

PENERAPAN KONSEP *SMART BUILDING* PADA SISTEM PENERANGAN DAN *ROOFTOP TOWER A* APARTEMEN *PARAHYANGAN RESIDENCE – BANDUNG*

Agung Nurdiansyah¹⁾, Dea Anggiri Isdar¹⁾, Mei Sutrisno²⁾, Dwi Septiyanto²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir Ds.Ciwaruga Bandung 40012
Email :agung.civil_eng@yahoo.co.id , deanggirisdar@gmail.com
²⁾Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir Ds.Ciwaruga Bandung 40012

Abstrak

Meningkatnya kebutuhan akan kenyamanan dan kemudahan layanan yang didukung oleh teknologi otomatis pada bangunan, menyebabkan diperlukannya pengembangan pelayanan bangunan untuk memberikan kepuasan pada pengguna bangunan. *Smart building* merupakan sebuah konsep bangunan yang dapat memberikan teknologi otomatis tersebut untuk memenuhi kenyamanan layanan dan efisiensi bangunan. Penerapan konsep *smart building* yang direncanakan pada apartemen Tower A berupa pemanfaatan ruang kosong yang berada pada rooftop bangunan menjadi sebuah *café* dengan tema *roof garden* yang menggunakan sistem atap fleksibel. Besar biaya yang dibutuhkan dalam menerapkan atap fleksibel pada *café* tersebut dianggarkan sebesar Rp. 207.000.000. Selain itu, akan dilakukan kontrol sistem penerangan apartemen menggunakan sensor. Penambahan sensor pada sistem penerangan ini memperoleh efisiensi pada biaya operasional apartemen setiap tahunnya. Selain itu, *cash flow* aset selama 20 tahun, mulai dari tahun 2015 terkait *replacement*, *maintenance*, dan nilai sisa aset mengalami efisiensi sebesar 27% yaitu Rp. 1.632.185.713 dari kondisi eksisting.

Kata kunci : *smart building*, *roof garden*, atap fleksibel, kenyamanan, kemudahan, efisiensi energi.

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman yang diikuti dengan kemajuan teknologi, kebutuhan akan kemudahan pada sebuah hunian dengan dukungan teknologi otomatis semakin meningkat. Teknologi otomatis ini memberikan kemudahan bagi penghuni/ pengguna bangunan dan dapat meminimalisir penggunaan energi dengan baik. *Smart building* merupakan sebuah konsep teknologi otomatis pada bangunan yang dapat memberikan kenyamanan dan efisiensi tersebut. Konsep *smart building* memiliki nilai investasi awal yang tidak sedikit dan tidak murah, namun tidak sedikit pula manfaat yang dapat diperoleh

dengan menerapkan konsep tersebut.

Kenyamanan dan kemudahan yang diberikan konsep *smart building* merupakan langkah peningkatan layanan bangunan yang dapat diterapkan pada beberapa elemen bangunan, seperti atap. Umumnya atap dirancang secara permanen, namun untuk meningkatkan layanan bangunan atap dapat dirancang secara fleksibel sehingga dapat bergerak terbuka dan tertutup. Atap tersebut seringkali dijumpai pada tempat yang memiliki keindahan alam sekitarnya seperti *café* yang terletak pada rooftop bangunan. *Café* tersebut umumnya mengusulkan tema *roof garden* yang memiliki prinsip terbuka. Atap fleksibel

diterapkan untuk menjamin kenyamanan pengunjung dan keefisienan café. Terbuka/tertutupnya atap dapat disesuaikan dengan cuaca, sehingga café tetap dapat beroperasi tanpa mengganggu kenyamanan pengunjung.

Di samping itu, penerapan konsep *smart building* dapat memberikan efisiensi energi bangunan. Konsep ini diterapkan untuk sistem penerangan bangunan. Sistem penerangan buatan yang dikontrol secara manual menjadi salah satu penyebab pemborosan energi listrik. Kelalaian pengguna dalam hal *switching power* dari *on* ke *off* seringkali menyebabkan penggunaan energi listrik terbuang percuma. Efisiensi energi listrik dapat diperoleh dengan mengoptimalkan penggunaan penerangan alami di siang hari dan menggunakan penerangan buatan (lampu) sesuai kebutuhan. Hal ini dilakukan dengan mengintegrasikan penerangan alami dan penerangan buatan dengan alat kontrol/sensor yang berkonsep *smart building*, sehingga efisiensi energi pada bangunan dapat diperoleh. Sehubungan dengan hal-hal tersebut, maka penelitian tentang penerapan konsep *smart building* pada sistem penerangan dan rooftop tower A apartemen Parahyangan Residence – Bandung dilakukan.

TUJUAN

Penelitian ini bertujuan :

- a. Untuk mengkaji penerapan konsep *smart building* dalam perencanaan kafe yang bertemakan roof garden pada rooftop bangunan dan menghitung anggaran biaya yang dibutuhkan.
- b. Untuk mengkaji jenis sensor yang dapat diterapkan, menghitung biaya operasional sistem penerangan, menghitung besarnya efisiensi yang diperoleh, menghitung anggaran biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan konsep tersebut.

BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Membahas penerapan konsep *smart building* berupa peningkatan kenyamanan layanan dan efisiensi bangunan dengan merencanakan café yang bertemakan roof garden pada rooftop bangunan dan menghitung besarnya anggaran biaya yang dibutuhkan.
- b. Menentukan jenis sensor yang dapat diterapkan, menghitung biaya operasional sistem penerangan, menghitung besarnya efisiensi yang diperoleh, menghitung anggaran biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan konsep tersebut.

LANDASAN TEORI

Ada beberapa pendapat mengenai smart building, salah satunya adalah pendapat dari Tina Casey (2013) yang menyatakan bahwa, *Smart building is one that achieves significant energy savings by taking advantage of improved technology and materials in terms of structure, appliance, electric systems, plumbing and HVACR (Heat, Ventilation, AC, Refrigeration Systems)*. Pernyataan tersebut kurang lebih berarti bahwa, *smart building* merupakan bangunan yang direncanakan untuk memperoleh penghematan energi yang signifikan melalui keunggulan pengembangan material dan teknologi dalam bidang struktur, peralatan, elektrik, pemipaan, pemanasan, ventilasi, AC, dan sistem pendingin. Sedangkan mengenai keunggulan teknologi *smart buildings*, Jessica Lyons Hardcastle (2013) berpendapat bahwa, *smart buildings technology boots operational efficiency, helps buildings save water and energy, and reduces their carbon footprints. Carbon footprint is defined as the total set of greenhouse gas emissions caused by individual, events, organisations, product expressed as CO2* (Wikipedia 20116), yang artinya kurang lebih adalah : teknologi smart building meningkatkan efisiensi operasional bangunan, menghemat air dan energi serta dapat mengurangi gas emisi rumah kaca (CO2).

Herry Rosadi (2014) menyatakan bahwa tujuan utama solusi *Smart Building Management System* adalah biaya pengelolaan gedung yang lebih efisien, karena itu konsumsi energi seperti listrik lebih rendah, komputerisasi pengelolaan gedung untuk menekan *human error*, dan peningkatan pada kenyamanan dan keamanan manajemen gedung. Riyanto Mashan seperti yang dikutip oleh Herry Rosadi (2016) menyatakan bahwa smart building juga akan membantu penghuni, pemilik gedung, operator, dan manajemen gedung mengoptimalkan penggunaan ruang dan meminimalkan dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan sekitar.

METODOLOGI

Dalam penelitian ini, diperlukan adanya tahapan yang tersusun secara sistematis dan jelas. Tahapan dalam penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data, pemahaman studi literatur, pembahasan dan analisis serta penarikan kesimpulan dari hasil pembahasan.

PERENCANAAN DAN ANALISIS

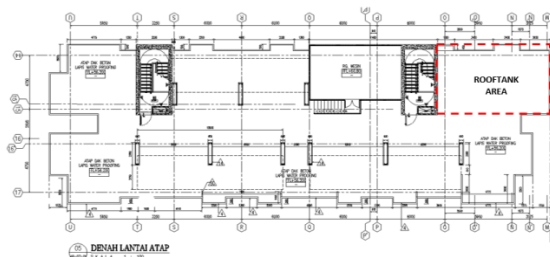
Konsep Perencanaan *Smart Building* Terhadap Layanan Bangunan

Besarnya kebutuhan penghuni/pengguna bangunan akan kemudahan dan kenyamanan layanan bangunan dengan sentuhan teknologi otomatis, menjadi

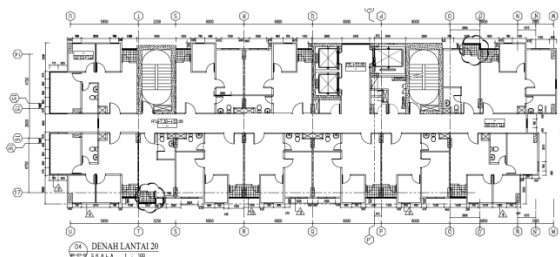
dasar rencana pemanfaatan ruang pada *rooftop* bangunan Tower A menjadi sebuah café yang bertemakan *roof garden*. Letak café yang berada di *rooftop* bangunan serta konsep terbuka yang dimiliki café ini membuat pemandangan yang disajikan akan sangat menawan, dan udara alami café ini mampu membuat pengunjung nyaman saat berada disana.

Kondisi Eksisting

Bangunan Apartemen Tower A memiliki *rooftop* yang terdapat pada lantai 19. *Rooftop* ini memiliki ruang kosong yang tidak difungsikan. Pada bagian belakang atau bagian barat lantai *rooftop*, terdapat tempat penyimpanan *rooftank*. Denah lantai *rooftop* ini terdapat pada **Gambar.2** dan **Gambar.3**, dengan area yang diberi garis merah putus-putus adalah tempat penyimpanan *rooftank* tersebut dan **Gambar.3** merupakan gambar denah eksisting lantai 20.



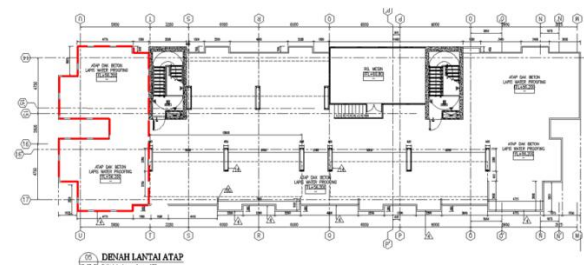
Gambar 2. Denah Eksisting Lantai Atap TowerA



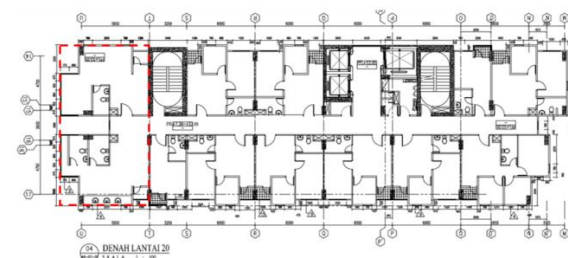
Gambar 3. Denah Eksisting Lantai 20 Tower A

Perencanaan Peningkatan Layanan Berkonsep *Smart Building*

Café ini akan dibangun pada bagian timur *rooftop* dengan luas sebesar 114,61 m², dengan 26,55 m² dari luas tersebut digunakan untuk *Pantry*. Hal ini diperlihatkan pada **Gambar.4** dengan garis merah putus-putus. *Pantry* berfungsi sebagai dapur kering yang lebih sering digunakan untuk menyiapkan makanan ringan dan minuman. Sedangkan dapur basah yang digunakan untuk memasak makanan direncanakan berada pada lantai dibawahnya, yaitu lantai 20. Pada lantai ini di sewa 2 (dua) buah unit kamar yang terletak tepat dibawah café. Selain digunakan untuk dapur, juga digunakan tempat penyimpanan bahan-bahan makanan (*storage*) dan toilet pengunjung maupun pelayan café. Unit kamar tersebut diperlihatkan pada **Gambar.5**.



Gambar 4. Lokasi Perencanaan Café pada Rooftop TowerA



Gambar 5. Lokasi Perencanaan Dapur (Storage) dan Toilet Café pada Lantai 20

Perencanaan pembuatan café di *rooftop* Tower A merupakan perwujudan dari peningkatan pelayanan bagi penghuni apartemen dengan konsep *smart building*. Café bertemakan *roof garden* ini direncanakan selalu terbuka sehingga tidak dibutuhkan energi yang besar dalam pengoperasiannya. Hal ini dikarenakan café dapat menggunakan energi secara alami, tidak dibutuhkan penerangan dan penghawaan buatan. Disamping itu untuk menjamin kenyamanan pengunjung dan keefisiensian café akan atap yang selalu terbuka ini dibuat atap fleksibel yang dilengkapi dengan *remote control* agar atap dapat bergerak terbuka dan tertutup secara otomatis. Perencanaan café yang bertemakan *roof garden* ini diperlihatkan pada **Gambar.6** berikut ini.

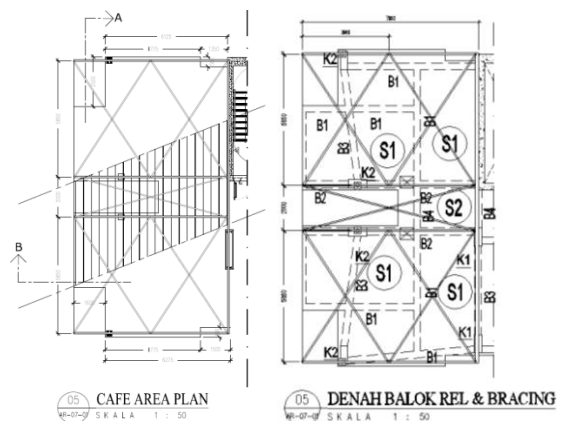


Gambar 6. 3D tampak café

Perencanaan Atap Fleksibel

Atap fleksibel yang digunakan pada café ini berfungsi sebagai pelindung café pada saat cuaca panas terik ataupun saat cuaca hujan. Sistem otomatisasi pada atap ini adalah salah satu perwujudan dari konsep

smart building yang diterapkan pada café. Denah rencana atap fleksibel pada area café yang akan dipasang pada lantai *rooftop* ini diperlihatkan pada **Gambar.7**. Perencanaan kafe ini diutamakan pada elemen atap fleksibel tersebut. Pemasangan atap fleksibel menggunakan kolom baja bulat hollow dan beton tanpa tulangan sebagai pedestal dari kolom/ tiang penyangga. Untuk perkuatan antara kolom/ tiang penyangga dengan beton tersebut dilakukan pemasangan angkur agar keduanya memiliki ikatan yang stabil. Untuk balok, digunakan baja CNP, untuk balok ujung digunakan baja C 150.65.20.3,2 dan untuk balok tengah yaitu 2C 150.65.20.3,2 dengan menggunakan *bracing* pipa kotak *hollow* 60.60.3,2.



Gambar 7. Denah Rencana Atap Fleksibel

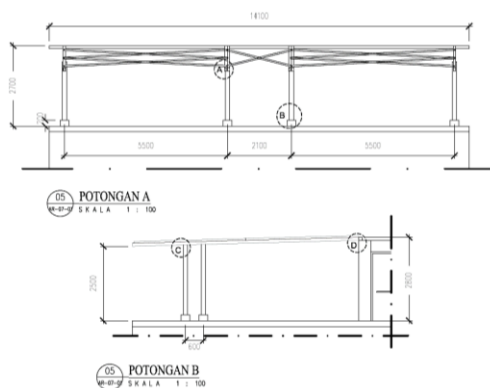
Gambar berikut menunjukkan keadaan kafe saat atap terbuka dan tertutup. Pada **Gambar.8** keadaan café saat atap terbuka dan **Gambar.9** menunjukkan keadaan kafe saat atap tertutup.



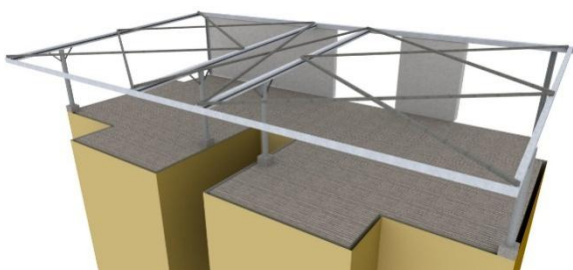
Gambar 8. 3D Perencanaan Café dengan Keadaan Atap Terbuka



Gambar 9. 3D Perencanaan Café deKeadaan Atap Tertutup



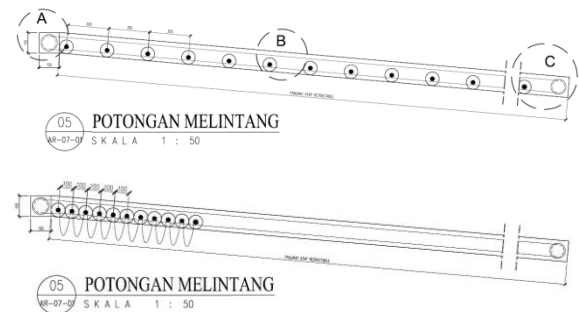
Gambar 10. Potongan A (atas) dan Potongan B (bawah)



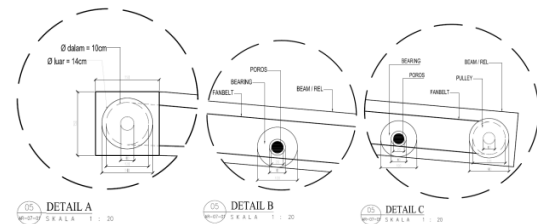
Gambar 11. Perspektif Struktur Atap Café

Perencanaan Komponen Atap Fleksibel

Selain struktur pendiri atap fleksibel, dibutuhkan alat-alat elektrikal dan mekanikal sebagai mekanisme otomatisasi atap fleksibel tersebut. Komponen penggerak atau otomatisasi dari atap fleksibel yang digunakan berupa alat-alat elektrik. Komponen-komponen ini merupakan satu kesatuan dari alat penggerak atap fleksibel. Perencanaan sistem atap fleksibel dari segi mekanikalnya dijelaskan pada **Gambar.12** dan **Gambar.13** berikut.



Gambar 12. Perspektif Struktur Atap Café



Gambar 13. Perspektif Struktur Atap Café

Bahan yang digunakan untuk penutup atap ini adalah kain *membrane*. *Membrane* ini merupakan bahan campuran *Polyester*, *PVC*, dan anyaman benang nylon sehingga kuat pada saat ditarik dan anti air, selain itu tenda *membrane* ini juga sering disebut *tension membrane*. Spesifikasi kain yang akan digunakan terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Tenda Membran

| IGLO PVC No. | Detail Specification | Jenis 1 |
|--------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | Base Fabric | PVC |
| 2 | Coating | PVC Acrilyc Lacquer |
| 3 | Total Weight (gr/mm2) | 1000 |
| 4 | Width (cm) | 250 |
| 5 | Thickness (mm) | 0.81-0.83 |
| 6 | Tensile Strength (N/5cm) | 4400/4100 |
| 7 | Tear Resistance (N) | 700 / 500 |
| 8 | Adhesion (N/5cm) | 100 |

Dengan spesifikasi pada tabel diatas, maka dapat dihitung berat keseluruhan berat penutup atap untuk menentukan jenis motor yang digunakan.

$$\text{Berat total penutup atap} = 1 \text{ Kg/m}^2 \times 110 \text{ m}^2$$

$$= 110000 \text{ gr} = 110 \text{ kg}$$

Untuk menentukan jenis motor/ kapasitas motor yang digunakan perlu menghitung terlebih dahulu momen torsi motor tersebut.

$$1 \text{ kg} = 7.233 \text{ lb.ft} = 9.807 \text{ Nm}$$

$$\text{Beban atap} = 110 \text{ kg} = 795.63 \text{ lb.ft}$$

$$= 149.145 \text{ Nm}$$

$$\text{Maka, torsi minimum} = 795.63 \text{ lb.ft}$$

$$\Leftrightarrow 149.145 \text{ Nm}$$

Menentukan daya motor untuk mendapat kecepatan motor yang sesuai untuk penutup atap, agar tidak terlalu cepat atau terlalu lambat pada saat menutup atau membuka atap.

$$T = 795.63 \text{ lb.ft}$$

$$n = 1 \text{ rpm} = 1 \text{ rotasi per menit}$$

$$= 1 \text{ rotasi} = 14 \text{ cm}$$

$$= 100 \text{ cm} = 7.14 \text{ rpm}$$

Kecepatan yang direncanakan yaitu $\frac{1}{2}$ menit per meter, maka dibutuhkan 14.28 rotasi untuk $\frac{1}{2}$ menit per meter.

$$n = 14.28 \text{ rpm}$$

$$\text{Maka, HP} = (T \times n)/5250$$

$$=(795.63 \times 14.28)/5250$$

$$= 2.16 \text{ HP} \Leftrightarrow 1614 \text{ watt}$$

Dengan demikian, daya/ kapasitas motor yang akan digunakan untuk pengoperasian atap fleksibel ini yaitu 1614 watt = 1.614 kw.

Rencana Anggaran Biaya Atap Fleksibel

Tabel 2. RAB Perencanaan Sistem Atap Fleksibel

| NO. | ITEM | SAT | JUMLAH | HARGA | TOTAL |
|--------------------|--|-----|--------|------------------|--------------------|
| A PEKERJAAN | | | | | |
| 1 | Pemasangan Canal CNP C 150.65.20.3.2 | kg | 347,27 | Rp. 23.840,00 | Rp. 8.278.916,80 |
| 2 | Pemasangan Pipa Hollow Bulat SCH40 6" | kg | 382,26 | Rp. 23.840,00 | Rp. 9.113.078,40 |
| 3 | Pemasangan Pipa Hollow Kotak 150x150 | kg | 321,38 | Rp. 23.840,00 | Rp. 7.661.699,20 |
| 4 | Pemasangan Bracing Pipa Kotak Hollow 60x60 | kg | 416,18 | Rp. 23.840,00 | Rp. 9.921.731,20 |
| 5 | Pengecoran 30x30x20 cm | m3 | 0,072 | Rp. 860.490,00 | Rp. 61.955,28 |
| 6 | Pemasangan Mekanikal Atap Otomatis | ls | 1 | Rp. 5.000.000,00 | Rp. 5.000.000,00 |
| 7 | Instalasi Elektrikal Atap Otomatis | ls | 1 | Rp. 2.000.000,00 | Rp. 2.000.000,00 |
| B BAHAN | | | | | |
| 8 | Pipa Hollow Bulat SCH40 6" | kg | 382,26 | Rp. 20.547,00 | Rp. 7.854.296,22 |
| 9 | Pipa Hollow Kotak 150x150x5 mm | kg | 321,38 | Rp. 14.925,00 | Rp. 4.796.596,50 |
| 10 | Canal CNP C 150.65.20.3.2 | kg | 347,27 | Rp. 8.985,72 | Rp. 3.120.470,98 |
| 11 | Bracing Pipa Kotak Hollow 60x60x3,2 mm | kg | 416,18 | Rp. 5.970,00 | Rp. 2.484.594,60 |
| 12 | Pedestal (K175) | m3 | 0,072 | Rp. 742.000,00 | Rp. 53.424,00 |
| 13 | Angkur Ø10mm | kg | 1,973 | Rp. 7.870,00 | Rp. 15.527,51 |
| 14 | Kain Tenda Membrane | kg | 109 | Rp. 1.199.500,00 | Rp. 130.745.500,00 |
| 15 | Fasbelt conveyor | m | 63 | Rp. 75.000,00 | Rp. 4.725.000,00 |
| 16 | Pulley | bh | 12 | Rp. 55.000,00 | Rp. 660.000,00 |
| 17 | Wheel / Bearing Ø100 mm | bh | 120 | Rp. 40.000,00 | Rp. 4.800.000,00 |
| 18 | Poros Tengah Stainless Hollow Ø1 cm | m | 274 | Rp. 20.000,00 | Rp. 5.480.000,00 |
| 19 | Motor Listrik | bh | 1 | | Rp. - |
| | | | | BAHAN | Rp. 164.735.409,81 |
| | | | | PEKERJAAN | Rp. 42.037.380,88 |
| | | | | TOTAL | Rp. 206.772.790,69 |

Total anggaran biaya untuk perencanaan atap fleksibel ini adalah Rp. 207.000.000 (dibulatkan).

Konsep Perencanaan Smart building terhadap Sistem Penerangan

Sistem penerangan apartemen Tower A akan diterapkan konsep *smart building* berupa penggunaan sensor. Konsep perencanaan penghematan apartemen ini menggunakan 2 (dua) jenis sensor yang dapat mengubah besaran sinar menjadi

tegangan dan arus listrik, yaitu sensor cahaya dan sensor gerak. Berikut adalah prinsip kerja kerja dari sensor cahaya dan sensor gerak.

a. Sensor Cahaya

Sensor cahaya yang akan digunakan pada sistem penerangan ini adalah sensor *photocell*. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi besarnya tingkat kecerahan atau intensitas cahaya yang diberikan cahaya alami pada suatu ruang.

b. Sensor Gerak

Sensor gerak yang akan digunakan adalah sensor PIR (*Passive Infra Red*). Sensor ini dapat mendeteksi gerakan melalui pancaran sinar infra merah.

Kondisi Eksisting Sistem Penerangan

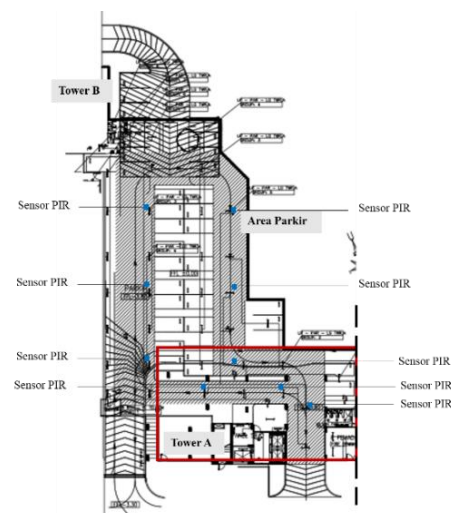
Bangunan Tower A memiliki 19 lantai yang terdiri dari lantai LG, GF, kemudian lantai 1-20 dengan menghilangkan 3 lantai. Pada lantai terbawah yaitu *lower ground* dirancang terhubung langsung dengan *basement* Tower B. Lantai ini tidak digunakan sebagai area parkir. Namun, area yang menghubungkan kedua Tower ini terdapat area parkir yang tidak begitu luas. Pada lantai *ground floor* terdapat beberapa fasilitas umum, seperti *lobby* apartemen, bank/ atm dan juga pertokoan. Unit apartemen berada mulai dari lantai 1-20. Seluruh lantai unit apartemen tersebut memiliki denah yang tipikal. Setiap lantai

terdiri dari 12 unit kamar dengan tipe kamar beragam, yaitu tipe studio, 2 *bedroom* dan 3 *bedroom*. Sistem penerangan pada unit kamar ini menggunakan lampu PL-Essential dengan watt yang beragam sesuai dengan fungsi ruangan.

Perencanaan Sistem Penerangan Berkonsep *Smart building*

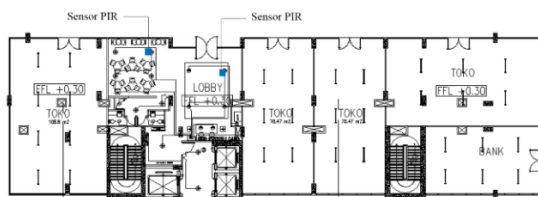
Berdasarkan adanya peluang efisiensi energi dari sistem penerangan, maka akan digunakan pemasangan sensor yang dapat bekerja secara otomatis sesuai perintah yang diberikan. Sensor tersebut adalah *photocell* dan PIR.

Basement pada Tower A ini terhubung langsung dengan Tower B, sehingga area parkir yang terdapat di Tower A ini tidak begitu besar. Pada area parkir akan digunakan sensor PIR, yang ditempatkan setiap jarak 12 meter, yang diperlihatkan gambar berikut.



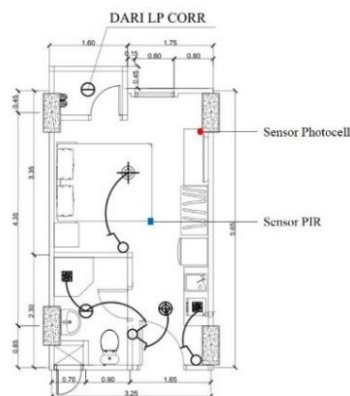
Gambar 14. Basement Tower A

Pada lantai *ground floor*, area yang di kontrol sistem penerangannya adalah *lobby* apartemen. Hal ini dilakukan karena saat malam hari lampu *lobby* tetap harus menyala, namun aktifitas manusia di *lobby* akan sangat berkurang. Oleh karena itu dilakukan pemasangan sensor PIR. Berikut adalah perencanaan penempatan sensor pada area *lobby* apartemen lantai *ground floor* Tower A.



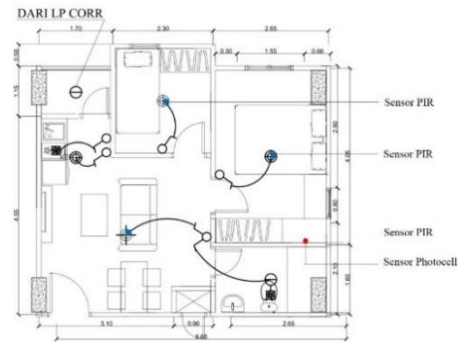
Gambar 15. Ground Floor Tower A

Apartemen Tower A memiliki beberapa tipe kamar, pada unit studio terdapat 1 (satu) kamar tidur dan dapur yang tidak dipisahkan oleh sebuah partisi. Sehingga unit ini membutuhkan 1 (satu) sensor *photocell* yang diletakan di plafond yang menghadap meja kerja dan 1 (satu) sensor PIR di tengah ruangan seperti gambar berikut.



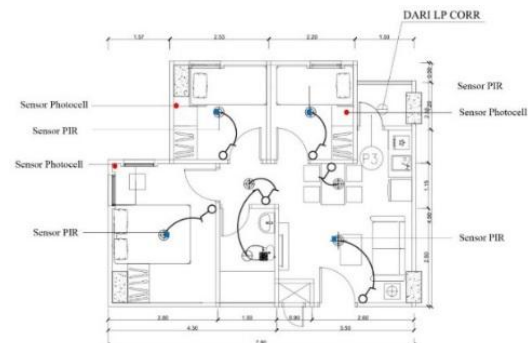
Gambar 16. Tipe Unit Studio

Pada unit 2 *bedroom* terdapat 2 (dua) kamar tidur, ruang tamu, kamar mandi dan dapur. Sehingga unit ini membutuhkan lebih banyak sensor, yaitu 1 (satu) sensor *photocell* dan 3 (tiga) sensor PIR. Penempatan sensor pada unit ini diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 17. Tipe Unit 2BR

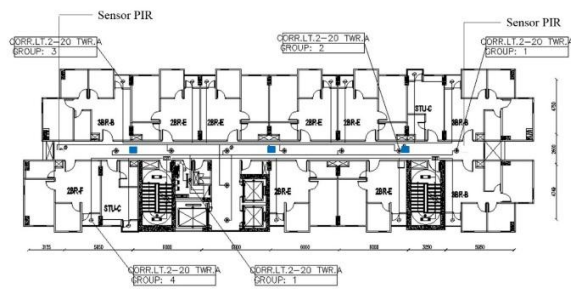
Pada unit 3 *bedroom* terdapat 3 (tiga) kamar tidur, ruang tamu, ruang makan, kamar mandi dan dapur. Sehingga unit ini membutuhkan 3 (tiga) sensor *photocell* dan 4 (empat) sensor PIR. Penempatan sensor pada nit ini diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 18. Tipe Unit 3BR

Selain itu, unit koridor apartemen pada lantai 1-20 juga dilakukan penambahan sensor yaitu sensor PIR sebanyak 3 (tiga) buah. Sensor ini diletakan setiap jarak 12

meter yang ditempatkan seperti gambar berikut :



Gambar 19. Denah Pemasangan Sensor pada Koridor

Perhitungan Biaya Operasional pada Sistem Penerangan

Besarnya pengaruh yang dapat diberikan dari penggunaan sensor perlu diketahui dengan dilakukan perhitungan biaya operasional kondisi eksisting dan kondisi rencana. Kemudian, dilakukan analisa efisiensi energi yang diperoleh dari kedua hasil perhitungan tersebut. Perhitungan biaya operasional ini dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut ini:

Biaya Listrik

$$= \text{daya alat} \times \text{jam pemakaian} \times \text{tarif listrik}$$

Apartemen Parahyangan Residence menggunakan daya terpasang sebesar 2200 kVA sehingga termasuk golongan tarif listrik B-3. Berdasarkan surat PT PLN yang dikeluarkan pada Bulan Juni 2015, golongan tarif listrik B-3 dipatok sebesar $K \times \text{Rp. 1115,60 per kWh}$. K merupakan faktor perbandingan antara WBP dan LWBP sesuai karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 < K < 2$) yang ditetapkan sebesar 1,5 oleh Direksi PT

PLN (Persero). Sehingga tarif listrik sebesar Rp. 1.673,4.

Perhitungan Biaya Operasional Kondisi Eksisting

Besar konsumsi energi listrik pada sistem penerangan apartemen dipengaruhi oleh jadwal kegiatan dari masing-masing penghuni. Besarnya tingkat konsumsi energi listrik untuk sistem penerangan bangunan tersebut diperoleh dari total daya lampu yang beroperasi dan waktu nyala dari tiap lampu. Untuk mengetahui besarnya konsumsi energi listrik tersebut dilakukan survey lapangan berupa pembagian kuesioner pada beberapa penghuni apartemen. Namun dikarenakan apartemen Tower A masih dalam proses konstruksi, kuesioner tersebut dibagikan pada penghuni apartemen yang tersebar di apartemen Bandung - Jakarta. Selanjutnya dilakukan perhitungan total kebutuhan biaya operasional sistem penerangan pada bangunan apartemen Tower A kondisi eksisting, seperti pada tabel berikut :

Tabel 3. BO Sistem Penerangan Bangunan Eksisting

| Kondisi Eksisting | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------|------------|--|-------------------|------------------|--------------------------|--|--|--------------------------|
| Lantai | Jumlah Ruang/Unit per Lantai | Ruang/Unit | Spesifikasi Lantai per Ruang/Unit (m ² /Unit) | Jumlah Lantai (m) | Daya Lantai (kW) | Rata-Rata per Ruang/Unit | Biaya Listrik per Ruang/Unit per Tahun | Biaya Listrik per Ruang/Unit per Bulan | Rata-Rata per Ruang/Unit |
| A | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| UG | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| G1 | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| 1-20 (77x1) | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |

Perbandingan biaya operasional bangunan untuk memenuhi sistem penerangan bangunan pada kondisi eksisting dan kondisi rencana ditunjukkan tabel berikut :

| Perbandingan Biaya | Biaya per Bulan | Biaya per Tahun |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| Kondisi Eksisting | Rp 13.754.210 | Rp 165.050.521 |
| Kondisi Rencana | Rp 10.486.395 | Rp 125.836.735 |

Perhitungan Biaya Operasional Kondisi Rencana

Perhitungan total kebutuhan biaya operasional sistem penerangan pada bangunan apartemen Tower A kondisi rencana , seperti pada tabel berikut :

Tabel 5. BO Sistem Penerangan Bangunan Rencana

| Kondisi Rencana | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------------------|------------|--|-------------------|------------------|--------------------------|--|--|--------------------------|
| Lantai | Jumlah Ruang/Unit per Lantai | Ruang/Unit | Spesifikasi Lantai per Ruang/Unit (m ² /Unit) | Jumlah Lantai (m) | Daya Lantai (kW) | Rata-Rata per Ruang/Unit | Biaya Listrik per Ruang/Unit per Tahun | Biaya Listrik per Ruang/Unit per Bulan | Rata-Rata per Ruang/Unit |
| A | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| UG | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| G1 | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| 1-20 (77x1) | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |
| | 1 | 1 | 12,00 | 21 | 12 | 0,57 | Rp 1.822.332,00 | Rp 60.741,00 | 60.741,00 |

Pemeliharaan Aset

Suatu aset harus dirawat sesuai dengan standar pemeliharaan aset tersebut sehingga dapat menjaga keandalan aset dan memperpanjang umur aset sesuai dengan Permen PU no.24 tahun 2008 tentang “Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung”. Selain itu, langkah pemeliharaan yang harus dilakukan adalah penggantian/ *replacement* aset. *Replacement* aset ini dipengaruhi oleh depresiasi aset tersebut. Setiap aset akan mengalami depresiasi karena faktor umur aset yang menyebabkan berkurangnya kapasitas aset.

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya yang dihitung adalah untuk perencanaan sistem penerangan bangunan, berupa penambahan alat kontrol/ sensor. Rencana anggaran biaya yang diusulkan untuk apartemen Tower A ini adalah sebagai berikut :

Tabel 6. RAB Penambahan Sensor

| No | Item | Satuan | Jumlah | Harga | Total |
|-----------|-------------------------------|--------|--------|--------------|----------------|
| A | PEKERJAAN | | | | |
| 1 | Instalasi Perlengkapan Sensor | ls | 232 | Rp 150.000 | Rp 34.800.000 |
| B | BAHAN | | | | |
| 1 | Sensor Photocell | bh | 85 | Rp 30.000 | Rp 2.550.000 |
| 2 | Sensor PIR | bh | 147 | Rp 35.000 | Rp 5.145.000 |
| 3 | Dimmer | m1 | 85 | Rp 20.000 | Rp 1.700.000 |
| 4 | Relay 1 A | m1 | 69 | Rp 13.500 | Rp 931.500 |
| 5 | Relay 5 A | bh | 1 | Rp 40.000 | Rp 40.000 |
| 6 | PLC | bh | 18 | Rp 3.500.000 | Rp 63.000.000 |
| 7 | Kabel NYM 3x2,5 | roll | 202 | Rp 635.000 | Rp 128.270.000 |
| Total RAB | | | | | Rp 236.436.500 |

Nilai Penghematan Biaya Operasional Sistem Penerangan

Perbandingan biaya operasional sistem penerangan kondisi eksisting dengan kondisi rencana ditambah *maintenance* dan

replacement cost menunjukkan nilai penghematan biaya terhadap beban energi listrik yang digunakan.

Tabel 7. Biaya Operasional, Maintenance, Replacement Gedung Eksisting

| KONDISI EKSTING | | | | | |
|-------------------------|-------|-------------------|--------------|----------------|-------------------|
| No | Tahun | Biaya Operasional | Maintenance | Replacement | FV |
| 0 | 2015 | Rp 165.050.521 | Rp 845.222 | | Rp 165.895.743 |
| 1 | 2016 | Rp 196.124.656 | Rp 909.375 | | Rp 197.034.031 |
| 2 | 2017 | Rp 233.049.132 | Rp 978.396 | | Rp 234.027.529 |
| 3 | 2018 | Rp 276.925.396 | Rp 1.052.657 | Rp 60.293.998 | Rp 338.272.051 |
| 4 | 2019 | Rp 329.062.263 | Rp 1.132.553 | | Rp 330.194.817 |
| 5 | 2020 | Rp 391.014.962 | Rp 1.218.514 | | Rp 392.233.476 |
| 6 | 2021 | Rp 464.631.523 | Rp 1.310.999 | | Rp 465.942.522 |
| 7 | 2022 | Rp 552.107.906 | Rp 1.410.504 | Rp 80.792.026 | Rp 634.310.436 |
| 8 | 2023 | Rp 656.053.507 | Rp 1.517.561 | | Rp 657.571.069 |
| 9 | 2024 | Rp 779.568.993 | Rp 1.632.744 | Rp 57.716.475 | Rp 838.918.212 |
| 10 | 2025 | Rp 926.338.794 | Rp 1.756.670 | | Rp 928.095.464 |
| 11 | 2026 | Rp 1.100.741.011 | Rp 1.890.001 | Rp 108.158.612 | Rp 1.210.789.623 |
| 12 | 2027 | Rp 1.307.978.010 | Rp 2.033.452 | | Rp 1.310.011.462 |
| 13 | 2028 | Rp 1.554.231.612 | Rp 2.187.791 | | Rp 1.556.419.403 |
| 14 | 2029 | Rp 1.846.847.489 | Rp 2.353.844 | | Rp 1.849.201.333 |
| 15 | 2030 | Rp 2.194.554.287 | Rp 2.532.501 | Rp 144.926.730 | Rp 2.342.013.517 |
| 16 | 2031 | Rp 2.607.723.998 | Rp 2.724.718 | | Rp 2.610.448.716 |
| 17 | 2032 | Rp 3.098.681.355 | Rp 2.931.524 | | Rp 3.101.612.878 |
| 18 | 2033 | Rp 3.682.071.471 | Rp 3.154.026 | | Rp 3.685.225.498 |
| 19 | 2034 | Rp 4.375.296.704 | Rp 3.393.417 | Rp 287.716.464 | Rp 4.666.406.585 |
| 20 | 2035 | Rp 5.199.035.761 | Rp 3.650.977 | | Rp 5.202.686.738 |
| Total FV | | | | | Rp 32.717.311.103 |
| Nilai Sisa Aset | | | | | Rp 16.846.217 |
| Total - Nilai Sisa Aset | | | | | Rp 32.700.464.887 |
| Total NPV | | | | | Rp 7.574.246.822 |

Tabel 8. Biaya Operasional, Maintenance, Replacement Gedung Rencana

| KONDISI RENCANA | | | | | |
|-------------------------|-------|-------------------|--------------|----------------|-------------------|
| No | Tahun | Biaya Operasional | Maintenance | Replacement | Total |
| 0 | 2015 | Rp 125.836.735 | Rp 845.222 | Rp 236.436.500 | Rp 363.118.457 |
| 1 | 2016 | Rp 149.528.073 | Rp 909.375 | | Rp 150.437.448 |
| 2 | 2017 | Rp 177.679.790 | Rp 978.396 | | Rp 178.658.186 |
| 3 | 2018 | Rp 211.131.643 | Rp 1.052.657 | Rp 60.293.998 | Rp 272.478.297 |
| 4 | 2019 | Rp 250.881.491 | Rp 1.132.553 | Rp 14.944.840 | Rp 266.958.884 |
| 5 | 2020 | Rp 298.115.061 | Rp 1.218.514 | | Rp 299.333.575 |
| 6 | 2021 | Rp 354.241.316 | Rp 1.310.999 | | Rp 355.552.315 |
| 7 | 2022 | Rp 420.934.486 | Rp 1.410.504 | Rp 80.792.026 | Rp 503.137.016 |
| 8 | 2023 | Rp 500.184.009 | Rp 1.517.561 | | Rp 501.701.570 |
| 9 | 2024 | Rp 594.353.874 | Rp 1.632.744 | Rp 79.261.715 | Rp 675.248.334 |
| 10 | 2025 | Rp 706.253.143 | Rp 1.756.670 | | Rp 708.009.812 |
| 11 | 2026 | Rp 839.219.736 | Rp 1.890.001 | Rp 108.158.612 | Rp 949.268.348 |
| 12 | 2027 | Rp 997.220.009 | Rp 2.033.452 | | Rp 999.253.460 |
| 13 | 2028 | Rp 1.184.967.063 | Rp 2.187.791 | | Rp 1.187.154.854 |
| 14 | 2029 | Rp 1.408.061.339 | Rp 2.353.844 | Rp 219.816.181 | Rp 1.630.231.364 |
| 15 | 2030 | Rp 1.673.157.673 | Rp 2.532.501 | Rp 144.926.730 | Rp 1.820.616.904 |
| 16 | 2031 | Rp 1.988.163.813 | Rp 2.724.718 | | Rp 1.990.888.530 |
| 17 | 2032 | Rp 2.362.476.298 | Rp 2.931.524 | | Rp 2.365.407.821 |
| 18 | 2033 | Rp 2.807.260.761 | Rp 3.154.026 | | Rp 2.810.414.787 |
| 19 | 2034 | Rp 3.335.784.992 | Rp 3.393.417 | Rp 332.495.005 | Rp 3.671.673.415 |
| 20 | 2035 | Rp 3.963.814.716 | Rp 3.650.977 | | Rp 3.967.465.694 |
| Total FV | | | | | Rp 25.667.009.071 |
| Nilai Sisa Aset | | | | | Rp 33.830.986 |
| Total - Nilai Sisa Aset | | | | | Rp 25.633.178.085 |
| Total NPV | | | | | Rp 5.942.061.109 |

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 menunjukan bahwa biaya operasional listrik dan *cash flow* aset kondisi eksisting lebih mahal dibanding dengan kondisi rencana. Total perbandingan biaya kondisi eksisting dan kondisi rencana dilihat dari segi total *cash flows* selama 20 tahun dalam persamaan *net present value* menunjukkan bahwa desain baru lebih hemat dengan perbedaan hingga 27% dari desain

eksisting. Dengan demikian, kondisi rencana dapat memberikan efisiensi atau penghematan pada biaya operasional bangunan, meskipun pada tahun pertama biaya kondisi rencana lebih besar dari kondisi eksisting. Nilai tersebut dipengaruhi oleh biaya investasi atau RAB dari hasil perencanaan. Pada Gambar 20 terdapat grafik perbandingan nilai *cash flow* antara kondisi eksisting dengan kondisi rencana selama 20 tahun kedepan, yang dimulai pada tahun 2015 sampai dengan tahun 2035.



Gambar 20. Grafik Perbandingan *Cash Flow* Kondisi Eksisting dan Kondisi Rencana

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan penerapan konsep *smart building* yang telah dilakukan pada Tower A Apartemen Parahyangan Residence, berupa peningkatan kenyamanan layanan dan efisiensi sistem penerangan bangunan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Pembuatan *café* pada *rooftop* ini merupakan peningkatan layanan dimana *café* ini menjadi satu kebutuhan bagi penghuni bangunan,

karena desain café yang ramah lingkungan, *smart*, dan merupakan bangunan *additional* pada sebuah bangunan yang telah ada tapi tidak memerlukan energi yang terlalu besar. Café ini lebih mengutamakan energi alami dalam pengoperasiannya. Disamping ramah lingkungan, sisi *smart* café ini yaitu memiliki atap fleksibel otomatis yang hanya akan digunakan disaat hujan ataupun terik matahari. Pembuatan atap fleksibel pada perencanaan café di *rooftop* bangunan sebagai perwujudan peningkatan kenyamanan layanan ini membutuhkan biaya sebesar Rp. 207.000.000. Maka dari itu café tetap mengutamakan energi alam sebagai pengoperasiannya.

- b. Penambahan sensor pada sistem penerangan untuk memperoleh efisiensi ini diterapkan pada beberapa unit/ ruangan apartemen, yaitu area parkir pada lantai LG, lobby apartemen pada lantai GF, unit-unit kamar serta koridor pada lantai 1 sampai dengan lantai 17. Dengan menerapkan penambahan sensor pada sistem penerangan bangunan dapat diperoleh efisiensi energi untuk *cash flow* aset selama 20 tahun, dimulai tahun 2015 sampai dengan tahun 2035, terkait *replacement cost*,

maintenance cost, dan nilai sisa aset pada mencapai 27% yaitu Rp. 1.632.185.713 dari kondisi *eksisting*.

Saran

- a. Peningkatan layanan pada setiap bangunan dengan berkonsepkan *smart building* sangatlah diperlukan. Selain meningkatkan kenyamanan dan memberikan efek positif lingkungan, *smart building* dari aspek layanan pun harus menimbulkan sifat *green building* dalam perencanaannya.
- b. Dapat dilakukan pengkajian kembali pada sistem tata udara bangunan apartemen untuk memperoleh efisiensi energi yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Casey, Tina. 2013. *What Is A SmartBuilding?* www.triplepundit.com/2013// Diakses tanggal 20Maret 2016.
- Hardcastle, Jessica, Lyons.2013. *Why Smart Building Technology Is 'No-Brainer'*.<http://www.environmenttleader.com/2013/11/08/why-smart-building-technology-is-no-brainer>. Diakses 21 Maret 2016.
- Rosadi, Herry..2014.*Saatnya Terapkan Smart Building Management System*. INDOPOS. Edisi 12 Maret 2014.

Wikipedia. 2016. *Carbon Footprint*. [http://en.wikipedia.org/wiki/carbon_foot](http://en.wikipedia.org/wiki/carbon_footprint)

[print](#). Diakses 21 Maret 2016.