.635,37	14.371,38
	DSF 3	90	186,59	3.549,42	11.052,45	14.788,46
	DSF 4	90	186,59	3.549,42	14.389,03	18.125,04
	DSF 5	90	186,59	3.549,42	14.180,50	17.916,51
	DSF 6	90	186,59	3.470,54	8.758,54	12.415,68
	DSF 7	90	186,59	3.470,54	8.550,00	12.207,14
	DSF 8	90	186,59	3.549,42	19.393,91	23.129,92
	DSF 9	90	186,59	3.496,84	8.550,00	12.233,43
	DSF 10	90	186,59	3.444,25	7.298,78	10.929,63
Simulasi 4	DSF 1	120	186,59	3.549,42	19.605,31	23.341,32
	DSF 2	120	186,59	3.549,42	10.463,76	14.199,78
	DSF 3	120	186,59	3.549,42	10.874,11	14.610,12
	DSF 4	120	186,59	3.549,42	14.156,86	14.892,87
	DSF 5	120	186,59	3.549,42	13.951,69	17.687,70
	DSF 6	120	186,59	35.449,42	8.617,22	12.353,23
	DSF 7	120	186,59	3.470,54	8.412,05	12.069,18
	DSF 8	120	186,59	3.549,42	19.080,98	22.816,99
	DSF 9	120	186,59	3.496,84	8.412,05	12.095,47
	DSF 10	120	186,59	3.444,25	7.181,01	10.811,86

Tabel 6. 15. Total Transmisi Panas pada DSF

6.1.6. Perubahan dengan Metoda Gabungan

Metoda gabungan merupakan simulasi terakhir yang mana mengujikan kembali variabel retrofit fasad yang telah diujikan dengan menggabungkan beberapa subvariabel retrofit fasad. Metoda gabungan ini bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi AC dan bukaan.

a. Perubahan WWR, Material Kaca dan Material Masif

Retrofit fasad gabungan yang pertama adalah perubahan material kaca dan masif untuk mendapatkan penurunan transmisi panas yang signifikan dengan nilai wwr yang lebih besar. Jika dibandingkan dengan simulasi pada retrofit fasad simulasi gabungan ini akan menghasilkan penurunan transmisi panas yang lebih besar yaitu 58 hingga 70%. Berikut ini perbandingan antara retrofit fasad tunggal dengan gabungan:

	Retrofit Fasad Tunggal			Retrofit Fasad Gabungan 1
	Perubahan Nilai WWR	Penggantian Material Kaca	Penggantian Material Dinding	
Penurunan Nilai OTTV	18- 58%	0- 30,21%	0,02- 1,22%	58- 70%
WWR	50- 30%	86%	86%	45%- 30%

Tabel 6. 16. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV pada Retrofit Gabungan 1

Dari tabel diatas dapat dilihat dengan retrofit fasad gabungan penurunan nilai OTTV lebih optimal dengan nilai WWR yang lebih besar dibandingkan dengan melakukan retrofit fasad tunggal. Hal ini jika diuraikan berkaitan dengan simulasi tunggal yang dilakukan sebelumnya, bahwa perubahan wwr signifikan mengurangi konduksi melalui kaca, perubahan material kaca akan mengurangi konduksi dan radiasi pada kaca namun perubahannya tidak terlalu signifikan jika penggantian dengan material kaca biasa bukan kaca

hemat energi seperti *low e glass*, *double low e glass* atau BIPV. Perubahan material dinding akan mengurangi transmisi panas melalui dinding.

Jadi dengan menggabungkan kemampuan pengurangan transmisi panas yang berbeda dari setiap tindakan retrofit tunggal maka akan menurunkan transmisi panas yang lebih optimal karena gabungan retrofit fasad tersebut akan saling melengkapi. Sejalan dengan analisis dengan menggunakan *multiple comparison* pada statistik SPSS, didapatkan hasil yang sesuai yaitu penggabungan antara perubahan WWR dengan perubahan material dinding akan signifikan dan penggabungan antara perubahan wwr dan perubahan material kaca juga akan signifikan. Perubahan WWR ini hanya signifikan dengan kedua tindakan retrofit ini. Jadi dapat disimpulkan bahwa perubahan wwr, material dinding dan material kaca akan menghasilkan perubahan terhadap nilai OTTV secara signifikan.

Berikut ini contoh penerapan pada objek studi Gedung BRI II. Perubahan yang dilakukan adalah mengganti wwr menjadi 40% dari sebelumnya 86%, lalu mengganti material dinding menjadi K7 dengan *Uvalue* 2,53 dan mengganti kaca dengan kaca tipe W0 dengan *Uvalue* 0,69.



Gambar 6. 12. Penerapan Retrofit Fasad Gabungan 1 pada Gedung BRI II

	EKSISTING	SIMULASI 3
Total Energi	20.247.786	10.205.790
Energi untuk AC	16.198.229	6.156.233
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	60%
Persentase Penghematan Energi	0	50%
IKE	288	145
OTTV	83,56	29,75
Persentase Penurunan OTTV	0	64%
Cooling Load	2187,489	1.191,55
TR	1901,872	730,45
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	62%

Tabel 6. 17. Perbandingan Efisiensi Energi pada Retrofit Fasad Gabungan 1

Retrofit fasad ini yang diterapkan pada Gedung BRI II menghasilkan penurunan OTTV sebesar 64% dan penghematan energi sebesar 50%. Dari hasil penghematan energi tersebut jelas terlihat bahwa penggunaan energi untuk AC yang sebelumnya dapat menghabiskan 80% dari total energi yang dipergunakan, setelah penerapan retrofit gabungan 1 ini energi AC yang dipergunakan menjadi 60% dari total energi. Penggunaan energi AC hingga mencapai 60% menurut penelitian dari Sandra dan Rana dari ASHRAE merupakan konsumsi AC pada bangunan dengan fasad kaca pada umumnya. Selain itu juga berdasarkan IKE, retrofit ini menjadikan Gedung BRI II menjadi Kategori Hemat Energi.

b. Perubahan WWR, Material Kaca dan Sirip Horizontal

Dalam simulasi retrofit fasad gabungan yang kedua adalah menggabungkan perubahan WWR, material kaca dan penambahan sirip horizontal. Retrofit fasad gabungan yang kedua ini dapat mengurangi nilai OTTV 9 hingga 75% dengan WWR yang cukup besar yaitu hingga mencapai 60%. Berikut ini perbandingan antara retrofit tunggal dengan retrofit gabungan:

	Retrofit Fasad Tunggal			Retrofit Fasad Gabungan 2
	Perubahan Nilai WWR	Penggantian Material Kaca	Penambahan Sirip Horizontal	
Penurunan Nilai OTTV	18- 58%	0- 30,21%	46 - 55%	9- 75%
WWR	50- 30%	86%	86%	60%- 30%

Tabel 6. 18. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV pada Retrofit Gabungan 2

Retrofit fasad gabungan 2 ini memberikan perubahan yang signifikan pada penurunan nilai OTTV dengan WWR yang relatif lebih besar. Jadi untuk membuat WWR lebih besar diperlukan penanganan lebih fokus pada penggunaan material kaca. Seperti yang sudah dibahas pada retrofit tunggal sebelumnya diatas, penggantian material kaca berguna untuk mengurangi konduksi sedangkan penambahan sirip horizontal untuk mengurangi radiasi panas. Jadi dengan menggabungkan keduanya WWR dapat semakin besar namun panasnya dapat ditanggulangi dengan penggantian material kaca dan penambahan sirip.

Jika dihubungkan dengan analisis yang dilakukan dengan menggunakan statistik SPSS melalui pendekatan *Multiple Comparisons* dinyatakan bahwa gabungan perubahan WWR dan perubahan material kaca akan menghasilkan perubahan nilai OTTV yang signifikan dan gabungan penambahan sirip horizontal dan perubahan material kaca akan menghasilkan penurunan OTTV yang signifikan pula.

Berikut ini contoh penerapan yang dilakukan pada Gedung BRI II, dilakukan penambahan sirip horizontal dengan VSA 30⁰, mengubah WWR menjadi 50%. Hasil yang didapatkan penurunan OTTV sebesar 66% sehingga Gedung BRI II mempunyai nilai OTTV yang memenuhi persyaratan yaitu 28,22 Watt/m² dan penghematan energi dari energi total yang dipergunakan sebesar 17%.



Gambar 6.13. Penerapan Retrofit Fasad Gabungan 2 pada Gedung BRI II

	EKSISTING	SIMULASI 4
Total Energi	20.247.786	16.862.561
Energi untuk AC	16.198.229	12.813.004
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	76%
Persentase Penghematan Energi	0	17%
IKE	288	240
OTTV	83,56	28,22
Persentase Penurunan OTTV	0	66%
Cooling Load	2187,489	1.520,29
TR	1901,872	401,71
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	21%

Tabel 6. 19. Perbandingan Efisiensi Energi pada Retrofit Fasad Gabungan 2

c. Perubahan WWR, Material Kaca dan Sirip Vertikal

Dalam simulasi retrofit fasad gabungan yang ketiga adalah menggabungkan perubahan WWR, material kaca dan penambahan sirip vertikal. Retrofit fasad gabungan yang ketiga ini dapat mengurangi nilai OTTV 14 hingga 73% dengan

WWR yang cukup besar yaitu hingga mencapai 58%. Berikut ini perbandingan antara retrofit tunggal dengan retrofit gabungan:

	Retrofit Fasad Tunggal			Retrofit Fasad Gabungan 3
	Perubahan Nilai WWR	Penggantian Material Kaca	Penambahan Sirip Vertikal	
Penurunan Nilai OTTV	18- 58%	0- 30,21%	45 - 54%	14- 73%
WWR	50- 30%	86%	86%	58%- 30%

Tabel 6. 20. Perbandingan Penurunan Nilai OTTV pada Retrofit Gabungan 3

Retrofit fasad gabungan 3 ini memberikan perubahan yang signifikan pada penurunan nilai OTTV dengan WWR yang relatif lebih besar. Jadi untuk membuat WWR lebih besar diperlukan penanganan lebih fokus pada penggunaan material kaca. Seperti yang sudah dibahas pada retrofit tunggal sebelumnya diatas, penggantian material kaca berguna untuk mengurangi konduksi sedangkan penambahan sirip vertikal untuk mengurangi radiasi panas meskipun tidak sebesar horizontal. Jadi dengan menggabungkan keduanya WWR dapat semakin besar namun panasnya dapat ditanggulangi dengan penggantian material kaca dan penambahan sirip.

Jika dihubungkan dengan analisis yang dilakukan dengan menggunakan statistik SPSS melalui pendekatan *Multiple Comparisons* dinyatakan bahwa gabungan perubahan WWR dan perubahan material kaca akan menghasilkan perubahan nilai OTTV yang signifikan dan gabungan penambahan sirip vertikal dan perubahan material kaca akan menghasilkan penurunan OTTV yang signifikan pula.

Berikut ini contoh penerapan yang dilakukan pada Gedung BRI II, dilakukan penambahan sirip vertikal dengan HSA 30⁰, mengubah WWR menjadi 50%. Hasil yang didapatkan penurunan OTTV sebesar 66% sehingga Gedung BRI II

mempunyai nilai OTTV yang memenuhi persyaratan yaitu 28,22 Watt/m² dan penghematan energi dari energi total yang dipergunakan sebesar 17%.



Gambar 6.14. Penerapan Retrofit Fasad Gabungan 3 pada Gedung BRI II

	EKSISTING	SIMULASI 5
Total Energi	20.247.786	16.862.224
Energi untuk AC	16.198.229	12.812.667
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	76%
Persentase Penghematan Energi	0	17%
IKE	288	240
OTTV	83,56	32,67
Persentase Penurunan OTTV	0	61%
Cooling Load	2187,489	1.520,25
TR	1901,872	401,75
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	21%

Tabel 6. 21. Perbandingan Efisiensi Energi pada Retrofit Fasad Gabungan 3

Ketiga retrofit fasad gabungan ini dapat menurunkan nilai OTTV yang signifikan dari 61- 64% sehingga dapat menjadi alternatif retrofit arsitektur fasad dan bisa mewadahi kreatifitas perancang dalam berkreasi membuat desain fasad namun tetap memenuhi kebutuhan peningkatan efisiensi energi. Dari ketiga retrofit

gabungan ini retrofit gabungan diatas retrofit gabungan yang pertama dapat menurunkan energi paling besar dibandingkan dengan kedua lainnya. Namun dari besaran WWR retrofit gabungan 1 menggunakan WWR 40% dan lainnya menggunakan WWR 50%.

	EKSISTING	Retrofit Gabungan		
		1	2	3
		SIMULASI 3	SIMULASI 4	SIMULASI 5
Total Energi	20.247.786	10.205.790	16.862.561	16.862.224
Energi untuk AC	16.198.229	6.156.233	12.813.004	12.812.667
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	60%	76%	76%
Persentase Penghematan Energi	0	50%	17%	17%
IKE	288	145	240	240
OTTV	83,56	29,75	28,22	32,67
Persentase Penurunan OTTV	0	64%	66%	61%
Cooling Load	2187,489	1.191,55	1.520,29	1.520,25
TR	1901,872	730,45	401,71	401,75
Persentase Penurunan Beban Pendinginan	0%	62%	21%	21%

Tabel 6. 22. Perbandingan Penghematan Energi antara Retrofit Gabungan 1, 2 dan 3

6.2. Matriks Retrofit Arsitektur Fasad

Matriks retrofit fasad berguna sebagai alat baca para perancang dalam mempersiapkan perancangan retrofit fasad. Dengan ini akan memudahkan perancang untuk mengetahui desain fasad yang sesuai dengan besarnya penurunan nilai OTTV yang dibutuhkan. Besar penurunan nilai OTTV ini akan berpengaruh pada besarnya konsumsi energi listrik nantinya. Namun matrik ini tidak dapat bekerja sendiri dalam efisiensi energi, seperti pada bab pendahuluan dinyatakan bahwa retrofit akan bekerja efektif apabila dilakukan dengan bidang lainnya. Misalnya retrofit fasad bersamaan dengan retrofit sistem AC sehingga keduanya akan saling mendukung. Akan tetapi dengan penerapan retrofit fasad tentunya akan mengurangi transmisi panas yang masuk ke dalam bangunan sehingga di kemudian

hari jika akan dilakukan retrofit pada AC akan mengurangi beban pendinginan sehingga kapasitas AC yang dipergunakan dapat lebih kecil dan lebih hemat.

SIMULASI		1	2	3	4	5	6	7	8
		0 - 9,99%	10 - 19,99%	20 - 29,99%	30 - 39,99%	40 - 49,99%	50 - 59,99%	60 - 69,99%	70 - 79,99%
1.	PERUBAHAN WWR								
2.	PENGGANTIAN MATERIAL KACA								
3.	PENGGANTIAN MATERIAL MASIF								
4.	SIRIP VERTIKAL								
5.	SIRIP HORIZONTAL								
6.	SIRIP GABUNGAN								
7.	DOUBLE SKIN FACADE								
8.	GABUNGAN								
a.	Material + WWR W0= 0,69								
b.	WWR + Material Kaca + Sirip Horizontal								
c.	WWR + Material Kaca + Sirip Vertikal								

Gambar 6.15. Matrik Retrofit Arsitektur Fasad

Berikut ini matrik retrofit fasad untuk bangunan tinggi kantor dengan bentuk terpusat. Matrik ini dipergunakan sebagai acuan untuk penurunan nilai OTTV karena penurunan energi masih perlu dukungan dari retrofit lainnya. Retrofit dengan menggunakan matrik ini akan terasa penurunannya yang signifikan jika diterapkan pada bangunan tinggi dengan wwr yang besar seperti dapat dilihat pada contoh penerapan di Gedung BRI II, jika pada Gedung Sampoerna yang memiliki WWR yang kecil atau mendekati 30% retrofit ini hanya akan meningkatkan efisiensi energi AC namun tidak akan sebesar Gedung BRI yang memiliki WWR 86%. Hal ini jelas karena penggunaan kaca pada fasad akan mentransmisikan panas yang besar baik secara konduksi maupun radiasi sedangkan dinding hanya mentransmisikan secara konduksi dengan nilai yang relatif lebih kecil.

Berikut ini contoh penerapan retrofit gabungan 1 yang sama persis pada Gedung BRI II dan Gedung Sampoerna. Penurunan nilai OTTV pada Gedung BRI II sebesar 64% sedangkan pada Gedung Sampoerna hanya 27% atau dapat dikatakan penurunan OTTV pada Gedung BRI II dapat dua kali lebih besar dibandingkan

dengan Gedung Sampoerna, hal ini dikarenakan WWR Gedung BRI yang jauh lebih besar dibandingkan dengan Gedung Sampoerna. Untuk beban pendinginan yang dihasilkan, kedua gedung ini mengalami penurunan beban pendinginan yang hampir sama besar yaitu 62% pada Gedung BRI dan 55% pada Gedung Sampoerna. Untuk peningkatan efisiensi energi Gedung BRI mendapatkan peningkatan efisiensi energi yang besar yaitu sebesar 50% dan pada Gedung Sampoerna hanya 19%, hal ini dikarenakan Gedung Sampoerna sudah hemat energi jadi dengan retrofit fasad hanya akan mengoptimalkan. Ini berbeda dengan Gedung BRI II yang sebelumnya dapat dikatakan belum melakukan retrofit sehingga memiliki potensi besar penghematan energi baik dari sistem maupun dari transmisi panas melalui fasad bangunan.



Gedung BRI II



Gedung Sampoerna

Gambar 6. 15. Retrofit Fasad Gabungan 1 pada Gedungn BRI II dan Gedung Sampoerna

	Gedung BRI II		Gedung Sampoerna	
	Sebelum Retrofit	Sesudah Retrofit	Sebelum Retrofit	Sesudah Retrofit
Total Energi	20.247.786	10.205.790	1.166.752	946.594
Energi untuk AC	16.198.229	6.156.233		
Persentase Energi yang Dipergunakan untuk AC	80%	60%	51%	32%
Persentase Penghematan Energi		50%		19%
IKE	288	145	133	108
OTTV	83,56	29,75		34,3
Persentase Penurunan OTTV		64%		27%
Cooling Load	2187,489	1191,55	2458	1352
TR	1901,872	730,45	1800	1109
Persentase Penurunan Beban Pendinginan		62%		55%

Tabel 6.23. Perbandingan Penerapan Retrofit pada Gedung BRI II dan Gedung Sampoerna

6.3. ANALISA STATISTIK

Uji statistik yang dilakukan bertujuan untuk mengolah data dari hasil simulasi yang dilakukan untuk mengetahui signifikansi dari hubungan korelasi antar variabel. Data ini berasal dari 7 variabel X yang merupakan Kelompok Retrofit Fasad. Untuk menentukan uji hipotesis dilakukan uji Regresi linear berganda.

6.3.1. Uji Regresi Linear Berganda

Pada uji Regresi linear berganda didapatkan hasil bahwa variabel X2 (perubahan material kaca), X4 (Penambahan Sirip Horizontal), X5 (Penambahan Sirip Vertikal), dan X7 (Penambahan Selubung Ganda)

	Variabel X	Nilai Sig.	Keterangan
X1	Perubahan WWR	.056	Tidak signifikan
X2	Perubahan Material Kaca	.000	Signifikan
X3	Perubahan Material Dinding	.377	Tidak signifikan
X4	Penambahan Sirip Horizontal	.000	Signifikan
X5	Penambahan Sirip Vertikal	.000	Signifikan
X6	Penambahan Sirip Gabungan	.000	Signifikan
X7	Penambahan Double Skin Facade	.000	Signifikan

Tabel 6. 244. Analisis Regresi Linear Berganda

6.3.2. Uji T

Uji T menyatakan bahwa hipotesis yang berkaitan dengan variabel tersebut diterima. Berikut ini perbandingan thitung dan ttabel hingga menghasilkan analisis hipotesis yang diterima.

	Variabel	Perbandingan	Hipotesis	Hasil
X1	Perubahan WWR	Thitung < Ttabel	Ada pengaruh variabel X1 terhadap Y	Ditolak
X2	Perubahan Material Kaca	Thitung > Ttabel	Ada pengaruh variabel X2 terhadap Y	Diterima
X3	Perubahan Material Dinding	Thitung < Ttabel	Ada pengaruh variabel X3 terhadap Y	Ditolak
X4	Penambahan Sirip Horizontal	Thitung > Ttabel	Ada pengaruh variabel X4 terhadap Y	Diterima
X5	Penambahan Sirip Vertikal	Thitung < Ttabel	Ada pengaruh variabel X5 terhadap Y	Ditolak
X6	Penambahan Sirip Gabungan	Thitung < Ttabel	Ada pengaruh variabel X6 terhadap Y	Ditolak
X7	Penambahan Double Skin Facade	Thitung > Ttabel	Ada pengaruh variabel X7 terhadap Y	Diterima

Tabel 6.25. Analisis Uji T

Jadi dapat disimpulkan bahwa variabel X2 (Perubahan Material Kaca), X4 (Penambahan Sirip Horizontal) dan X7 (Penambahan Double Skin Facade) mempengaruhi variabel Y.

6.3.3. UJI F

Uji F dipergunakan untuk menguji pengaruh keseluruhan variabel X terhadap variabel Y. Hipotesis yang diujikan adalah adanya pengaruh variabel X1, X2, X3, X4, X5, X6, dan X7 terhadap variabel Y. Nilai dari Ftabel adalah 2,06 dan F hitung adalah 58,450. Jadi dinyatakan bahwa hipotesis tersebut ditolak. Jadi dapat disimpulkan tidak semua variabel X mempengaruhi nilai Y.

BAB 7

TEMUAN DAN KESIMPULAN

7.1. Temuan

Temuan penelitian yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan adalah metoda retrofit fasad yang efektif bagi bangunan tinggi kantor dan matriks retrofit arsitektur fasad yang dapat dipergunakan sebagai dasar pertimbangan dalam membuat desain retrofit fasad.

7.1.1. Metode Retrofit Fasad

Metode retrofit fasad ini adalah hasil temuan yang paling efektif dalam mengurangi nilai OTTV. Dengan berkurangnya nilai OTTV secara signifikan akan mengurangi penggunaan energi untuk pengkondisian udara. Berikut ini beberapa metoda yang dapat dipergunakan.

1. Retrofit arsitektur fasad yang paling efektif menurunkan transmisi panas ke dalam bangunan dengan menambahkan *Double Skin Fasad*.
2. Penggantian material kaca pada fasad tidak dapat menurunkan transmisi panas yang signifikan, yaitu masih kurang dari 20% meskipun menggunakan kaca khusus hemat energi seperti *Low e Glass* atau lainnya. Penggantian kaca ini dapat efektif apabila dilakukan bersamaan dengan pengurangan WWR menjadi 30 hingga 50%. Kaca yang dipergunakan juga harus menggunakan kaca hemat energi.

3. Penggunaan material kaca bangunan tinggi pada umumnya tidak mampu mengurangi nilai OTTV secara signifikan. Perlu adanya solusi lain yang dilakukan secara bersamaan seperti penambahan sirip dan mengurangi WWR seperti pada tabel 6.15 pada bagian gabungan.
4. Perubahan material bidang masif atau dinding hanya dapat mengurangi nilai OTTV kurang dari 10%, karena kebutuhan bangunan kantor yang menggunakan bidang kaca yang besar
5. Penggunaan sirip horizontal lebih efektif mengurangi nilai OTTV dibandingkan sirip lainnya.
6. Besarnya nilai *cavity* pada DSF hanya mengurangi sedikit nilai OTTV, sehingga besarnya nilai *cavity* perlu dipertimbangkan berdasarkan kondisi bangunan eksisting.

7.1.2. Efektifitas Retrofit Arsitektur Fasad pada Bangunan Tinggi Kantor

Retrofit arsitektur fasad menjadi sebuah pertimbangan yang akan dilakukan bagi sebuah bangunan tinggi kantor. Retrofit berhubungan pada banyak bidang dan semuanya akan saling mempengaruhi terutama pada performa bangunan. Retrofit fasad arsitektur layak untuk dijadikan pertimbangan bagi bangunan tinggi kantor terutama kaitannya dengan efisiensi energi AC. Dalam simulasi retrofit arsitektur fasad yang dilakukan pada Gedung Sampoerna didapatkan hasil efektifitas retrofit arsitektur fasad melalui perbandingan dari data retrofit Gedung Sampoerna dari Kementerian ESDM.

Berdasarkan perbandingan tersebut didapatkan hasil bahwa retrofit fasad dapat menambah efisiensi energi sebesar 19% yang merupakan penghematan energi yang terbesar kedua setelah retrofit yang dilakukan pada MEP. Berikut ini perbandingan retrofit arsitektur fasad dengan retrofit lainnya pada objek studi Gedung Sampoerna:

	Retrofit 1	Retrofit 2	Retrofit 3	Retrofit 4
Tipe Pengubahsuaian	Fasad Podium	Led	Penggantian Chiller + MEP	Fasad
% penghematan energi	6%	3%	87%	19%
IKE	234	138	134	108

Tabel 7. 1. Perbandingan Retrofit pada Gedung Sampoerna

Hasil perbandingan retrofit arsitektur fasad dengan retrofit lainnya dapat dijadikan pertimbangan. Angka ini akan berbeda tergantung pada kondisi bangunan. Dalam kasus ini Gedung Sampoerna sudah tergolong Gedung Hemat Energi dan dapat dioptimalkan dengan retrofit arsitektur fasad. Bagi gedung lainnya yang memiliki nilai transmisi panas yang tinggi tentunya akan mendapatkan persentase penghematan energi yang lebih besar.

7.1.3. Alat Baca Matriks Retrofit Arsitektur Fasad dengan Efisiensi Energi AC

Berdasarkan simulasi dan pengujian yang dilakukan pada bangunan lain yang memiliki ciri serupa yaitu bangunan tinggi dengan bentuk terpusat dan arah hadap Barat Daya, Barat Laut, Timur Laut dan Tenggara dirumuskan sebuah tabel untuk retrofit fasad. Berikut ini tabel retrofit fasad untuk bangunan tinggi kantor.

Matrik retrofit arsitektur fasad ini dapat digunakan dengan cara menghitung luas fasad 1 lantai tipikal, lalu dibagi 150 m², angka yang dihasilkan merupakan konstanta yang akan dipergunakan sebagai angka perbandingan. Besar penurunan OTTV yang ingin didapatkan dapat dipilih dari tabel persentase penurunan OTTV yang telah dibagi oleh konstanta. Setelah persentase yang dibutuhkan telah dipilih, ditarik ke pusat tabel octagon tersebut untuk mengetahui angka kelompok tindakan retrofit. Pilihan angka retrofit tersebut akan dipergunakan untuk memilih detail retrofit yang akan dilakukan pada tabel retrofit sesuai dengan angka yang didapatkan.

Berikut ini tabel retrofit fasad sebagai tahap awal untuk menentukan tindakan retrofit fasad yang akan dilakukan

SIMULASI		1	2	3	4	5	6	7	8
		0 - 9,99%	10 - 19,99%	20 - 29,99%	30 - 39,99%	40 - 49,99%	50 - 59,99%	60 - 69,99%	70 - 79,99%
1.	PERUBAHAN WWR								
2.	PENGANTIAN MATERIAL KACA								
3.	PENGANTIAN MATERIAL MASIF								
4.	SIRIP VERTIKAL								
5.	SIRIP HORIZONTAL								
6.	SIRIP GABUNGAN								
7.	DOUBLE SKIN FACADE								
8.	GABUNGAN								
a.	Material + WWR W ₀ = 0,69								
b.	WWR + Material Kaca + Sirip Horizontal								
c.	WWR + Material Kaca + Sirip Vertikal								

Keterangan:



Big green square: Besar persentase penurunan nilai OTTV perlu dibagi dengan konstanta yang dihasilkan dan besar luas fasad satu lantai dan satu sisi lantai tipikal dibagi 150.
 Big blue square: Besar persentase penurunan nilai OTTV sesuai dengan tabel

Tabel 7. 2. Matriks Retrofit Arsitektur Fasad

Berikut ini detail tindakan yang dilakukan berdasarkan persentase penurunan OTTV yang telah dipilih pada pola retrofit diatas.

SIMULASI		1	2	3	4	5	6	7	8
		0 - 9,99%	10 - 19,99%	20 - 29,99%	30 - 39,99%	40 - 49,99%	50 - 59,99%	60 - 69,99%	70 - 79,99%
1.	PERUBAHAN WWR		WWR = 70%		WWR = 50%		WWR = 30%		
2.	PENGGANTIAN MATERIAL KACA	K3	K5 K4 K9 K6	K7 K10					
3.	PENGGANTIAN MATERIAL MASIF	W1 W2 W3 W4 W5 W6 W7 W8							
4.	SIRIP VERTIKAL					HAS 30 - 70 MODUL 1/2 W, W			
5.	SIRIP HORIZONTAL				VSA 30 MODUL 1/8H SUDUT 10, 20, 40	VSA 30 MODUL 1/8H, 1/4H, H, 1/2 H, 3/4H, H SUDUT 0 - 50 VSA 50 MODUL 1/8H, 1/4H, 1/2 H, 3/4H, H SUDUT 0 50 VSA 70 MODUL 1/8H, 1/4H, H, 1/2 H, 3/4H, H SUDUT 20- 50	VSA 50 MODUL 1/4H, H SUDUT 40,50 VSA 70 MODUL 1/4H, H, 1/2 H, 3/4H, H SUDUT 20- 50 40,50		
6.	SIRIP GABUNGAN					VSA 30 HSA 30 MODUL 1/4H - 1/2W, 1/4H- W, 1/2H- 1/2W, 1/2H - W, H- 1/2W, H - W	VSA 70 HSA 70 MODUL 1/4H - 1/2W, 1/4H- W, 1/2H- 1/2W, 1/2H - W, H- 1/2W, H - W		
7.	DOUBLE SKIN FACADE					DSF 1 CAVITY 30, 60, 90 DSF 4 CAVITY 30 DSF 5 CAVITY 30	DSF 2 CAVITY 30, 60, 90, 120 DSF 3 CAVITY 30, 60, 90, 120 DSF 4 CAVITY 60, 90, 120 DSF 5 CAVITY 60, 90, 120 DSF 6 CAVITY 60, 90, 120 DSF 8 CAVITY 30, 60, 90,120 DSF 6 CAVITY 30, 60 DSF 7 CAVITY 30 DSF 9 CAVITY 30	DSF 6 CAVITY 90 DSF 7 CAVITY 60, 90, 120 DSF 9 CAVITY 60, 90, 120 DSF 10 CAVITY 30, 60, 90, 120	

Tabel 7. 3. Detail Tindakan Retrofit

7.2. Kesimpulan

Retrofit merupakan bagian dari adaptasi arsitektur dalam menanggapi perubahan kebutuhan manusia, kenyamanan bangunan, efisiensi energi dan mengikuti perkembangan teknologi. Dalam melakukan retrofit pada bangunan akan melibatkan berbagai bidang keilmuan untuk mendapatkan target retrofit yang sesuai. Fasad bangunan merupakan bagian yang memberikan pengaruh yang besar baik bagi lingkungan maupun pengguna didalamnya. Retrofit arsitektur fasad tidak hanya akan mempengaruhi wajah bangunan namun terkait juga dengan aspek lainnya seperti energi.

7.2.1. Hubungan Retrofit terhadap Efisiensi Energi AC

Retrofit arsitektur fasad memiliki pengaruh terhadap perubahan nilai transmisi panas atau OTTV dan besarnya transmisi panas yang masuk kedalam bangunan akan mempengaruhi besarnya beban pendinginan dan berdampak pada penggunaan energi untuk AC. Retrofit arsitektur fasad memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi energi AC, hal ini dapat dilihat dari hasil simulasi yang menunjukkan perubahan nilai transmisi panas atau nilai OTTV yang signifikan dari setiap perubahan pada fasad bangunan.

Berdasarkan simulasi retrofit arsitektur fasad yang dilakukan pada bangunan tinggi kantor dengan karakteristik yang sama didapatkan hasil bahwa retrofit fasad dapat menurunkan transmisi panas hingga mencapai 75%. Besar penurunan transmisi panas yang didapatkan tergantung pada:

- Persentase besaran bukaan atau WWR (*window to wall ratio*) yang dipergunakan, semakin besar perubahan WWR yang dilakukan maka akan semakin besar penurunan transmisi panas yang didapatkan.

- Perubahan material yang dilakukan baik kaca atau dinding. Pemilihan bahan harus memiliki nilai U_{value} lebih kecil.
- Penggunaan sirip yang sesuai dengan kebutuhan, penggunaan sirip yang kurang tepat akan menyebabkan perpindahan panas dengan konduksi akan bertambah.
- Pemilihan material dan jarak *cavity* pada penggunaan *double skin façade*.

Besar penurunan transmisi panas dan peningkatan efisiensi AC dapat dibagi menjadi dua berdasarkan nilai transmisi panas sebelum dilakukan retrofit.

	Bangunan dengan OTTV > 45 Watt/m ²	Bangunan dengan OTTV < 45 Watt/m ²
Besar Penurunan Transmisi Panas (OTTV)	1 - 75%	1 - 36%
Besar Peningkatan Efisiensi Energi AC	0 - 60%	0 - 19%

Tabel 7. 4. Perbandingan Besar Penurunan Transmisi Panas dan Peningkatan Efisiensi Energi AC

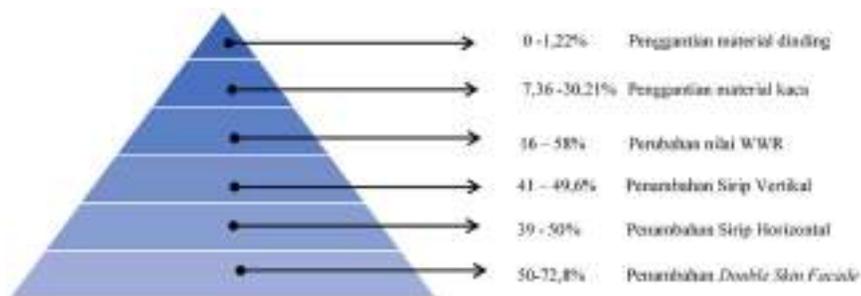
Perbedaan besar transmisi panas dan efisiensi energi yang didapatkan karena bangunan yang memiliki OTTV 45 Watt/m² merupakan bangunan yang sudah memenuhi aturan berlaku SNI 03-6389-2011 dan dinyatakan hemat energi pada masa itu. Perubahan retrofit saat ini untuk memenuhi peraturan baru yaitu SNI 03-6389-2020 yang menyatakan bahwa OTTV 35Watt/m² atau dibawahnya. Jadi bagi bangunan yang memiliki OTTV 45 Watt/m² akan membutuhkan dan menghasilkan nilai transmisi panas dan efisiensi energi AC yang lebih kecil dibandingkan dengan bangunan yang memiliki nilai OTTV jauh diatas 45 Watt/m².

Dalam analisis menggunakan statistik SPSS dengan metode Regresi Linear Berganda didapatkan hasil bahwa variabel X memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel Y yaitu transmisi panas atau OTTV.

7.2.2. Signifikansi Retrofit Arsitektur Fasad dengan Transmisi Panas

Retrofit yang dilakukan pada arsitektur fasad dikelompokkan menjadi tujuh kelompok yang merupakan elemen pada fasad bangunan yang terdiri dari *window to wall ratio*, perubahan material kaca, perubahan material dinding, penambahan sirip horizontal, penambahan sirip vertikal, penambahan sirip gabungan dan penambahan *double skin façade*. Dari ketujuh kelompok tersebut dilakukan simulasi dengan berbagai variasinya dari setiap kelompok. Berdasarkan simulasi tersebut didapatkan hasil bahwa penambahan fasad ganda atau *double skin façade* merupakan tindakan retrofit fasad yang paling signifikan dalam menurunkan transmisi panas.

Tindakan retrofit fasad lainnya menurunkan transmisi panas yang lebih kecil, berikut ini terdapat sebuah diagram prisma yang menggambarkan besarnya penurunan transmisi panas dari setiap kelompok retrofit arsitektur fasad yang diujikan.



Gambar 7. 1. Diagram Retrofit Arsitektur Fasad dan Persentase Penurunan Transmisi Panas

Retrofit arsitektur fasad yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi energi AC berdasarkan hasil analisis menggunakan SPSS dengan pendekatan *Regresi Linear Berganda* didapatkan hasil bahwa variable x akan memberikan pengaruh yang signifikan pada nilai OTTV atau variabel y. Berikut ini hasil pengujian hipotesis dengan menggunakan SPSS:

- Perubahan material kaca (X2) memberikan pengaruh terhadap transmisi panas (Y).
- Penambahan Sirip Horizontal (X4) memberikan pengaruh terhadap transmisi panas (Y).
- Penambahan Selubung Ganda (X7) memberikan pengaruh terhadap transmisi panas (Y).
- Hipotesis Variabel X1, X2, X3, X4, X5, X6, dan X7 memberikan pengaruh terhadap variabel Y ditolak, karena tidak semua variabel X memberikan pengaruh yang signifikan terhadap transmisi panas (Y).

7.2.3. Optimalisasi Retrofit Arsitektur Fasad

Optimalisasi retrofit arsitektur fasad dilakukan untuk memenuhi kebutuhan memperbesar bukaan namun tetap berhasil menambah efisiensi energi. Simulasi dilakukan dengan mengkombinasikan variabel retrofit fasad arsitektur (X) untuk mendapatkan persentase bukaan (WWR) yang lebih besar dan mengoptimalkan efisiensi energi. Berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan 2400 variasi didapatkan hasil seperti pada tabel berikut ini:

SIMULASI		1	2	3	4	5	6	7	8
		0 - 9,99%	10 - 19,99%	20 - 29,99%	30 - 39,99%	40 - 49,99%	50 - 59,99%	60 - 69,99%	70 - 79,99%
a.	Material + WWR W0= 0,69								
b.	WWR + Material Kaca + Sirip Horizontal								
c.	WWR + Material Kaca + Sirip Vertikal								

Keterangan:

SIMULASI		1	2	3	4	5	6	7	8
		0 - 9,99%	10 - 19,99%	20 - 29,99%	30 - 39,99%	40 - 49,99%	50 - 59,99%	60 - 69,99%	70 - 79,99%
8.	GABUNGAN								
a.	Material + WWR	WWR: 86% KACA: K0, K3 WWR: 47%-44% KACA: K1 WWR: 40%-39% KACA: K8	WWR: 86% KACA: K4, K5, K6, K9 WWR: 70% KACA: K0, K2 WWR: 38%-36%, 34% KACA: K8	WWR: 86% KACA: K7 WWR: 70% KACA: K3 WWR: 70% KACA: K5 WWR: 37%-33% KACA: K1 WWR: 33%-30% KACA: K8	WWR: 86% KACA: K10 WWR: 49- 48% KACA: K0 WWR: 70% KACA: K6, K7, K10 WWR: 50%-45% KACA: K2 WWR: 31- 30% KACA: K1	WWR: 70% KACA: K10 WWR: 50- 41% KACA: K3 WWR: 50-44% KACA: K4 WWR: 50-42% KACA: K5 WWR: 50-47% KACA: K6 WWR: 49- 47 % KACA: K9 WWR: 50% KACA: K7 WWR: 47- 38% KACA: K0 WWR: 44-37% KACA: K2	WWR: 49-42% KACA: K10 WWR: 49-37% KACA: K7 WWR: 46-36% KACA: K6 WWR: 46-36% KACA: K7 WWR: 46-35% KACA: K6 WWR: 44-35% KACA: K9 WWR: 43-32% KACA: K4 WWR: 40-30% KACA: K3 WWR: 34-30% KACA: K2 WWR: 36-30% KACA: K0 WWR: 41-31% KACA: K5	WWR: 41-30% KACA: K10 WWR: 34-30% KACA: K9 WWR: 36-30% KACA: K7 WWR: 34-30% KACA: K6 WWR: 34-30% KACA: K5 WWR: 30% KACA: K6	
b.	WWR + Material Kaca + Sirip Horizontal	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 60 KACA: K1	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 86,80 KACA: K2	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 86 KACA: K3, K4, K5, K6	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 86 KACA: K7, K9	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 86 KACA: K0, K10	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 70 KACA: K0, K10	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 50 KACA: K0, 10	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 30 KACA: K10, K7
			VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 80 KACA: K3	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 80 KACA: K4, K5, K6, K9	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 80 KACA: K3, K4, K5, K6	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 70 KACA: K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 50 KACA: K2, K3		
		VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 50 KACA: K1	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 60 KACA: K2	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 60 KACA: K3, K4, K5, K6	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 60 KACA: K2	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 40 KACA: K2, K3			
		VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 40 KACA: K8	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 40 KACA: K1	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 50 KACA: K2	VSA :30 Modul: 1/2W WWR: 30 KACA: K1, K8				

SIMULASI	1	2	3	4	5	6	7	8
	0 - 9,99%	10 - 19,99%	20 - 29,99%	30 - 39,99%	40 - 49,99%	50 - 59,99%	60 - 69,99%	70 - 79,99%
c. WWR + Material Kaca + Sirip Vertikal		HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 86 KACA: K2	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 86 KACA: K3, K5	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 86 KACA: K4, K5, K7, K9	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 86 KACA: K0,K10	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 70 KACA: K0, K10	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 50 KACA: K0, K7, K10	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 30 KACA: K0, K6, K7, K9, K10
		HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 50 KACA: K8	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 50 KACA: K1	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 80 KACA: K4, K5, K6, K9	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 80 KACA: KK0, K7, K10	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 60 KACA: K0,K6, K7, K9, K10	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 40 KACA: K0, K4, K5, K6, K7, K9, K10	
			HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 40 KACA: K7	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 70 KACA: K2, K3	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 70 KACA: K4, K5, K6, K7, K9	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 60 KACA: K3, K4, K5, K6, K9	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 30 KACA: K2, K3, K4, K5	
				HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 60 KACA: K2	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 60 KACA: K3, K4, K5	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 40 KACA: K2, K3		
				HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 40 KACA: K1	HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 50 KACA: K2			
					HSA :30 Modul: 1/2W WWR: 30 KACA: K1, K7			

Keterangan:			
K1	=	Kaca tunggal 8mm tipe bening	K6 = Kaca double
K2	=	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	K7 = Kaca double low-e
K3	=	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	K8 = BIPV Lacolabel
K4	=	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	K9 = BIPV Artlite
K5	=	Kaca Low- e	K10 = BIPV Stopray
W1	=	Bata dengan plester kedua sisi + kaca	W5 = Beton precast + kaca
W2	=	Bata dengan plester + aluminium komposit	W6 = Beton precast + aluminium komposit
W3	=	Bata ringan dengan plester kedua sisi + kaca	W7 = Beton sterofoam + kaca
W4	=	Bata ringan dengan plester + aluminium komposit	W8 = Beton sterofoam + Aluminium Composit
DSF 1	=	Kaca tunggal 8mm tipe bening	DSF 6 = Kaca Double
DSF 2	=	Kaca tunggal 8mm tipe berwarna	DSF 7 = Kaca Double Low-e
DSF 3	=	Kaca tunggal 8mm tipe reflektif	DSF 8 = BIPV Lacolabel
DSF 4	=	Kaca tunggal 8mm tipe rendah	DSF 9 = BIPV Artlite
DSF 5	=	Kaca Low- e	DSF 10 = BIPV Stopray

Tabel 7. 5. Matrik Optimalisasi Retrofit Arsitektur Fasad

Berdasarkan matriks optimalisasi retrofit arsitektur fasad, didapatkan persentase bukaan (WWR) yang lebih besar dibandingkan dengan retrofit dengan menggunakan sebuah tindakan retrofit arsitektur fasad.

7.3. **Saran**

Dalam retrofit fasad sebaiknya diperhitungkan terlebih dulu kebutuhan penurunan OTTVnya dan dibuat beberapa pilihan gabungan retrofit fasad seperti yang ada pada pola konfigurasi retrofit fasad, setelah itu perlu dihitung kembali beban pendinginan dan energinya untuk dipilih efisiensi yang optimal. Dalam perhitungan beban pendinginan akan menghasilkan nilai yang berbeda meskipun memiliki nilai OTTV yang sama. Maka langkah ini perlu dilakukan saat retrofit fasad karena perlu adanya pertimbangan efisiensi energi yang didapatkan dan biaya yang dikeluarkan, mengingat terdapat batasan biaya dalam melakukan retrofit.



DAFTAR PUSTAKA

- Anker, Peder, *From Bauhaus to Ecohouse*, Louisiana State University Press, USA, 2010
- Borg, W.R. & Gall, M.D. (1983). *Educational research: An introduction*. Fourth Edition. New York: Longman.
- Bradshaw, Vaughn. *The Building Environment: Active and Passive Control Systems*. Wiley, Canada 2006
- Brand, Steward, *How Building Learn*, Viking Press 1994
- Brophy, Vivienne, *Green Vitruvius*, Eartscan, Dublin 2011
- Brown. R.D, T.J. Gillespie (1995), *MICROCLIMATIC LANDSCAPE DESIGN: CREATING THERMAL COMFORT AND ENERGY EFFICIENCY*, John Wiley & Sons Inc. (New York).
- Carla, Joana Soares, *The Environmental Performance of Tall Buildings*, Earthscan, USA, 2010A
- Cholis, Noor Idham (2016), *Arsitektur dan Kenyamanan Termal*, Andi, Yogyakarta.
- De Wall, HB, 1993, *New Recommendation for Building in Tropical Climates, Building Environment*, Vol 28, No 1, pp 271- 285
- Douglas, James, **Building Adaption**, Elsevier, USA 2002
- Frick, H, 1996. *Arsitektur dan Lingkungan*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Gelfand, Lisa and Chris Duncan, *Sustainable Renovation. Strategies for Commercial Building System and Envelope*. Wiley, Canada, 2012.

- Ghozali, Imam. 2018. Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25. Badan Penerbit Universitas Diponegoro: Semarang.
- Givoni, Boruch, *Climate Consideration in Building and Urban Design*, Van Nonstrad Reinhold, USA 1998
- Hagan, Susannah,. *TAKING SHAPE A new contract between architecture and nature*. Architectural press, Oxford 2001
- Hyde Richard, Eco- Design For Retrofitting, *Sustainable Retrofitting of Commercial Buildings Warm Climates*, Routledge, USA, 2013
- Jones, Louise, *Enviromentally Responsible Design*, John Wiley and Sons, Canada 2008
- Juliardi, Robby Dwiko, *Renovation and Retrofitting on Green Works*, ITB Press, Bandung 2020
- Juwana, Jimmy S. 2005. Panduan Sistem Bangunan Tinggi. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Karyono, Tri Harso, 2013, *Arsitektur dan Kota Tropis Dunia Ketiga*, Depok: PT. Raja Grafindo Persada
- Karyono, Tri Harso, 2016, *Arsitektur Tropis Bentuk, Teknologi, Kenyamanan dan Penggunaan Energi*, Jakarta: Erlangga
- Karyono, Tri Harso, *Green Architecture*. Pemahaman Arsitektur Hijau Di Indonesia, Raja Grafindo Persada, 2010
- Knaack, Ulrich, Tillmann Klein, Marcel Bilow, Thomas Auer, *Building Physics of The Envelope*, Birkhauser Baser, German, 2018
- Maria, Geraldo, Multi objective optimization for cost optimal energy retrofitting: from single building to a stock, Phd Thesis, University of Naples Federico, 2015
- MC Clure, Wendy R, Tom J Bartuska, *The Build Enviroment*, Wiley, Canada, 2007

- Mc. Gueness, W.J & Stein, B. 1971. Mechanical and Electrical Equipment for Building. Fifth Edition. New York, London, Sydney, Toronto, John Wiley and Sons, Inc.
- Mediastika, Christina, Hemat Energi & Lestari Lingkungan melalui Bangunan, Penerbit Andi 2013
- Powell Robert, Rethinking The Skyscraper, Thames and Hudson, London, 1999
- Rey, E (2004) Office building retrofitting strategies: multicriteria approach of an architectural and technical issue. "Energy and Buildings", 36(4), 367-372.
- Ridwan Aji Pinoko, Kawasan Sudirman dan Simatupang Pemasok Perkantoran di Jakarta, Kompas, 2016
- Roaf, Susan, *Energy Efficient Building*, Blackwell Scientific Publication Oxford 2002
- Satwiko, Prasasto, *Arsitektur Sadar Energi*, Penerbit Andi, Yogyakarta 2005
- Smith, Peter F. *Architecture in a Climate of Change*, Elsevier, 2005
- Soraya Novika, "Lokasi gedung perkantoran yang paling diminati di Jakarta, Detik news, 2020
- Stern, N. (2006) The Stern review: the economics of climate change, HMSO. Available at <http://www.hm-treasury.gov.uk/>. Accessed on 8 August 2013
- Suppe, Frederick, *The Structure of Scientific Theories*, Urbana: University of Illinois Press, 1977.
- Syverfsen.,Tor G. *The Design Office of The Future*, First International Symposium Building Systems Automation - Integration June 2-8, 1991
- Thomas Randall, Trevor Garnham, *The Enviroments of Architecture*, Taylor and Francis, New York 2007
- Watson, Donald, Kenneth Labs, *Climatic Building Design Energy Efficient*

Building Principles and Practice, McGraw- Hill, United States of America, 1992

Yeang, Ken, *Ecodesign A Manual for Ecological Design*, Wiley, UK, 2006

Yeang, Ken, *Reinventing The Skyscraper*, Wiley Academy, USA 2002

Yeang, Ken, Strategies For Designing our Green Built Environment, *Sustainable Retrofitting of Commercial Buildings Warm Climates*, Routledge, USA, 2013

Yeang, Ken. *Designing with Nature*, Mc Graw Hills, USA 1995

JURNAL

Adi, Alifiano Rezka (2019). Mengoptimalkan Perangkat Peneduh melalui Efek Bayangan Bangunan di Sekitarnya, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Arky Rinaldy, DrEng, 2016, Analisis dan Rekomendasi Penerapan Metode Mitigasi Urban Heat Island.

Bellamy, John. Marx's Ecology- Materialism and Nature, Monthly Review Press, 2000

Borg, W.R. & Gall, M.D. (1983). Educational research: An introduction. Fourth Edition. New York: Longman.

Camposinhos, Rui de Sousa (2017). *Dimensionamento de Fachadas Envidraçadas - Comportamento Estrutural* (in Portuguese). Coimbra, Portugal: CMM - Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista

Cholis, Noor Idham (2016), *Arsitektur dan Kenyamanan Termal*, Andi, Yogyakarta.

Dion. J.M., DugardL., Franco A., Nguyen Minh Tri and Rey D., 1991, MIMO Adaptive Constrain Predictive Control Case Study: An Environment Test, Chamber, Automatica, Vol.27, No.4, pp. 611- 626, Great Britain

Dixon, Tim., Malcolm, Miriam Hunt, and Simon Lannon, *Urban Retrofitting for Sustainability- Mapping the transition to 2050*, Earthscan, New York 2014

DOTULONG, Alex Lexi Willem Hermanus, Ir. Jatmika Adi Suryabrata,
M.Sc.,Ph.D

Elizabeth McCormick¹, J. Alstan Jakubiec², Michael Budig, *Analysis of Architectural Façade Elements in Tropical Climates for Daylight, Thermal Comfort and Passive Climatization*, Proceedings of the 15th IBPSA Conference San Francisco, CA, USA, Aug. 7-9, 2017 Kinzey and sharp, *Environmental Technologies in Architecture*,

Ferial, Rudy, “Bangunan tinggi dan lingkungan kota” *TeknikA*, No.28, Vol. 1, Tahun XIV, November 2007.

Holst, Johnny N.. *Using Whole Building Simulation Models and Optimizing Procedures to Optimize Building Envelope Design with Respect to energy consumption and indoor environment*. Eighth International IBPSA Conference Eindhoven, Netherlands August 11-14, 2003

J. Vijayalaxmi, *Concept of Overall Thermal Transfer Value (OTTV) in Design of Building Envelope to Achieve Energy Efficiency*, *Int. J. of Thermal & Environmental Engineering* Volume 1, No. 2 (2010) 75-80

Jackson, Jerry, *A Risk Management Approach to Energy Purchase and Efficiency Choices*, Wiley Finance, Canada 2008

Jiawei Lei, J. Yang, dan E.H. Yang. 2016. “Energy Performance of Building Envelopes Integrated with Phase Change Materials for Cooling Load Reduction in Tropical Singapore.” *Appl. Energy*, vol.162, pp.207 -217

Kaynakli, O. 2012. “A Review of the Economical and Optimum Thermal Insulation Thickness for Building Applications.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no. 1, pp. 415- 425 Khan, N., Y. Su, dan S.B. Riffat. 2008. “A Review on Wind Driven Ventilation Techniques.” *Energy Build.*, vol. 40, no.8, pp.1586-1604.

- Lau, A.K.K.,E. Salleh, C.H. Lim, dan M.Y. Sulaiman. 2016. "Potential of Shadding Devices and Glazing Configuration on Cooling Energy Savings for High – Rise Office Buildings in Hot Humid Climates: The Case of Malaysia,"*Int. J. Sustain. Built Environ.*,Vol 5, no.2, pp.387-399
- Long, Kim (2004). *User Effective Buildings*. Denver: Aardex Corporation. hlm. 14–16. [ISBN 0975552406](#).
- Maranz, Rober. W. *Evaluating Open and Conventional Office Design, Enviromen and Human Behavior* Vo. 14 No.3
- Miller, E. & Buys, L. 2008, 'Retrofitting commercial office buildings for sustainability: tenants' Moosavi, L.,Mahyuddin, dan N. Ab Ghafar.2015. "A Comparison Between Atrium and Courtyard Cooling Efficiency in Hot Tropical Climate, Implementing Different Passive Colling Strategies." *J. Renew. Sustain. Energy*, vol 7, no.4
- Pengaruh pembayangan massa bangunan terhadap radiasi panas matahari di ruang terbuka kawasan tropis yang terletak pada Garis Lintang 7 derajat LS perspectives', *Journal of Property Investment & Finance*, vol. 26, 6, pp. 552-61
- Rysanek, A M and Choudhary, R (2013) Optimum building energy retrofits under technical and economic uncertainty. "Energy and Buildings", 57, 324-337.
- Saud, M.I. (2012). Pengaruh Konfigurasi Window toWall Ratio, Solar Heat Gain Coefficient dan Orientasi Bangunan terhadap Kinerja Termal Selubung Bangunan, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Saud, M.I. (2012). Pengaruh Konfigurasi Window toWall Ratio, Solar Heat Gain Coefficient dan Orientasi Bangunan terhadap Kinerja Termal Selubung Bangunan, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Shao, D. Nagai, Y. Maekawa, M. Fei. 2018. Innovative design typology for adaptive reuse of old buildings in public spaces. *Journal of Engineering Science and Technology*. 13 (11) : 3547 – 3565.
- Simanjuntak, Febryanto (2021), Tang- Huang Lin, Hary Aprianto Wijaya, The

Development of The Urban Heat Island in Jakarta based on Satellite Observation, Seventh Geoinformation Science Symposium.

Simanjuntak, Febryanto (2021), Tang- Huang Lin, Hary Aprianto Wijaya, The Development of The Urban Heat Island in Jakarta based on Satellite Observation, Seventh Geoinformation Science Symposium.

Suryabrata, Jatmika, Alifiano Rezka Adi, Eugenius Pradipt, *Optimizing Shading Devices Through The Shading Effect of Surrounding Building*, Dimensi Journal of Architecture and Built Enviroment, Vol.46, 2020.

Tahang, Teknik Sistem Simulasi Termal Bangunan dengan menggunakan perangkat Computing Fluid Dynamic (CFD), Jurnal Ilmiah Techno Entrepener Acta, Vol.1, No. 1, April 2016

Winda Chantika Putri, Analisis Pesebaran Urban Heat Island di Jakarta, <https://geo.mapid.io/>, 2021

WEBSITE

<https://www.merriam-webster.com/>

<https://wbdg.org/>

<https://www.iqair.com/>

<https://jakartasatu.jakarta.go.id>

<https://www.bmkg.go.id/>

PERATURAN

Kementrian ESDM, Pedoman Energi Efisiensi untuk Bangunan Gedung Indonesia, Buku Pedoman Energi Efisiensi untuk Desain Bangunan Gedung di Indonesia, edisi pertama, Jakarta, 2012

Badan Standarisasi Nasional. 2020 .”Standar Nasional Indonesia (SNI) 6389:2020
Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung”.
Jakarta:BSN.

Permen PUPR No 18 Tahun 2021 tentang Standar Pembongkaran Bangunan

Permen PUPR No 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja BGH

SNI 6389- 2020 tentang Konservasi energi selubung bangunan pada bangunan
gedung

SNI 6390 0 2020 tentang Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan
gedung.

Summary Greenship Existing Building V1.1

