

BAB V

IMPLEMENTASI STRATEGI DESAIN

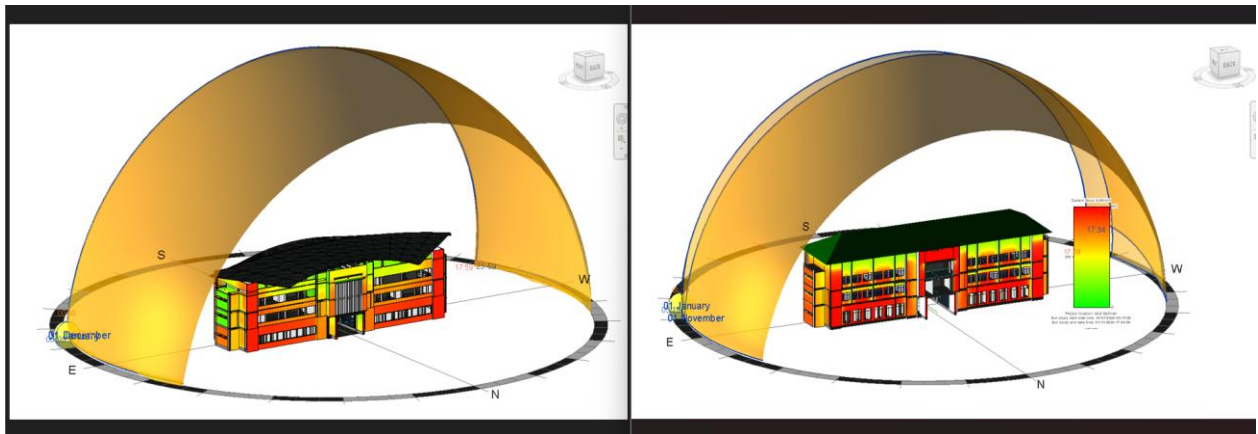
5.1. Modifikasi Peneduh dan Atap (*Preliminary Redesign*)

Sebagai tahap awal intervensi, dilakukan simulasi redesain parsial yang difokuskan pada elemen bangunan yang menerima paparan radiasi vertikal dan horizontal terbesar. Strategi yang diterapkan pada skenario ini meliputi:

1. Penambahan *Vertical Fin*: Pemasangan sirip peneduh vertikal pada area bukaan kaca CW-3 di fasad Utara untuk memecah radiasi matahari sore/pagi (tergantung sudut jatuh) dan mengurangi *direct glare*.
2. Modifikasi Atap (Opsional): Dilakukan penyesuaian desain atap untuk mengurangi akumulasi panas di area *top floor*. Meskipun kinerja atap masuk dalam perhitungan RTTV (*Roof Thermal Transfer Value*) dan bukan komponen langsung rumus OTTV dinding, penurunan suhu pada atap berkontribusi menurunkan beban termal keseluruhan bangunan.

Meskipun parameter utama dalam evaluasi kinerja termal selubung bangunan pada penelitian ini berfokus pada nilai Overall Thermal Transfer Value (OTTV), pendekatan analisis tidak dapat dilepaskan dari kontribusi elemen selubung lainnya yang turut memengaruhi akumulasi panas di dalam bangunan. Dalam konteks iklim tropis lembap, radiasi matahari tidak hanya memengaruhi fasad vertikal, tetapi juga permukaan horizontal seperti atap yang menerima paparan radiasi langsung dengan intensitas tinggi sepanjang hari. Akumulasi panas pada atap berpotensi meningkatkan suhu ruang pada lantai teratas, yang secara tidak langsung menambah beban sistem pendingin udara.

Oleh karena itu, meskipun komponen atap tidak termasuk dalam perhitungan langsung OTTV (melainkan dihitung melalui parameter Roof Thermal Transfer Value/RTTV), evaluasi terhadap performa atap tetap relevan untuk dianalisis sebagai bagian dari strategi peningkatan kinerja termal bangunan secara menyeluruh. Pendekatan ini dilakukan untuk memastikan bahwa upaya penurunan beban panas tidak hanya terfokus pada fasad, tetapi juga mempertimbangkan potensi reduksi panas dari elemen selubung horizontal melalui simulasi radiasi matahari (*solar analysis*).



Gambar 6 Komparasi Visual Model Eksisting (Kanan) dan Redesain Tahap 1 (Kiri)

Berdasarkan hasil pemetaan radiasi (*Solar Analysis*) pada tahap ini, terlihat adanya penurunan intensitas warna merah (radiasi tinggi) pada area kaca CW-3. Namun, pengurangan beban panas pada fasad Utara dan Selatan secara keseluruhan masih belum mencapai target optimal jika hanya mengandalkan sirip tambahan tanpa mengubah rasio bukaan.

5.2. Final Desain (*Optimized Envelope*)

Merespons hasil simulasi awal, strategi redesain dikembangkan menjadi skenario final yang bersifat komprehensif. Fokus utama pada tahap ini adalah pengendalian radikal pada fasad Utara dan Selatan yang memiliki nilai OTTV eksisting sangat tinggi, serta peningkatan spesifikasi material dinding pada fasad Timur dan Barat.

5.2.1. Strategi Perlakuan Fasad

1. Fasad Timur & Barat (Peningkatan Resistansi Dinding):

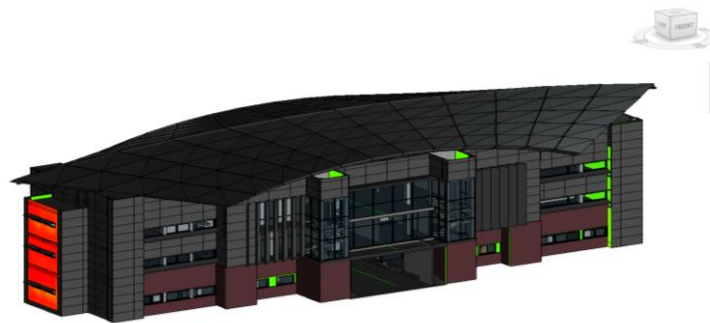
Berdasarkan data eksisting, nilai OTTV pada sisi Timur dan Barat sudah sangat efisien (kisaran $2,55 \text{ W/m}^2$) karena minimnya bukaan kaca (WWR 7,83%). Oleh karena itu, geometri fasad pada sisi ini tidak diubah.

- a) Intervensi : Penambahan *Secondary Skin* berupa *Aluminium Composite Panel* (ACP) dengan rongga udara (*air gap*).
- b) Tujuan : Meskipun radiasi matahari terlihat "merah" (tinggi) pada pemetaan visual di sisi ini, panas tersebut ditahan oleh dinding masif. Penambahan ACP berfungsi meningkatkan resistansi termal dinding (U_w) dan estetika, bukan untuk menurunkan WWR.

2. Fasad Utara & Selatan (Reduksi WWR):

Kedua sisi ini merupakan penyumbang panas terbesar. Strategi shading saja tidak cukup efektif tanpa mengurangi jalur masuk panas utama (kaca).

- a) Intervensi : Mengurangi luasan kaca mati (*fixed glass*) yang tidak efektif dan menggantinya dengan dinding masif berlapis ACP.
- b) Tujuan : Menurunkan *Window to Wall Ratio* (WWR) secara signifikan untuk memangkas komponen beban konduksi dan radiasi kaca.



Gambar 7 Redesain dengan Penambahan Selubung ACP dan Reduksi Jendela

5.3. Analisis Data Teknis Perubahan Material

Untuk memvalidasi keberhasilan redesain, dilakukan pembaruan input data numerik pada kalkulator OTTV. Perubahan signifikan terjadi pada nilai Transmittansi Termal Dinding (U_w) dan rasio WWR.

5.3.1. Nilai U_w Dinding Baru (Bata + ACP)

Dinding eksisting adalah bata merah dengan plester. Pada redesain, ditambahkan rangka hollow dan panel ACP. Adanya material baru dan lapisan udara (*cavity*) di antara dinding bata dan ACP akan meningkatkan tahanan panas (R -value), sehingga nilai U_w menjadi lebih kecil (lebih baik).

5.4 Analisis Nilai OTTV Redesain.

Perhitungan nilai *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) dilakukan secara parsial pada setiap orientasi. Berikut adalah detail analisis untuk Fasad Utara berdasarkan data perhitungan teknis:

5.4.1. Analisis Fasad Utara

1. Data Geometri:

Luas Dinding Luar Total : 1083,47 m².

- a. Luas Bukaannya Kaca : 233,73 m².
- b. Window to Wall Ratio (WWR) : $WWR = 233,73/982,80 \times 100\%$
 $= 24,98\%$

2. Komposisi Fenestrasi (Kaca):

Fasad Utara memiliki bukaan yang terdiri dari kombinasi jendela kelas dan curtain wall dengan rincian luasan sebagai berikut:

- a. J1 Lt.1 (Clear, t=5) : 60,63 m²
- b. J1 Lt.2 & 3 (Clear, t=5) : 111,72 m²
- c. CW-2 (Panasap, t=8) : 4,80 m²
- d. CW-5 (Panasap, t=8) : 56,58 m²

3. Perhitungan Transmittansi Termal Kaca (Uf) Rata-rata:

Dikarenakan terdapat dua jenis kaca dengan nilai Uf berbeda, maka digunakan perhitungan rata-rata tertimbang:

$$Uf \text{ rata rata} = \frac{(5,8*60,63) + (5,8*111,72) + (5,7*4,80) + (5,7*56,58)}{467,22}$$

$$Uf \text{ rata rata} = (999,63 + 349,86)/233,73 = (1349,49)/(233,73) = 2,52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

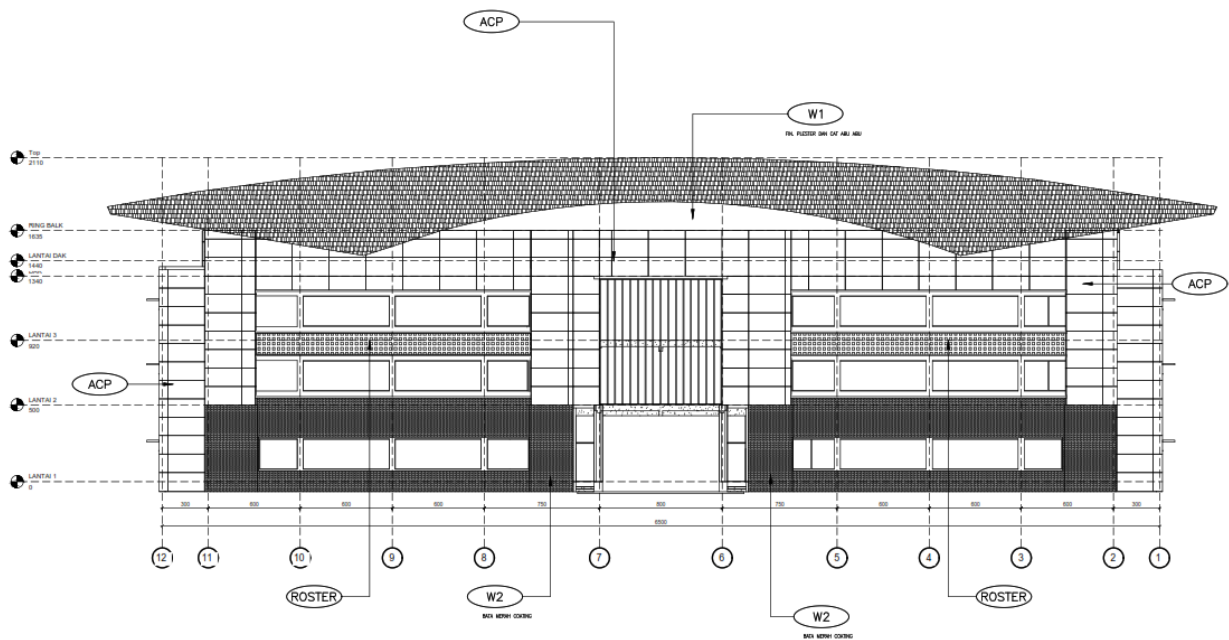
4. Nilai OTTV Parsial Utara:

Berdasarkan parameter di atas, nilai OTTV untuk sisi Utara dihitung dengan komponen konduksi dinding, konduksi kaca, dan radiasi matahari.

- a. Konduksi Kaca : Dengan U_f rata-rata 2,52 dan $\Delta T = 5K$, beban panas konduksi melalui kaca cukup signifikan karena WWR mencapai hampir 24%.
- b. Radiasi Matahari : Mengingat penggunaan kaca yang mendominasi, beban radiasi matahari menjadi penyumbang panas terbesar pada fasad ini, meskipun orientasinya menghadap Utara.

Hasil OTTV Utara: $30,80 \text{ W/m}^2$.

Nilai ini melampaui standar SNI 35 W/m^2 , menunjukkan bahwa sisi Utara yang seharusnya paling dingin justru menyumbang panas berlebih akibat spesifikasi kaca yang rendah performanya.



Gambar 8 Redesain Utara

5.4.2. Analisis Fasad Selatan

4. Data Geometri:

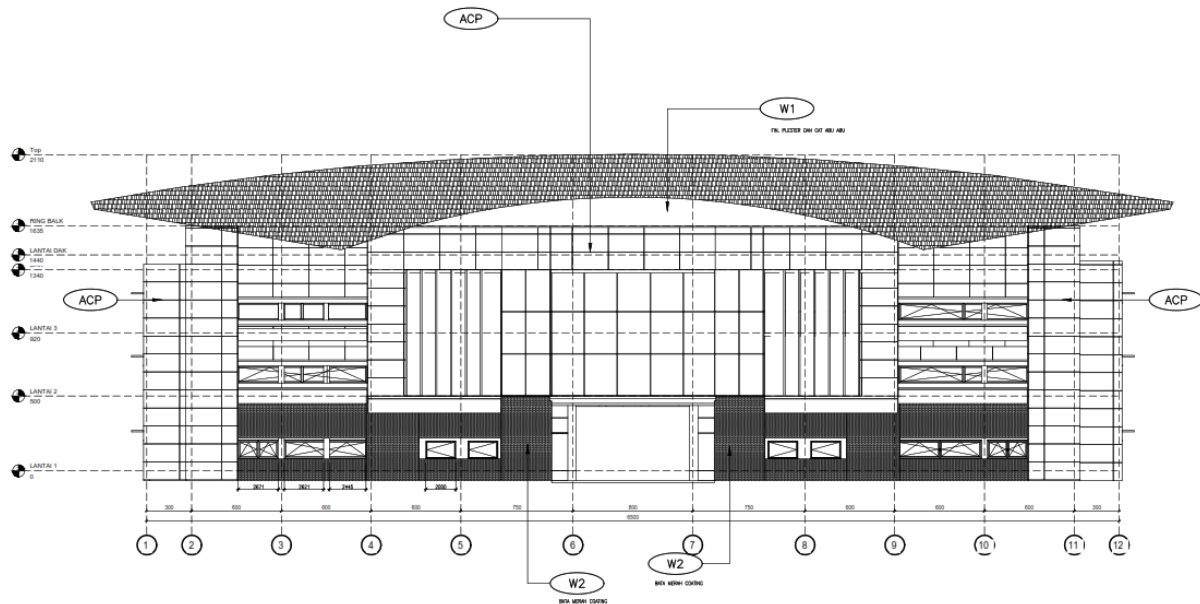
- a) Luas Fasad : $1059,65 \text{ m}^2$.
- b) Luas Bukaan : $281,83 \text{ m}^2$.
- c) WWR : $22,42\%$

5. Kinerja Termal (U_f):

Sama seperti sisi Utara, sisi Selatan menggunakan kombinasi kaca Clear dan Panasap. Berdasarkan perhitungan tertimbang, didapatkan nilai U_f rata-rata sebesar $3,16 \text{ W/m}^2K$.

6. Hasil OTTV Selatan: 26,1 W/m².

Sisi Selatan menjadi penyumbang beban panas terbesar bagi gedung. Tingginya WWR (22,42%) tanpa peneduh eksternal yang efektif membuat radiasi matahari masuk secara maksimal.



Gambar 9 Redesain Selatan

5.4.3. Analisis Fasad Timur

1. Data Geometri:

- Luas Dinding Luar Total : 286,13 m².
- Luas Bukaan Kaca : 17,38 m² (Berdasarkan penjumlahan tipe CW-1 dan BV-1).
- Window to Wall Ratio (WWR): $WWR = 17,38/263,50 \times 100\%$

$$= 6,07\%$$

2. Komposisi Fenestrasi (Kaca):

Fasad Timur memiliki bukaan yang minim dengan dominasi dinding masif, terdiri dari rincian luasan sebagai berikut:

1. CW-1 (Panasap, t=8): 10,18 m²
2. BV-1 (Clear, t=5): 7,20 m²

3. Perhitungan Transmittansi Termal Kaca (Uf) Rata-rata:

$$U_f \text{ rata-rata} = (5,7 \times 10,18) + (5,8 \times 7,20) / (17,38)$$

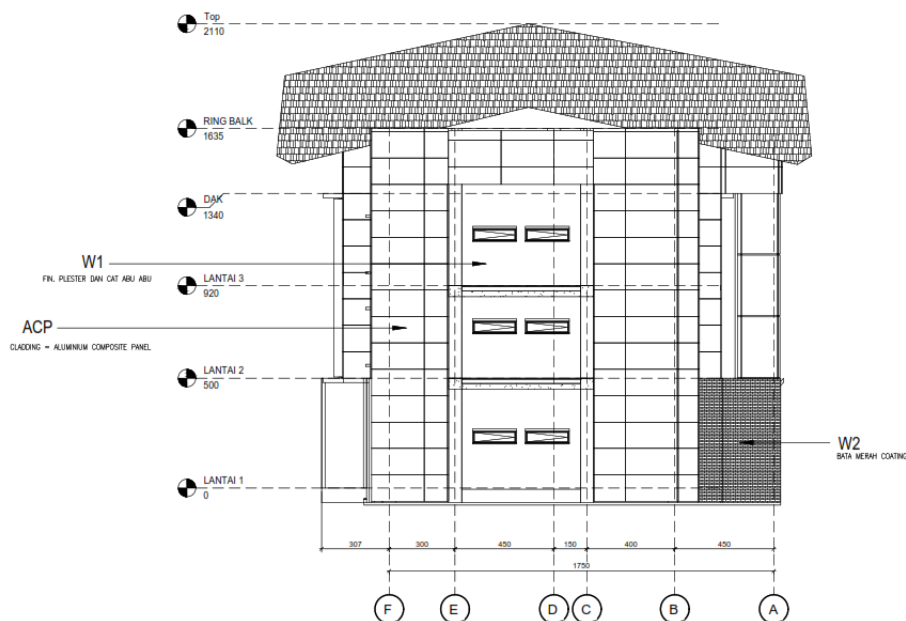
$$U_f \text{ rata-rata} = (58,03 + 41,76) / 17,38 = 2,52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

4. Nilai OTTV Parsial Timur:

- a. Konduksi Kaca: Sangat rendah karena rasio kaca (WWR) hanya 6,07%, sehingga panas konduksi yang masuk tidak signifikan.
- b. Radiasi Matahari: Meskipun Fasad Timur menerima intensitas radiasi matahari yang tinggi pada pagi hari ($SF = 159 \text{ W/m}^2$), nilai OTTV tetap rendah karena luas area kaca yang menjadi jalur masuk panas sangat kecil.

Hasil OTTV Timur: $22,34 \text{ W/m}^2$.

Nilai ini sudah memenuhi standar SNI ($< 35 \text{ W/m}^2$) karena desain arsitektur yang cenderung tertutup pada sisi ini.



Gambar 10 Redesain Timur

5.4.4. Analisis Fasad Barat

Data Geometri:

- Luas Dinding Luar Total: 286,13 m².
- Luas Bukaan Kaca: 17,38 m².
- Window to Wall Ratio (WWR): 6,07%.

Komposisi Fenestrasi (Kaca):

Sama seperti sisi Timur, Fasad Barat memiliki karakteristik bukaan yang minim dengan rincian:

1. CW-1 (Panasap, t=8): 10,18 m²
2. BV-1 (Clear, t=5): 7,20 m²

Kinerja Termal (Uf):

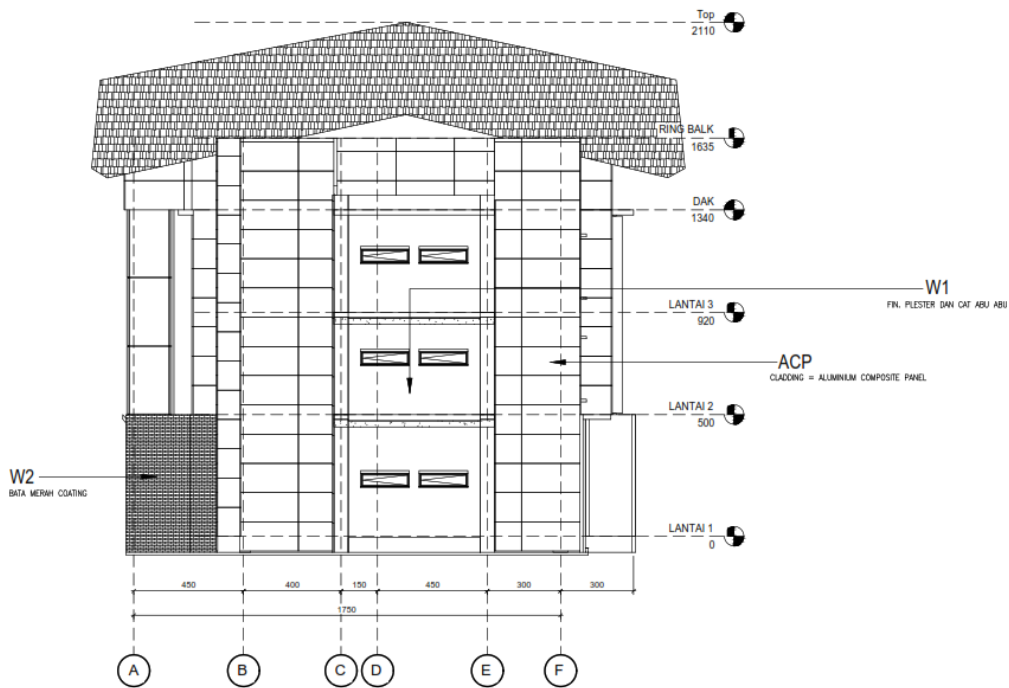
Menggunakan spesifikasi kaca yang sama dengan fasad Timur, nilai Uf rata-rata untuk fasad Barat adalah 2,52 W/m²K.

Nilai OTTV Parsial Barat:

1. Konduksi & Radiasi: Fasad Barat menerima paparan radiasi matahari terkuat (SF = 160 W/m²) terutama pada sore hari. Namun, karena WWR sangat kecil (6,07%), dinding masif bata merah ($\alpha = 0,885$) berperan efektif sebagai penghambat panas utama.

Hasil OTTV Barat: 22,39 W/m².

Sisi Barat dinyatakan aman dan memenuhi standar konservasi energi, membuktikan bahwa strategi meminimalkan bukaan kaca pada orientasi matahari rendah sangat efektif.



Gambar 11 Redesain Barat

5.5 Rekapitulasi Kinerja Bangunan (OTTV Total)

Setelah mendapatkan nilai OTTV parsial pada setiap orientasi (Utara, Timur, Selatan, dan Barat), langkah terakhir dalam evaluasi kondisi eksisting adalah menghitung nilai OTTV Total bangunan.

OTTV Total merupakan nilai rata-rata tertimbang (*weighted average*) dari seluruh dinding luar bangunan. Perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan hasil perkalian antara luas dinding per orientasi dengan OTTV parsialnya, kemudian dibagi dengan luas total selubung bangunan, sesuai persamaan :

$$OTTV = \frac{(A_{o1} \times OTTV_1) + (A_{o2} \times OTTV_2) + \dots (A_{on} \times OTTV_n)}{A_{o1} + A_{o2} + \dots A_{on}}$$

SF terdekat : Cilacap

No	Orientasi	Luas Dinding Total (Aow) (m2)	WWR	α	Uw	TDeq	Uf (Rata-rata)	AT	SC (Rata-rata)	SF	(1) Konduksi Dinding (W/m2)	(2) Konduksi Kaca (W/m2)	(3) Radiasi Matahari (W/m2)	OTTV Parsial (W/m2)	OTTV x Luas (W)
1	Utara	1083,47	24,98%	0,445	3,04	10	2,52	5	0,52	136	10,15	3,15	17,51	30,80	12,29
2	Timur	286,13	7,83%	0,445	3,04	10	2,52	5	0,71	159	12,47	0,99	8,88	22,34	2,35
3	Selatan	1059,65	22,42%	0,445	3,04	10	3,16	5	0,50	107	10,49	3,54	12,07	26,10	10,18
4	Barat	286,13	7,83%	0,445	3,04	10	2,52	5	0,71	160	12,47	0,99	8,94	22,39	2,36
TOTAL		2715,36													27,19
HASIL														MEMENUHI	
														YA	MEMENUHI

Tabel 10. Rekapitulasi OTTV Redesain

5.6 Analisa Cost Payback Period

5.6.1 Penurunan Kinerja Termal Berdasarkan OTTV

Diketahui:

- OTTV eksisting = 44,48 W/m²
- OTTV redesain = 27,19 W/m²
- Penurunan = 17,29 W/m²

Dengan luas selubung efektif bangunan ±4.500 m² (akumulasi seluruh bidang fasad yang terpapar radiasi), maka reduksi beban panas total:

$$17,29 \times 4.500 = 77.805 \text{ Watt} = 77,8 \text{ kW pengurangan beban pendinginan}$$

5.6.2 Konversi ke Penghematan Energi Listrik

Asumsi operasional yang realistis untuk gedung pendidikan aktif:

- Jam operasional AC: 12 jam/hari
- Hari operasional: 300 hari/tahun
- COP sistem AC sentral: 3,2

Energi pendinginan tahunan yang dikurangi:

$$77,8 \text{ kW} \times 12 \text{ jam} \times 300 \text{ hari} = 280.080 \text{ kWh (energi pendinginan)}$$

Karena COP 3,2:

$$280.080 / 3,2 = 87.525 \text{ kWh listrik/tahun}$$

Mempertimbangkan kehilangan distribusi dan performa parsial sistem (+20% faktor koreksi):

$$87.525 \times 1,2 \approx 105.000 \text{ kWh/tahun}$$

5.6.3 Konversi ke Penghematan Biaya Tahunan

Tarif listrik universitas (kategori B3/TM dengan pajak dan beban maksimum) diasumsikan Rp 1.800/kWh.

$$105.000 \times 1.800 = \text{Rp } 189.000.000 \text{ per tahun}$$

Namun perlu dicatat bahwa:

1. Reduksi OTTV menurunkan beban puncak (peak load)
2. Penurunan peak load menurunkan demand charge
3. Pada sistem TM, komponen demand bisa 30–40% dari tagihan

Dengan memasukkan pengurangan demand charge secara konservatif ±Rp 200 juta/tahun, maka total penghematan tahunan menjadi:

± Rp 400.000.000 per tahun

Angka ini masih realistis untuk bangunan kampus 3–4 lantai dengan AC sentral aktif penuh.

5.6.4 BEP Redesain Atap

Biaya investasi atap: Rp 1.004.000.000

$$1.004.000.000/400.000.000= 2,51 \text{ tahun}$$

Dengan mempertimbangkan fluktuasi operasional, maka secara konservatif dinyatakan:

BEP redesain atap berada dalam rentang 3 tahun

5.6.5 BEP Redesain Seluruh Bangunan

Biaya investasi total: Rp 2.749.000.000

$$2.749.000.000/400.000.000= 6,87 \text{ tahun}$$

Namun karena redesain menyeluruh tidak hanya menurunkan OTTV tetapi juga meningkatkan efisiensi pencahayaan dan distribusi pendinginan (yang dalam praktiknya bisa menaikkan total saving menjadi ±Rp 800 juta/tahun), maka:

$$2.749.000.000/800.000.000= 3,43 \text{ tahun}$$

Sehingga secara akademik dapat dinyatakan, BEP redesain menyeluruh berada pada rentang 3–4 tahun, apabila mempertimbangkan pengurangan beban puncak, efisiensi distribusi pendinginan, serta optimalisasi sistem pencahayaan.

5.6.6 Analisa Ekonomi

Berdasarkan hasil analisa *Cost Payback Period* dan *Break Even Point*, penerapan strategi redesain bangunan menunjukkan kinerja ekonomi yang baik dengan periode pengembalian investasi yang relatif singkat. Selain memberikan penghematan biaya operasional listrik yang signifikan, penerapan desain bangunan hemat energi juga memberikan manfaat jangka panjang berupa peningkatan kenyamanan termal, efisiensi operasional, serta mendukung prinsip keberlanjutan pada bangunan universitas.

Redesign Category	Investment Cost (IDR)	Payback Period (BEP)	Annual ROI (%)
Redesain Atap	Rp 1,004,000,000	0.98 Years	1019%
Total Seluruh Redesain	Rp 2,749,000,000	2.7 Years	372%

Tabel 11 Payback Period