

# Rekayasa Bukaannya dan Pembayang sebagai Strategi Penghematan Energi pada Gedung Layanan Bersama Universitas Brawijaya

Janitra Erlangga<sup>1</sup> dan Agung Murti Nugroho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Sarjana Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Alamat Email penulis: [janitra.erlangga@gmail.com](mailto:janitra.erlangga@gmail.com); [sasimurti@yahoo.co.id](mailto:sasimurti@yahoo.co.id)

## ABSTRAK

Dengan bertambahnya laju pertumbuhan penduduk dan lahan bangunan yang semakin berkurang, bangunan berlantai banyak dijadikan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan – permasalahan tersebut. Namun, penggunaan gedung berlantai banyak juga menimbulkan masalah – masalah baru didalam bangunan itu sendiri, seperti tereksposnya selubung bangunan terhadap radiasi dan cahaya matahari, yang secara langsung dapat memengaruhi tingkat konsumsi energi bangunan. Gedung Layanan Bersama Universitas Brawijaya, sebagai salah satu bangunan berlantai banyak baru yang ada di kawasan Universitas Brawijaya, tidak lepas dari permasalahan tersebut. Bangunan ini memiliki bukaan – bukaan yang cenderung kecil, sehingga cahaya yang masuk kedalam bangunan cenderung tidak merata, terutama di ruangan – ruangan yang tidak berhubungan langsung dengan bukaan. Terlebih, bukaan tersebut tidak didukung dengan pembayang yang memadai, sehingga panas dan sinar matahari langsung dapat menembus bangunan, yang dapat menambah *solar heat gain* yang masuk kedalam bangunan. Oleh karena itu, dengan menggunakan program *Autodesk Insight* sebagai alat simulasinya, penelitian ini berusaha untuk mengubah bukaan dan pembayang eksisting bangunan dengan tujuan utama untuk dapat menghemat energi. baik dari lebih meratakan cahaya yang masuk kedalam bangunan, maupun dari mengurangi beban pendinginan yang masuk melalui bukaan. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan desain bukaan dan pembayang yang memperhatikan konsumsi energi bangunan, biaya energi bangunan dapat ditekan secara signifikan.

Kata kunci: gedung berlantai banyak, bukaan, pembayang, penghematan energi

## ABSTRACT

*Along with the increasing rate of human population and the decline of building space left, high-rise building becomes the solution to overcome those problems. But, high-rise building also has some problem within the building itself, such as, the building façade are highly exposed to sunlight and solar radiation that directly related to building's energy consumption. Gedung Layanan Bersama of Brawijaya University, one of the newer high-rise building in that campus area, is no exception. This building's openings are small, and that makes the sunlight can't be distributed well, especially around rooms that doesn't directly connected to the outdoor side. Furthermore, those opening doesn't have the necessary shading to block any direct sunlight going inside the building, increasing solar heat gain. Using Autodesk Insight as the simulation tool, this study tries to modify the building's existing opening and shading with energy saving as the main purpose. The approach used to achieve energy saving in this study are making the sunlight from the openings distributed more evenly, and also lowering the cooling load produced trough the openings. This study*

*shows, opening and shading design that pay attention to building energy consumption, the energy cost can be lowered significantly.*

*Keywords: high-rise building, opening, shading, energy saving*

## **1. Pendahuluan**

Pada era modern ini, semakin banyak bangunan dan infrastruktur yang dibutuhkan oleh masyarakat. Hal tersebut berbanding terbalik dengan lahan bangunan yang dapat digunakan. Dengan berkurangnya lahan – lahan bangunan, maka banyak bangunan yang dibangun secara vertikal, untuk menghemat lahan yang digunakan. Bangunan vertikal ini mencakup fungsi – fungsi seperti residensial, komersial / perbelanjaan, dan termasuk pula perkantoran. Namun dengan semakin banyaknya bangunan berlantai banyak yang dibangun, juga muncul beberapa permasalahan khusus dari bangunan – bangunan tersebut. Permasalahan tersebut antara lain seperti tereksposnya seluruh selubung bangunan terhadap sinar dan radiasi matahari, yang disebabkan oleh ketinggian bangunan sehingga tidak ada *buffer* yang dapat menghalangi. Adanya permasalahan itu sangat berpengaruh terhadap tingkat konsumsi energi bangunan, seperti banyaknya solar heat gain yang masuk, sehingga energi yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu bangunan sangat bertambah banyak.

Di Indonesia, kini terdapat banyak gedung perkantoran berlantai banyak, terutama di kota – kota metropolitan seperti di Jakarta dan Surabaya, dan tidak terkecuali di Malang. Secara geografis, Kota Malang terletak sekitar 440 hingga 667 meter diatas permukaan laut. Keadaan tersebut membuat Kota Malang termasuk kota yang berada di dataran tinggi. Kota Malang diapit oleh beberapa gunung di sekelilingnya, antara lain ialah Gunung Arjuno di sebelah utara, Gunung Semeru di sebelah timur, Gunung Kawi dan Gunung Panderman di sebelah barat, dan Gunung Kelud di sebelah selatan. Secara iklim, pada tahun 2008, Kota Malang memiliki suhu udara rata – rata yang berkisar antara 22,7°C – 25,1 ° C, dengan suhu maksimum 32,7 °C dan suhu minimum 18,4 °C.

Dalam penelitian ini, objek studi yang dijadikan fokus penelitian adalah Gedung Layanan Bersama di Universitas Brawijaya. Bangunan ini memiliki peran yang sangat penting didalam kampus, juga sebagai hub dari luar ke dalam kampus. Peran bangunan tersebut menyebabkan tuntutan akan kenyamanan didalam termasuk tinggi. Bangunan ini memiliki orientasi yang condong ke arah timur laut, sehingga sedikit banyak hampir semua sisi pada bangunan terekspos sinar matahari. Dari observasi awal dan wawancara terhadap penggunaan bangunan yang dilakukan di bangunan ini, terdapat beberapa permasalahan yang dapat diambil di Gedung Layanan Bersama ini, antara lain: Penggunaan lampu didalam bangunan mulai dari pagi hari, yang disebabkan oleh cahaya alami yang kurang, seperti pada koridor pemisah ruang – ruang kerja dan ruang rapat di lantai 3, dimana ruang tersebut tidak berbatasan langsung dengan ruang luar. Selain itu, juga dengan kurangnya shading yang ada di sisi utara bangunan, sehingga terdapat glare berlebihan yang masuk kedalam ruangan kantor di lantai 3. Masuknya glare itu memaksa pengguna ruang kantor untuk memasang kaca film pada dinding utara di ruang kantor LP3-M. Penggunaan kaca film tersebut juga merupakan salah satu penyebab penggunaan lampu berlebih pada pagi dan siang hari.

Dengan beberapa permasalahan yang ditemukan di Gedung Layanan Bersama Universitas Brawijaya tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menemukan solusi desain yang tepat yang sekiranya dapat membantu penghematan energi yang dipakai oleh Gedung ini, tanpa mengurangi kenyamanan pengguna yang ada didalamnya. Penghematan tersebut akan dilakukan dengan melakukan rekayasa terhadap bukaan dan pembayang.

## 2. Metode

Dengan mengikuti tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memberikan rekomendasi desain di elemen bukaan maupun pembayang pada bangunan sebagai bentuk penghematan energi, maka metode yang digunakan penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif digunakan karena penghematan energi bersifat kuantitatif, karena memiliki ekspresi matematis yang dapat diolah dan diukur. Penelitian yang menerapkan metode kuantitatif akan mencoba untuk meneliti suatu sampel atau populasi dengan menggunakan data dengan karakteristik yang dapat diukur, atau bersifat kuantitatif.

### 2.1 Tahap Pengumpulan Data

Selama proses pengumpulan data, berdasarkan jenis datanya secara garis besar bisa dibagi menjadi 2, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang diambil antara lain adalah wawancara terbuka terhadap pengguna bangunan, dokumentasi dan observasi langsung, pengukuran data fisik pada objek studi secara langsung, serta pengukuran data. Untuk data sekunder yang diambil adalah studi terdahulu, baik buku ataupun jurnal ilmiah, serta data yang diperoleh dari pemerintahan. Data yang diperoleh dari pemerintah seperti data iklim BMKG diperlukan karena data – data tersebut diambil oleh tenaga ahli sehingga memiliki kredibilitas tinggi.

### 2.2 Tahap Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah secara kuantitatif eksperimental menggunakan simulasi permodelan yang nantinya akan dianalisis untuk menentukan rekomendasi desain yang dapat menjawab permasalahan pada objek studi.

**Tabel 1. Variabel Penelitian**

Variabel Independen	Sub-Variabel Independen	Variabel Dependen	Indikator
Bukaan	Ukuran Bukaan	Iluminasi	Standar Kenyamanan Visual
	Material Kaca Bukaan	Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Bangunan	Potensi Ekonomi
Pembayang	Jenis Pembayang	Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Bangunan	Penghematan Energi
	Ukuran Pembayang		

Penelitian ini berfokus pada studi terhadap kinerja penghematan energi dari bukaan dan pembayang pada Gedung Layanan Bersama. Kinerja penghematan energi disini dibatasi hanya kinerja yang dipengaruhi oleh sinar dan radiasi matahari, sehingga didalamnya

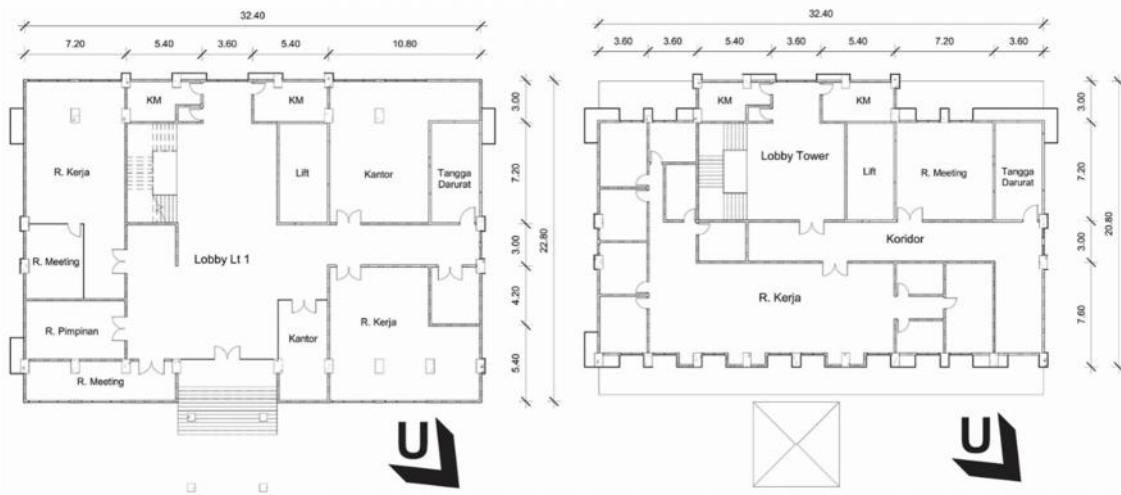
termasuk mengoptimalkan pencahayaan alami serta mengurangi beban pendinginan dari radiasi matahari. Hasil dari studi ini didapat dari memodifikasi dan mensimulasikan masing – masing elemen bangunan terpilih dengan indikator yang telah dijelaskan pada sebelumnya. Selain itu, pada proses memodifikasi baik bukaan dan pembayang tersebut, aspek potensi ekonomi juga ikut dipertimbangkan.

Pada tahap simulasi, program yang digunakan adalah program *Autodesk Insight*, dengan jenis simulasinya adalah simulasi pencahayaan alami dan simulasi energi. Kemudian, hasil dari masing – masing tahap modifikasi tersebut dibandingkan dengan kondisi eksisting, baik dari kinerja penghematan energinya maupun potensi ekonominya.

Sebelum proses simulasi dilaksanakan, sampel pada ruangan yang disimulasi ditentukan terlebih dahulu. Terdapat 4 sampel ruang yang dipilih untuk disimulasikan pencahayaan alaminya, yaitu lobby utama lantai dasar, lobby tower, koridor, beserta ruang kerja *open-plan* yang semuanya berada di lantai 3. Sedangkan pada simulasi energi, bangunan secara keseluruhan dimasukkan untuk dilakukan simulasi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Gedung Layanan Bersama merupakan gedung perkantoran berlantai banyak yang berlokasi di Kompleks Universitas Brawijaya, tepatnya di Jl.MT. Haryono, Kota Malang. Bangunan ini termasuk bangunan baru jika dibandingkan dengan bangunan – bangunan lainnya di Universitas Brawijaya. Gedung Layanan Bersama baru resmi dioperasikan pada tahun 2015, dan digunakan oleh banyak instansi di Universitas Brawijaya seperti LPP-M, LP3-M, BUA, BUNA, dan lain – lain. Semua instansi tersebut menempati lantai 1 – 8 pada bangunan tersebut, dengan 2 lantai teratas masih belum difungsikan. Lantai 1 dan 2 pada bangunan ini berbentuk podium, sedangkan lantai 3 hingga 10 memiliki bentuk tipikal tower.



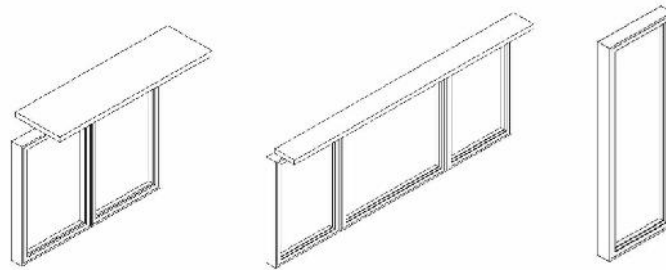
Gambar 1. Denah Lantai 1 dan 3 Gedung Layanan Bersama

Bangunan ini, sebagai bangunan yang dapat dikategorikan menjadi high-rise building, mayoritas menggunakan alat – alat pengkondisian buatan, baik itu lampu sebagai alat pengkondisian cahaya / visual buatan, maupun AC sebagai alat pengkondisian udara buatan. Lampu yang digunakan di bangunan ini sebagian besar adalah lampu TL, terutama

pada ruang – ruang yang berukuran luas, sedangkan sistem pengondisian buatan yang digunakan adalah sistem AC split.

Di lantai 1 terdapat sebuah lobby besar yang menghubungkan entrance bangunan ke beberapa ruang kerja 2 instansi yang ditempatkan disana. Lalu, pada lantai 2 terdapat void bangunan yang terletak tepat diatas lobby utama pada lantai 1. Pada bagian tower bangunan juga terdapat lobby – lobby kecil yang digunakan sebagai ruang transisi menuju ke ruangan kerja masing – masing instansi tersebut. Selain ruang kerja, di setiap lantai bangunan juga memiliki meeting room untuk masing – masing instansi yang terdapat di lantai tersebut. Tata ruang pada lantai – lantai tower ini memiliki perbedaan di tiap – tiap lantainya, yaitu sesuai dengan kebutuhan ruang – ruang yang dibutuhkan oleh masing – masing instansi tersebut.

Terdapat 3 tipe bukaan yang terdapat didalam bangunan ini, dengan ukuran dan lokasinya sendiri – sendiri. Bukaan tersebut merupakan salah satu fokus utama dari penelitian ini. Berikut ilustrasi beserta spesifikasi bukaan yang terdapat didalam bangunan ini, antara lain:



Gambar 2. Ilustrasi Bukaan I, II, III

**Tabel 2. Spesifikasi Bukaan**

Bukaan I	Dimensi: 1,6 x 1,2 m Jenis: Awning Lokasi: Sisi utara dan selatan bangunan (Lantai 3 – 8) Jumlah: 72
Bukaan II	Dimensi: 2,9 x 1,15 m Jenis: Awning Lokasi: Sisi utara (Lt. 1 & 2) & sisi selatan (Lt. 1-8) Jumlah: 16
Bukaan III	Dimensi: 0,65 x 1,9 m Jenis: Awning Lokasi: Sisi timur (Lt. 3 – 8) & sisi barat (Lt. 1 – 8) Jumlah: 28

### 3.1 Proses Modifikasi

Pada tiap – tiap modifikasi elemen bangunan, masing – masing dari elemen bangunan tersebut memiliki indikator dan parameternya sendiri, sesuai dengan yang tercantum pada tabel variabel. Proses modifikasi ini berjalan secara serial, yang diharapkan dapat secara mudah menentukan rekomendasi yang terbaik. Berikut proses modifikasi yang dilakukan di penelitian ini, antara lain:

#### 3.1.1 Proses Modifikasi Bukaannya

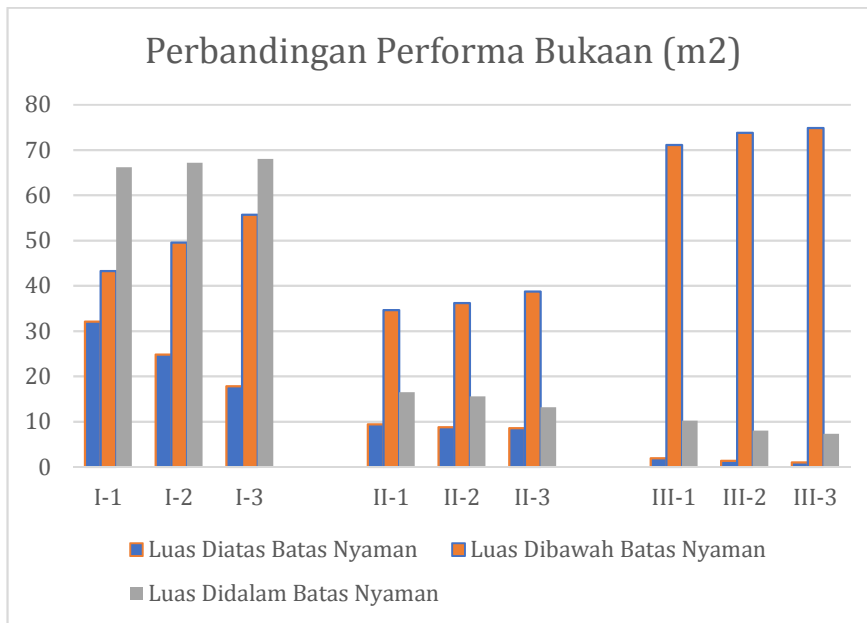
**Tabel 3. Skenario Simulasi Bukaannya**

Bukaan	Alt.	Tinggi (cm)	Waktu			
I	1	195	21 Maret	21 Juni	23 September	22 Desember
	2	170				
	3	155				
II	1	285				
	2	260				
	3	240				
III	1	210				
	2	185				
	3	165				

Seperti pada tabel diatas, *Daylighting Simulation* yang dilakukan pada tahap ini dilakukan pada 9 alternatif bukaan (1 jenis bukaan 3 jenis alternatif ukuran) pada 4 waktu berbeda (21 Maret, 21 Juni, 22 September dan 23 Desember) pukul 12 siang. Ruang yang diteliti adalah lobby utama lantai dasar, lobby tower, koridor kantor beserta ruang kerja pada lantai 3. Sedangkan ukuran pembayang tetap menggunakan pembayang eksisting. Batas kenyamanan yang digunakan disini berkisar antara 250-750 lux, yaitu standar tingkat kenyamanan visual pada ruang kantor intensitas rendah (250 lux) dan tinggi (750 lux).

**Tabel 4. Perbandingan Performa Alternatif Bukaannya**

Bukaan	Alternatif	% Diatas Batas Nyaman	Luas Diatas Batas Nyaman	% Dibawah Batas Nyaman	Luas Dibawah Batas Nyaman	% Didalam Batas Nyaman	Luas Didalam Batas Nyaman
I	1	22.68%	32.109 m <sup>2</sup>	30.57%	43.277 m <sup>2</sup>	46.76%	66.200 m <sup>2</sup>
	2	17.54%	24.836 m <sup>2</sup>	35.00%	49.560 m <sup>2</sup>	47.46%	67.190 m <sup>2</sup>
	3	12.61%	17.856 m <sup>2</sup>	39.36%	55.729 m <sup>2</sup>	48.03%	68.001 m <sup>2</sup>
II	1	15.57%	9.433 m <sup>2</sup>	57.24%	34.675 m <sup>2</sup>	27.19%	16.473 m <sup>2</sup>
	2	14.55%	8.817 m <sup>2</sup>	59.74%	36.192 m <sup>2</sup>	25.70%	15.572 m <sup>2</sup>
	3	14.20%	8.604 m <sup>2</sup>	64.01%	38.776 m <sup>2</sup>	21.79%	13.202 m <sup>2</sup>
III	1	2.30%	1.912 m <sup>2</sup>	85.42%	71.098 m <sup>2</sup>	12.29%	10.227 m <sup>2</sup>
	2	1.68%	1.401 m <sup>2</sup>	88.70%	73.832 m <sup>2</sup>	9.62%	8.003 m <sup>2</sup>
	3	1.26%	1.045 m <sup>2</sup>	89.93%	74.855 m <sup>2</sup>	8.81%	7.337 m <sup>2</sup>



Gambar 3. Grafik Perbandingan Performa Alternatif Bukaannya

Perbandingan hasil simulasi diatas menunjukkan bahwa pada Bukaannya I, alternatif ketiga (tinggi 1,55 m) memiliki pencahayaan paling optimal dibandingkan alternatif bukaannya yang lain (68m<sup>2</sup> berada didalam batas kenyamanan) dan dapat mengurangi silau sebanyak 10% tanpa mengurangi luasan yang berada didalam batas kenyamanan.

Sedangkan pada Bukaannya II dan III, semua performa masih bisa dianggap kurang, dengan rata – rata dari semua alternatif, tingkat pencahayaan masih terlalu gelap (Bukaannya II  $\pm 60\%$ , dan Bukaannya III  $\pm 90\%$ ). Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan dari bentukan dari masing – masing ruang itu sendiri yang tidak mendukung digunakannya pencahayaan alami. Pada lobby tower, sisi dimana bukaannya II dipasang, lebih sempit jika dibandingkan dengan sisi lain lobby, yang terhalang oleh adanya kamar mandi. Untuk koridor, perbandingan kedalaman ruang dan tinggi jendela terlalu besar, sehingga sulit untuk sepenuhnya bergantung pada pencahayaan alami. Namun, meski seluruh performa alternatif bukaannya II & III belum bisa dikatakan ideal, alternatif II-1 & III-1 lebih unggul dibandingkan dengan alternatif lainnya.

### 3.1.2 Proses Modifikasi Pembayang

Modifikasi pembayang yang dilakukan tidak hanya spesifik terhadap masing – masing jenis bukaannya, namun modifikasi dibedakan berdasarkan orientasi dari bukaannya – bukaannya itu sendiri. Sedangkan untuk jenis pembayang yang dipilih adalah horizontal overhang, dengan panjang yang sesuai target OHR (*Overhang to window height ratio*) yang ditentukan.

Berikut skenario – skenario modifikasi yang dilakukan pada tahap simulasi energi ini antara lain:

**Tabel 5. Skenario Simulasi Pembayang**

Alternatif	OHR			
	Utara	Selatan	Timur	Barat
1	0,167	0,167	0,167	0,167
2	0,25	0,25	0,25	0,25
3	0,334	0,334	0,334	0,334
4	0,5	0,5	0,5	0,5
5	0,67	0,67	0,67	0,67

Setelah kelima alternatif pembayang tersebut disimulasikan, data yang keluar dari software Autodesk Insight adalah data IKE (Intensitas Konsumsi Energi) bangunan. Berikut tabel pengaruh OHR di masing – masing orientasi bukaan terhadap IKE, jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, beserta IKE tiap – tiap alternatif:

**Tabel 6. Perbandingan Performa Alternatif Pembayang**

Alternatif	Perubahan IKE					IKE TOTAL
	Utara	Selatan	Timur	Barat	Total	
1	-1.92	-0.38	-0.05	-0.23	-2.58	146.98
2	-2.34	-0.53	-0.07	-0.33	-3.27	146.29
3	-2.71	-0.66	-0.09	-0.08	-3.54	146.02
4	-3.28	-0.85	-0.13	-0.57	-4.83	144.73
5	-3.63	-0.94	-0.17	-0.69	-5.43	144.13

Dari 5 alternatif pembayang disimulasikan menggunakan simulasi energi Autodesk Insight, desain pembayang pada alternatif 5 merupakan alternatif yang dapat menghemat konsumsi energi bangunan paling baik dibandingkan dengan 4 alternatif pembayang lainnya. Selain itu, pengaruh pembayang pada masing – masing orientasi bukaan juga dapat terlihat dengan jelas. Bukaan yang memiliki arah hadap utara, memiliki dampak terbesar terhadap penghematan energi pada saat ditambahkan pembayang lebih.

Alternatif pembayang terpilih adalah alternatif ke-5 dengan OHR 0,67, dan jika OHR tersebut dikonversikan ke masing – masing jenis bukaan, maka panjang pembayang yang dihasilkan adalah: Bukaan I = 103,85 cm; Bukaan II = 190,95 cm; Bukaan III = 140,7 cm.

### 3.1.3 Proses Modifikasi Material

Pada tahap ini, material yang dianalisa dan dimodifikasi adalah material kaca dari bukaan bangunan. Proses penentuan material bukaan ini adalah dengan membandingkan potensi penghematan energi dengan potensi ekonomi dari masing – masing material. Berikut adalah hasil dari modifikasi material tersebut:

**Tabel 7. Perbandingan Performa Alternatif Material**

Jenis Kaca	IKE	Selisih	Penghematan /bulan	Waktu Balik Modal
Kaca Bening	144.13	-	Rp 1,681,107.75	6 tahun 4 bulan
Kaca Bening Lapis Ganda	143.45	-0.68	Rp 2,028,570.75	6 tahun 8 bulan
Kaca Rendah Emisi Lapis Ganda	143.84	-0,29	Rp 1,829,290.50	17 tahun 1 bulan
Kaca Rendah Emisi 3 Lapis	141.71	-2,42	Rp 2,917,667.25	15 tahun 7 bulan



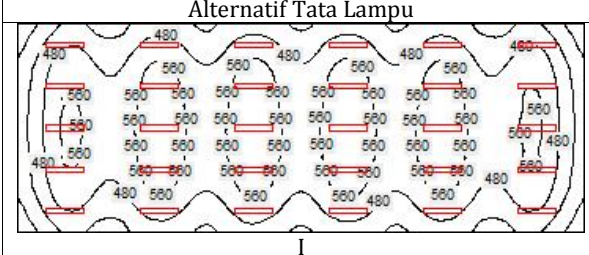
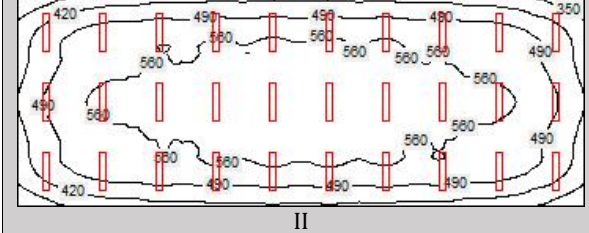
Menurut perbandingan diatas, jenis material kaca dari bukaan yang memiliki potensi ekonomi dan penghematan paling optimal adalah Kaca Bening Lapis Ganda.

### 3.1.4 Proses Modifikasi Tata Lampu

Selain dengan melakukan modifikasi - modifikasi elemen bangunan seperti pada sebelumnya, yaitu bukaan dan pembayang, penghematan penggunaan listrik juga dapat dilakukan dengan mengoptimasi tata lampu dari ruang - ruang di bangunan itu sendiri. Dengan adanya modifikasi tata lampu ini, diharapkan lampu - lampu yang ada di ruangan tidak berlebihan namun tetap nyaman secara visual. Pada tahap ini, jenis ruang yang dimodifikasi tata lampunya adalah ruangan berjenis open-plan office, yang sudah diteliti sebelumnya.

Tata lampu di ruang tersebut dimasukkan dan dianalisis menggunakan DIALux Light, untuk menentukan tata lampu optimal didalam ruangan tersebut. Rata - rata intensitas cahaya yang digunakan didalam analisis ini adalah 500 lux. Jenis lampu yang digunakan adalah lampu eksisting yang ada di ruangan, yaitu lampu Philips TL 36W. Berikut alternatif tata lampu pada ruangan, yaitu:

**Tabel 8. Perbandingan Performa Alternatif Tata Lampu**

Alternatif Tata Lampu	Spesifikasi & Performa
 <p style="text-align: center;">I</p>	<p>Jumlah lampu: 30 (6 x 5)                      Lux maks.: 627 lux                      Lux rata - rata: 503 lux                      Lux min.: 270 lux</p>
 <p style="text-align: center;">II</p>	<p>Jumlah lampu: 30 (10 x 3)                      Lux maks.: 609 lux                      Lux rata - rata: 514 lux                      Lux min.: 288 lux</p>

Jika dibandingkan dengan kedua tata lampu alternatif yang disarankan, kondisi eksisting cenderung lebih membuang - buang energi dengan 36 lampu. Dari kedua alternatif tersebut, dipilihlah alternatif kedua, dengan beberapa pertimbangan seperti lux rata - rata yang lebih tinggi, lux minimumnya lebih tinggi (penyebaran lebih merata), kemudian kontur cahaya yang dihasilkan dari alternatif kedua lebih halus dan tidak fluktuatif.

Untuk menghitung penghematan open-plan office per meter persegi, diperlukan penentuan skenario tata lampu di ruangan yang diteliti, menggunakan tata lampu yang direkomendasikan. Hal tersebut dilakukan pada 12 waktu, bulan Maret, Juni, September, dan Desember, pada pagi, siang, dan sore hari. Penghematan tersebut dirata - rata, kemudian dibagi dengan luasan ruangan terteliti. Penghematan yang dihasilkan sampai pada tahap ini adalah 0,0489 kWh/m<sup>2</sup>/bulan.

Hasil dari perhitungan diatas, yaitu penghematan per meter persegi per bulan, digunakan untuk menghitung hasil penghematan total di *open-plan office* dan ruang – ruang terbuka sejenis yang ada di seluruh bangunan.

**Tabel 9.Perhitungan Penghematan Tata Lampu di Seluruh Bangunan**

Lantai	Luas (m2)	Penghematan (kWh)
1	288.00	14.0832
2	332.54	16.261206
3	193.42	9.458238
4	209.52	10.245528
5	0	0
6	195.48	9.558972
7	244.80	11.97072
8	0	0
9	337.32	16.494948
10	387.36	18.941904
Total	2188.44	107.014716

Dengan merubah tata lampu dari ruangan *open-plan office* dan ruangan yang memiliki tata lampu sejenis, maka penghematan per bulan yang dapat dicapai adalah berkisar 107 kWh / bulan. Selain berkurangnya lampu total pada ruangan (38 → 30), penggunaan lampu *TL single fixture* pada alternatif dengan jumlah yang lebih banyak dianggap lebih hemat jika dibandingkan dengan penggunaan lampu *TL double fixture* seperti pada kondisi eksisting.



Gambar 4. Double Fixture (kiri) dan Single Fixture (kanan)  
(Sumber: dokumen pribadi dan Alibaba.com)

### 3.2 Proses Perhitungan Biaya

Pada proses perhitungan biaya ini, hal yang diperhitungkan adalah biaya material renovasi, yang didalamnya termasuk luasan kaca, panjang frame alumunium, panjang tulangan besi, dan volume beton yang dibutuhkan. Jika biaya bahan – bahan yang dibutuhkan tersebut ditotal, maka akan menghasilkan biaya sebesar Rp. 161.624.450,00.

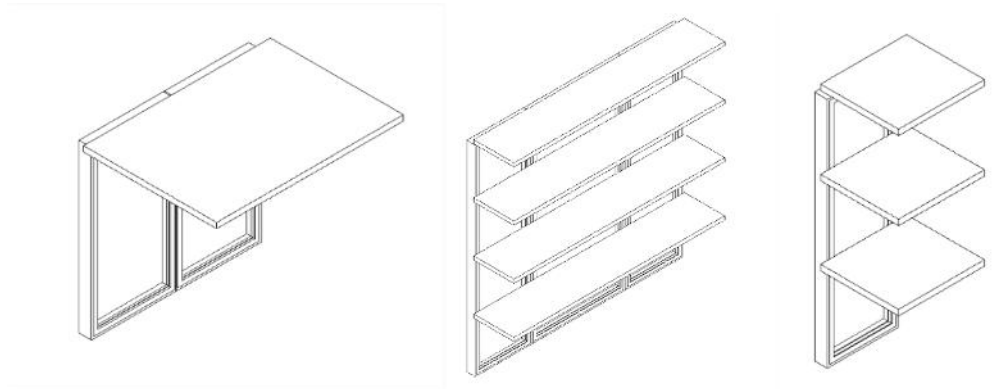
Untuk perhitungan penghematan energi listrik, kurang lebih dapat dibagi menjadi 2, yaitu perhitungan penghematan penggunaan lampu per bulan (107 kWh/bulan) dan penghematan listrik secara total. Penghematan listrik total ini diperoleh dengan cara

menghitung selisih IKE eksisting hasil simulasi, dengan rekomendasi akhir hasil simulasi, yang menghasilkan angka 3,97 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Kemudian selisih tersebut dikalikan dengan luas bangunan (6813 m<sup>2</sup>) dan harga listrik per kWh. Satuan harga listrik yang digunakan adalah harga listrik bangunan sosial, karena Gedung Layanan Bersama masih masuk di kawasan pendidikan, yang memiliki harga sebesar Rp. 900,00 /kWh. Penghematan per bulan secara keseluruhan yang dihasilkan adalah sebesar Rp. 2.124.863,51.

Hal terakhir yang dilakukan pada proses perhitungan biaya disini adalah waktu balik modal, yang dapat diketemukan dengan membagi biaya material dengan total penghematan per bulan, yang menghasilkan waktu balik modal sekitar 6 tahun 4 bulan.

#### 4. Kesimpulan

Setelah bangunan Gedung Layanan Bersama diteliti melalui proses analisis visual, pengukuran, simulasi dan juga perhitungan pengukuran biaya, terdapat beberapa perubahan terhadap kondisi bukaan dan pembayang yang dapat diaplikasikan kedalam bangunan. Dengan diterapkannya perubahan – perubahan tersebut, diharapkan Gedung Layanan Bersama dapat mengkonsumsi energi secara lebih hemat dan efisien. Berikut ilustrasi rekomendasi desain dari bukaan dan pembayang:

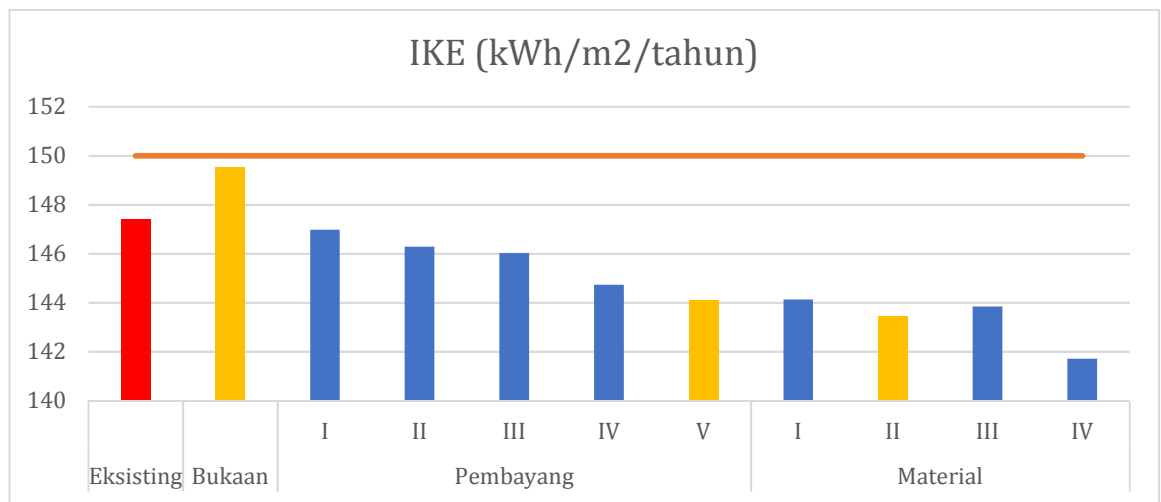


Gambar 5. Rekomendasi Desain dari Bukaan dan Pembayang

Rekomendasi – rekomendasi yang disarankan, baik ukuran bukaan, pembayang, maupun material dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan tingkat konsumsi energi bangunan secara keseluruhan. Berikut hasil dari tahapan – tahapan simulasi dari kondisi eksisting hingga tahap akhir simulasi:

**Tabel 10. Perbandingan IKE pada Tahapan Simulasi**

Langkah	Eksisting	Bukaan	Pembayang					Material			
			I	II	III	IV	V	I	II	III	IV
IKE (kWh/m <sup>2</sup> /tahun)	147.42	149.56	146.98	146.29	146.02	144.73	144.13	144.13	143.45	143.84	141.71



Gambar 6. Perbandingan IKE pada Tahapan Simulasi

Apabila rekomendasi desain ini diterapkan, dan dengan mempertimbangkan skenario lampu pada bangunan, bangunan diharapkan bisa lebih hemat dalam penggunaan energinya, dengan penghematan tiap bulan mencapai angka sekitar Rp 2.124.863,51. Dan modal dari renovasi rekomendasi desain ini bisa dibalik modal dalam kurun waktu 6 tahun 4 bulan, dengan nilai IKE sebesar 143.45 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Nilai tersebut sudah memenuhi standar ASHRAE 90.1 (149 kWh/m<sup>2</sup>/tahun) dan standar IKE di Indonesia (240 kWh/m<sup>2</sup>/tahun).

### Daftar Pustaka

- Lechner, N. 2015. *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Method for Architects, 4th Edition*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Ching, F.D.K. 2014. *Building Construction Illustrated, 5th Edition*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- A, Katili. 2015. Space Cooling in Buildings in Hot and Humid Climates – a Review of the Effect of Humidity on the Applicability of Existing Cooling Technique. *14th International Conference on Sustainable Energy Technologies*. SET. 2015. Nottingham, UK.
- L, Perez-Lombard, J. Ortiz, dan C. Pout. 2008. A review on buildings energy consumption information. *Energi Build*. Vol. 40:394 – 398.
- K. Alghoul dkk. 2011. Perspectives of double skin facade systems in buildings and energy saving. *Renew. Sustain. Energy Rev*.15. 3:1468–1475.
- Rahmani Asl, Mohammad, Saied Zarrinmehr, dan Wei Yan. 2013. Towards BIM-based Parametric Building Energy Performance Optimization. *ACADIA*. 13:101 – 108.
- Ossen, Dilshan R., Mohd Hamdan Ahmad, dan Nor Haliza Madros. 2005. Optimum Overhang Geometry for Building Energy Saving in Tropical Climate. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 4. 2:563 – 570.