TESIS – RC185401

Analisis Perbandingan *Life Cycle Cost* pada *Green Building* dan *Conventional Building*

DOMENICO ADI NUGROHO
03111850077003

DOSEN PEMBIMBING
- Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.
- Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng.

Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

TESIS – RC185401

Analisis Perbandingan *Life Cycle Cost* pada *Green Building* dan *Conventional Building*

DOMENICO ADI NUGROHO
03111850077003

DOSEN PEMBIMBING
- Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.
- Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng.

Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

THESIS – RC185401

Comparative Analysis of Life Cycle Cost of a Green Building and a Conventional Building

DOMENICO ADI NUGROHO
03111850077003

SUPERVISORS
- Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.
- Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng.

Departement of Civil Engineering
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

Tesis yang berjudul: "**Analisis Life Cycle Cost pada *Green Building* dan *Conventional Building***" ini adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya/tulis untuk memperoleh gelar akademik maupun karya ilmiah/tulis yang pernah dipublikasikan oleh orang lain, kecuali dijadikan kutipan dari bagian karya ilmiah/tulis orang lain dengan menyebutkan sumbernya, baik dalam naskah disertasi maupun daftar pustaka.

Apabila ternyata ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur plagiasi di dalam naskah **tesis** ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan akademik ITS dan/atau perundang-undangan yang berlaku.

Surabaya, 23 Juli 2020

Domenico Adi Nugroho
NRP: 03111850077003

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
DOMENICO ADI NUGROHO
NRP. 03111850077003

Tanggal Ujian : 23 Juni 2020
Periode Wisuda : September 2020

Disetujui oleh :
Pembimbing :

1. Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.
   NIP. 19740420 200212 1 003 ……..

2. Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng.
   NIP. – ……..

Penguji :

3. Dr. Ir. Endah Anggraeni, M.T.
   NIP. – ……..

4. Dr. Farida Rachmawati, S.T., M.T.
   NIP. 19811014 200812 2 001 ……..

Kepala Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian

Ir. Techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc.
NIP. 19721202 199802 1 001

Analisis Perbandingan *Life Cycle Cost* pada *Green Building* dan *Conventional Building*

Nama Mahasiswa : Domenico Adi Nugroho
NRP : 03111850077003
Dosen Pembimbing 1 : Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng.

ABSTRAK

Salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak yang besar dari sektor bangunan gedung terhadap lingkungan adalah dengan konsep bangunan ramah lingkungan atau biasa disebut dengan konsep *green building*. Seiring dengan meningkatnya minat global terhadap konsep *sustainability*, pembangunan *green building* di Indonesia diharapkan akan semakin meningkat. Karena biaya adalah salah satu fokus perhatian paling penting dalam mempromosikan bangunan hijau, maka perlu dilakukan analisis perbandingan *life cycle cost* pada *green building* dan *conventional building* untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang dampak biaya keseluruhan yang ada pada gedung hijau dibandingkan dengan gedung konvensional selama siklus hidupnya serta keuntungan yang didapatkan.

Pada penelitian ini dilakukan survey pendahuluan untuk menentukan obyek penelitian yaitu *green building* dan *conventional building* sebagai gedung kantor pemerintah yang memiliki karakteristik fisik dan kinerja yang serupa dengan mempertimbangkan umur bangunan, luas bangunan, dan jumlah pegawai yang menempati gedung tersebut. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang berkaitan dengan *life cycle cost*. Analisis *life cycle cost* dilakukan dengan pendekatan *Present Worth* dengan *present time*/tahun ke-0 pada 2014, *discount rate* 4.79%, umur siklus 50 tahun, dan analisis perbandingan dinormalisasi dalam biaya per m^2.

Komponen biaya untuk mengetahui biaya siklus hidup gedung tersebut adalah: Biaya Awal *(*Desain dan Supervisi, Manajemen Konstruksi, Konstruksi*)*, Biaya Operasi dan Pemeliharaan, Biaya Energi dan Air, dan Nilai Sisa. *Life cycle cost* pada *green building* adalah sebesar Rp247,646,394,194 (kasus bangunan dihapuskan) dan Rp226,184,717,383 (kasus bangunan dimanfaatkan kembali), dan pada *conventional building* adalah sebesar Rp403,815,360,299 (kasus bangunan dihapuskan) dan Rp360,637,908,128 (kasus bangunan dimanfaatkan kembali). Hasil analisis perbandingan menunjukkan bahwa sepanjang siklus hidupnya dampak biaya *green building* lebih rendah 0.52% dibandingkan *conventional building* pada kasus bangunan dihapuskan dan 1.71% lebih tinggi pada kasus bangunan dimanfaatkan kembali. Penghematan Biaya Energi dan Air aktual *green building* sepanjang tahun 2015-2019 adalah sebesar Rp13.816.468.354,00, dan pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) adalah sebanyak 10.559 ton CO_2.

Kata kunci: *green building*, *present worth*, *life cycle cost*, analisis perbandingan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Comparative Analysis of Life Cycle Cost of a Green Building and a Conventional Building

Name	: Domenico Adi Nugroho
ID Number	: 03111850077003
Supervisor 1	: Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.
Supervisor 2	: Dr. Ir. Hitapriya Suprayitno, M.Eng.

ABSTRACT

One of the efforts to reduce the large impact of building sectors on the environment is the concept of environmentally friendly building known as green buildings. As global interest in the concept of sustainability increases, green building development in Indonesia is expected to increase. Cost is one of the most important focus for promoting green buildings, so it is necessary to conduct a comparative analysis of life cycle cost in green building and conventional building to provide a clearer understanding of the life cycle cost structure of a green building compared to conventional building and the benefit of it.

In this study a preliminary survey was conducted to determine the object of research, namely the green building and conventional building as a government office building that has similar physical and performance characteristics by considering the age of the building, building area, and the number of employees occupying the building. Then data related to the life cycle cost were collected. Life cycle cost analysis was performed using the Present Worth Method with a present time of 2014, discount rate of 4.79%, life cycle of 50 years, and comparative analysis normalized in cost per meter square.

The cost components to determine the building's life cycle costs are: Initial Costs (Design and Supervision, Construction Management, Construction), Operation and Maintenance Costs, Energy and Water Costs, and Salvage Value. Life cycle cost in green building are IDR247,646,394,194 (case of building to be demolished) and IDR226,184,717,383 (case of building to be reused), and in conventional building are IDR403,815,360,299 (case of building to be demolished) and IDR360,637,908,128 (case of building to be reused). The results of the comparative analysis show that throughout its life cycle the impact of green building costs is 0.52% lower than conventional buildings in the case of buildings being demolished and 1.71% higher in the case of buildings being reused. The actual Energy and Water Cost Savings of green building during 2015-2019 amounted to Rp13,816,468,354.00, and the reduction in greenhouse gas (GHG) emissions of 10,559 tons of CO_2.

Keywords: green building, present worth, life cycle cost, comparative analysis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Pencipta Alam yang telah memberikan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "Analisis *Life Cycle Cost* pada *Green Building* dan *Conventional Building*" sebagai sarana pembelajaran dan penerapan ilmu yang diperoleh selama mengikuti proses perkuliahan pada Program Studi Magister Manajemen Aset Infrastruktur. Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian - Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Proses penyusunan dan penyelesaian tesis ini tidak mungkin terlaksana dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak. Untuk peran dan jasa mereka yang sangat berarti bagi penulis, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Trijoko Wahyu Adi, ST. MT, Ph.D dan Dr. Ir. Hitapriya S, M.Eng selaku dosen pembimbing atas segala arahan dan bimbingan selama penyusunan tesis ini.
2. Dr. Ir. Endah Anggraeni, M.T. dan Dr. Farida Rachmawati, S.T., M.T. selaku penguji atas segala saran dan masukan dalam perbaikan untuk penyempurnaan tesis ini.
3. Para Dosen dan pengelola Program Pascasarjana Departemen Teknik Sipil Institut Sepuluh Nopember Surabaya atas bimbingan, pengalaman, pengetahuan, semangat, serta inspirasi yang telah dibagikan selama studi.
4. Kepala Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah memberikan beasiswa dan dukungan administrasi untuk mengikuti pendidikan Program Magister Bidang Keahlian Manajemen Aset Infrastruktur.
5. Keluarga Besar Biro Umum Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat atas dukungan selama penulis mengikuti studi, khususnya kepada Kepala Biro Umum atas persetujuannya sehingga penulis dapat mengikuti program

karyasiswa, rekan-rekan Sub Bagian Kearsipan atas dukungan dalam mendapatkan data penelitian dari arsip Kementerian PUPR, dan rekan-rekan Bagian Prasarana Fisik atas dukungan data dan semangatnya.

6. Teman-teman kuliah seperjuangan Magister Manajemen Aset Infrastruktur Angkatan 2018: Taurista, Arry, Lisda, Marlena, Andi, Ravinda, Dyah, Reyhan, Kohar, dan Aris atas sharing, diskusi, kerjasama, keluh kesah dan canda tawa. Bersebelas kita adalah hal terbaik yang pernah ada, semoga kisah kita akan selalu menjadi kisah klasik untuk masa depan.
7. Teman-teman Kos Bunda Merry: Aslam, Oscar, Budi, Andjani, Zafira, Sih Dwi, untuk malam-malam penuh canda dan obrolan hangat tanpa arah yang tak pernah gagal mengobati kegalauan. Kalian luar biasa.
8. Kedua orang tua, adik serta keluarga besar yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.
9. Gisela Delicia, spesial untuk perhatian, semangat, dan doa.
10. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tesis yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu segala saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan penulis demi penyempurnaan tesis ini. Akhir kata penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat sebagai sumbangan dalam pengembangan ilmu pengetahuan manajemen aset infrastruktur khususnya pada bidang bangunan gedung.

Surabaya, 23 Juli 2020

Domenico Adi Nugroho

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

ABSTRAK i

ABSTRACT iii

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR RUMUS xv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 5

1.3 Tujuan Penelitian 5

1.4 Manfaat Penelitian 5

1.5 Batasan Masalah 6

1.6 Peraturan Perundangan 6

BAB II KAJIAN PUSTAKA 9

2.1 Definisi 9

2.1.1 Bangunan Gedung 9

2.1.2 *Green Building* 9

2.1.3 *Life Cycle Cost* 10

2.2 Dasar Teori....10
2.2.1 Prinsip Green Building....10
2.2.2 Manfaat Green Building....11
2.2.3 Aplikasi *Green Building* di Indonesia....12
2.2.4 Komponen Biaya pada *Life Cycle Cost*....16
2.2.5 Umur Siklus Hidup....17
2.2.6 *Time Value of Money*....18
2.2.7 Metode Nilai Sekarang (*Present Worth Method*)....21
2.3 Penelitian Terdahulu....21
2.4 Posisi Penelitian....24
BAB III METODE PENELITIAN....25
3.1 Kerangka Pikir Penelitian....25
3.2 Jenis Penelitian....26
3.3 Variabel Penelitian....27
3.4 Data Penelitian....28
3.4.1 Jenis Data....28
3.4.2 Pengumpulan Data....29
3.5 Analisis Data....31
3.5.1 Analisis Pendahuluan....31
3.5.2 Analisis *Life Cycle Cost*....31
3.5.3 Analisis Perbandingan *Life Cycle Cost*....32
3.6 Proses Penelitian....32
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN....35
4.1 Obyek Penelitian....35

4.1.1 *Green Building* 37
4.1.2 *Conventional Building* 44
4.2 Komponen Biaya dalam perhitungan *Life Cycle Cost* 46
4.2.1 *Initial Cost* 46
4.2.2 *Operation and Maintenance Cost* 47
4.2.3 *Energy and Water Cost* 59
4.2.4 Penghematan Energi 63
4.2.5 *Salvage Value* 68
4.3 Analisis *Life Cycle Cost* 71
4.3.1 Perhitungan *Life Cycle Cost* 71
4.3.2 Analisis *Life Cycle Cost Green Building* 72
4.3.3 Analisis *Life Cycle Cost Conventional Building* 74
4.4 Perbandingan *Life Cycle Cost Green Building* dan *Conventional Building*. 76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 81
5.1 Kesimpulan 81
5.2 Saran 82
DAFTAR PUSTAKA 85
LAMPIRAN 91
Lampiran 1 Pengakuan Desain GREENSHIP NB 1.1 91
Lampiran 2 Kontrak Pekerjaan Manajemen Building Gedung G Tahun 2018 92
Lampiran 3 Data Kontrak Pemeliharaan Gedung Ditjen SDA 93
Lampiran 4 Faktor Emisi GRK Sistem Interkoneksi Tenaga Listrik Tahun 2016 . 97
Lampiran 5 Angka Inflasi Bulanan tahun 2009-2019 98
Lampiran 6 Rangkuman Hasil Wawancara Pakar 99

Lampiran 7 Gambar Denah Gedung G/BPIW.....100
Lampiran 8 Gambar Denah Gedung Ditjen SDA.....105
BIOGRAFI PENULIS.....111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penilaian GREENSHIP *rating* untuk *Design Recognition* dan *Final Assesment* 15
Tabel 2.2 Penilaia*n* GREENSHIP *rating* berdasarkan jumlah kriteria 16
Tabel 2.3 Penelitian terdahulu..... 22
Tabel 3.1 Variabel Penelitian..... 27
Tabel 3.2 Stakeholder yang Terlibat dalam Proyek Gedung 30
Tabel 3.3 Pakar dan Praktisi Bangunan Gedung..... 30
Tabel 4.1 Hasil Survey Pendahuluan 37
Tabel 4.2 Pencapaian Pengakuan Desain GREENSHIP NB 1.1 38
Tabel 4.3 *Initial Cost* pada *Green Building* 46
Tabel 4.4 *Initial Cost* pada *Conventional Building*..... 47
Tabel 4.5 *Key Performance Indicator* Manajemen Building..... 49
Tabel 4.6 Kriteria Denda Manajemen Building..... 49
Tabel 4.7 Kontrak Manajemen Building..... 51
Tabel 4.8 Kontrak Pemeliharaan Gedung G/BPIW 53
Tabel 4.9 Biaya Personil Tahun 2015-2017..... 56
Tabel 4.10 Biaya Personil Tahun 2018-2019..... 57
Tabel 4.11 Rekap Biaya Operasional Gedung Ditjen SDA tahun 2015-2019..... 57
Tabel 4.12 Rekap Biaya Pemeliharaan Gedung Ditjen SDA 2015-2019 58
Tabel 4.13 Biaya Energi Listrik Gedung G/BPIW 60
Tabel 4.14 Biaya Air Gedung G/BPIW 60
Tabel 4.15 Biaya Energi Listrik Gedung Ditjen SDA 61
Tabel 4.16 Biaya Air Gedung Ditjen SDA 62
Tabel 4.17 Penghematan Biaya Energi Listrik Aktual..... 64
Tabel 4.18 Penghematan Biaya Penggunaan Air Aktual 65
Tabel 4.19 Perhitungan Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca 68

Tabel 4.20 Perhitungan *Life Cycle Cost Green Building* (kasus bangunan dihapuskan) 72
Tabel 4.21 Perhitungan *Life Cycle Cost Green Building* (kasus bangunan dimanfaatkan kembali) 73
Tabel 4.22 Perhitungan *Life Cycle Cost Conventional Building* (kasus bangunan dihapuskan).....74
Tabel 4.23 Perhitungan *Life Cycle Cost Conventional Building* (kasus bangunan dimanfaatkan kembali) 75
Tabel 4.24 Perbandingan *Life Cycle Cost Green Building dan Conventional Building* (kasus bangunan dihapuskan) 76
Tabel 4.25 Perbandingan *Life Cycle Cost Green Building dan Conventional Building* (kasus bangunan dimanfaatkan kembali).....77
Tabel 4.26 Perbandingan *Life Cycle Cost Green Building dan Conventional Building* dalam m^2 (kasus bangunan dihapuskan) 77
Tabel 4.27 Perbandingan *Life Cycle Cost Green Building dan Conventional Building* dalam m^2 (kasus bangunan dimanfaatkan kembali).....78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian 26
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian 33
Gambar 4.1 Lokasi Kantor Pusat Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (6°14'11.2"S 106°48'03.1"E) 35
Gambar 4.2 Denah Tata Letak Gedung Kementerian PUPR saat ini 36
Gambar 4.3 Masterplan Kantor Pusat Kementerian PUPR 36
Gambar 4.4 *Site plan* Gedung G/BPIW 38
Gambar 4.5 Skema Rencana Pembagian Zona Penanganan Air Hujan Komplek kantor Kementerian PUPR 39
Gambar 4.6 Simulasi DiaLUX pada area ruang kerja pukul 10.30 40
Gambar 4.7 Proses Alur Sirkulasi Sampah 42
Gambar 4.8 Gedung G/BPIW 44
Gambar 4.9 Gedung Ditjen SDA 45
Gambar 4.10 Struktur Biaya Manajemen Building 52
Gambar 4.11 Biaya Operasional dan Pemeliharaan *Green Building* Tahun 2015-2019 55
Gambar 4.12 Biaya Operasional dan Pemeliharaan *Conventional Building* Tahun 2015-2019 59
Gambar 4.13 Biaya Energi dan Air *Green Building* tahun 2015-2019 61
Gambar 4.14 Biaya Energi dan Air *Conventional Building* tahun 2015-2019 62
Gambar 4.15 Perbandingan Intensitas Konsumsi Energi Aktual Gedung tahun 2015-2019 63
Gambar 4.16 Penggunaan Air Gedung tahun 2015-2019 66
Gambar 4.17 Nilai Bangunan dalam siklus hidup 50 tahun 70
Gambar 4.18 Diagram *Life Cycle Cost Green Building* (kasus bangunan dihapuskan) 73

Gambar 4.19 Diagram *Life Cycle Cost Green Building* (kasus bangunan dimanfaatkan kembali) 74
Gambar 4.20 Diagram *Life Cycle Cost Conventional Building* (kasus bangunan dihapuskan).....75
Gambar 4.21 Diagram *Life Cycle Cost Conventional Building* (kasus bangunan dimanfaatkan kembali).....76

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Rumus Jumlah Majemuk Pembayaran Tunggal 19
Rumus 2.2 Rumus Nilai Sekarang Pembayaran Tunggal 19
Rumus 2.3 Rumus Jumlah Majemuk Seri Pembayaran Sama 19
Rumus 2.4 Rumus Penyimpanan Dana Seri Pembayaran..... 20
Rumus 2.5 Rumus Pengembalian Modal Seri Pembayaran Sama 20
Rumus 2.6 Rumus Nilai Sekarang Seri Pembayaran Sama 20
Rumus 2.7 Rumus Gradien Seragam 20
Rumus 2.8 Rumus Gradien Geometrik Bentuk 1…….. 20
Rumus 2.9 Rumus Gradien Geometrik Bentuk 2…… 21
Rumus 2.10 Rumus Gradien Geometrik Bentuk 3 21
Rumus 4.1 Rumus Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca…… 67

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bumi saat ini menghadapi permasalahan perubahan iklim yang terjadi akibat berbagai macam faktor, di antaranya yaitu pemanasan global, pengikisan lapisan ozon, dan akumulasi sampah yang semakin meningkat (Houghton *et al*., 2001). Selama beberapa dekade terakhir hasil dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa perubahan iklim secara global berlangsung dengan cepat dan menunjukkan indikasi akan terus berlangsung seiring berjalannya waktu (IPCC, 2007). Oleh karena itu diperlukan langkah-langkah nyata untuk mengatasi dampak negatif yang timbul dari gaya hidup modern manusia (Cabeza *et al*., 2014).

Dewasa ini tingkat kesadaran global mengenai perubahan iklim dan lingkungan hidup mengalami peningkatan yang cukup signifikan dan mendapatkan perhatian lebih dari pemerintahan di seluruh dunia (Chau *et al*., 2015). Sektor bangunan menjadi salah satu sasaran untuk dilakukan perbaikan dimana menurut UNEP (2008, 2009) sektor ini diperkirakan telah mengkonsumsi hampir 40% dari total konsumsi energi di seluruh dunia, 30% penggunaan bahan baku, penghasil 25% limbah padat, 25% penggunaan air, 12% penggunaan lahan, dan penghasil 33% emisi gas rumah kaca global. Berbagai upaya dilakukan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari bangunan gedung antara lain dalam hal penggunaan material serta penggunaan komponen dan sistem (Chau *et al*., 2015). Setiap langkah pengurangan emisi dan penghematan energi pada sektor bangunan akan berpengaruh besar terhadap upaya pengurangan pemanasan global tersebut.

Sejak tahun 2011 Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) secara sukarela sebesar 26% pada tahun 2020 berdasarkan skenario "*business as usual*" dan dapat mencapai 41% dengan dukungan internasional (Bappenas, 2012). Salah satu tindak lanjut komitmen tersebut adalah dengan

diterbitkannya Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11 Tahun 2012 tentang Rencana Aksi Nasional Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim tahun 2012-2020 dan Peraturan Menteri PUPR Nomor 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau untuk pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) yang bersumber dari bangunan gedung.

Green Building didefinisikan sebagai praktik menciptakan struktur dan menggunakan proses yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan penggunaan sumber daya secara efisien di seluruh siklus hidup bangunan mulai dari desain hingga konstruksi, operasi, pemeliharaan, renovasi, dan dekonstruksi (*U.S. Environmental Protection Agency*, 2016). Penilaian sebuah gedung dinyatakan sebagai *Green Building* dilakukan oleh lembaga-lembaga penilai yang ada di dunia yang tergabung dan dikoordinasi dalam *World Green Building Council* (WorldGBC) yang berpusat di Toronto, Kanada. Beberapa lembaga penilai ini antara lain adalah *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED, *United States*), BRE Environmental Assessment Method (BREEAM, United Kingdom), Green Building Council of Australia Green Star (GBCA, Australia) dan Green Mark Scheme (Singapore) (Zuo dan Zhao, 2014). Setiap lembaga penilai ini memiliki sistem rating untuk penilaian dan kriteria yang berbeda-beda, akan tetapi tujuan dari penilaian tersebut sama yaitu menilai tingkat kesesuaian atau pemenuhan persyaratan *sustainable building* (Firsani dan Utomo, 2012). Di Indonesia lembaga penilai *green building* atau bangunan Gedung Hijau adalah Green Building Council Indonesia (GBCI). GBCI didirikan pada tahun 2009 oleh para profesional di sektor perancangan dan konstruksi bangunan gedung yang memiliki kepedulian kepada penerapan konsep bangunan hijau dan bertujuan untuk menerapkan prinsip-prinsip bangunan hijau, khususnya di sektor industri bangunan gedung di Indonesia. Sistem rating yang digunakan GBCI untuk melakukan Sertifikasi Bangunan Hijau berdasarkan perangkat penilaian khas Indonesia disebut GREENSHIP (GBCI, 2019).

Berdasarkan daftar yang ada pada GBCI mengenai gedung yang terdaftar dan tersertifikasi GREENSHIP sebagai *green building* di Indonesia, salah satu gedung

kantor pemerintah yang termasuk dalam daftar ini adalah Gedung G/BPIW Kementerian PUPR. Gedung G/BPIW Kementerian PUPR termasuk dalam kompleks Kantor Pusat Kementerian PUPR yang terletak di Jalan Pattimura 20 Kebayoran Baru Jakarta Selatan. Kompleks ini merupakan kawasan perkantoran dengan luas lahan 54000 m^2 dan ditempati oleh kurang lebih 5000 pegawai yang terdiri dari Gedung Utama, Gedung Ditjen SDA, Gedung BPIW, Gedung Heritage, Gedung Blok B (Ditjen Bina Marga & Cipta Karya) serta Gedung Pusdatin. Gedung G/BPIW Kementerian PUPR sebagai salah satu bangunan yang mengadopsi konsep *green building* di Indonesia telah mendapatkan sertifikasi GREENSHIP dengan peringkat Platinum untuk Design Recognition dari Green Building Council Indonesia.

Meskipun semakin banyak *green building* yang dibangun seiring berjalannya waktu, namun terdapat beberapa hambatan dalam pengambilan keputusan untuk melaksanakan proyek *green building*. Hambatan ini antara lain adalah biaya konstruksi yang dipersepsikan lebih tinggi, kurangnya insentif politik, kurangnya permintaan pasar, kurangnya kesadaran publik, persepsi hijau hanya untuk proyek-proyek kelas atas saja, prospek bisnis yang belum terbukti karena pemisahan antara modal dan biaya operasi, kurangnya tenaga terlatih atau berpendidikan profesional dalam membangun *green building*, dan serta kesulitan dalam mengakses modal (Weerasinghe *et al*., 2017). Cole (2000) menyatakan bahwa terdapat kepercayaan yang tersebar luas dimana bangunan hijau lebih mahal untuk dibangun daripada bangunan konvensional. Senada dengan hal tersebut Kansal dan Kadambari (2010) menambahkan bahwa biaya awal bangunan hijau lebih besar bila dibandingkan dengan bangunan konvensional sedangkan biaya operasi bangunan hijau lebih kecil. Sebagian besar studi yang telah dilakukan untuk mengetahui biaya menggunakan metode estimasi biaya seperti membandingkan biaya aktual bangunan hijau terhadap biaya model bangunan konvensional dan membandingkan biaya model bangunan hijau dan bangunan konvensional, sementara sangat sedikit yang dapat membandingkan biaya aktual bangunan hijau dengan biaya bangunan konvensional (Dwaikat dan Ali, 2016). Sebuah studi yang dilakukan untuk menganalisis 150 gedung kantor dan sekolah konvensional

dan hijau di 33 negara bagian di seluruh Amerika Serikat dan 10 negara lain, menyimpulkan bahwa bangunan hijau membutuhkan biaya hingga 4% lebih tinggi daripada bangunan konvensional dengan sebagian besar bangunan hanya berkisar 1-2% lebih tinggi daripada bangunan serupa yang bertipe konvensional. Studi ini juga menemukan bahwa bangunan hijau dapat mengurangi penggunaan energi rata-rata sampai dengan 33%, dan bahwa penghematan biaya energi saja selama periode studi selama 20 tahun lebih besar daripada premi biaya awal (biaya tambahan yang dikeluarkan untuk membangun gedung hijau) yang dibayarkan pada gedung-gedung ini (Kats *et al*., 2008). Dwaikat dan Ali (2016) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa di antara gedung perkantoran, rumah sakit, perpustakaan, sekolah, laboratorium, rumah dan apartemen, penambahaan biaya *green* tertinggi (21%) berasal dari gedung perkantoran.

Dengan semakin meningkatnya minat global terhadap konsep *sustainability* atau keberlanjutan maka pembangunan *green building* di Indonesia diharapkan juga akan semakin meningkat. Menurut Soemitro dan Suprayitno (2018) dalam kaitan dengan manajemen aset infrastruktur dan fasilitas, aset yang mempunyai kualitas *green* atau memperhatikan aspek *sustainability* secara baik merupakan salah satu tujuan utama manajemen aset infrastruktur dan fasilitas sehingga mengevaluasi kualitas aspek *green* dari bangunan gedung merupakan suatu hal yang sangat penting. Karena biaya adalah salah satu fokus perhatian paling penting dalam mempromosikan bangunan hijau, maka ada sebuah kebutuhan untuk memberikan bukti yang kuat dalam mengatasi pandangan bahwa biaya awal pembangunan gedung hijau lebih tinggi dibandingkan gedung konvensional (Weerasinghe *et al*., 2017). Oleh sebab itu analisis perbandingan *Life Cycle Cost Green Building* dan *Conventional Building* pada gedung kantor ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang dampak biaya keseluruhan yang ada pada gedung hijau dan gedung konvensional selama siklus hidupnya dan dengan demikian memungkinkan pemerintah dan pihak-pihak yang berkepentingan untuk dapat mengambil keputusan berdasarkan informasi tersebut dalam pembangunan gedung perkantoran di masa yang akan datang.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan permasalahan utama yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Komponen dan sub komponen biaya apa saja yang terdapat dalam proyek *Green Building* dan *Conventional Building* pada gedung kantor pemerintah, mulai dari tahap desain sampai dengan usia yang ditetapkan?
2. Berapakah *life cycle cost Green Building* dan *Conventional Building* pada gedung kantor pemerintah sepanjang siklus hidup gedung tersebut?
3. Bagaimana perbandingan *life cycle cost* antara *green building* dan *conventional building* pada gedung pemerintah serta keuntungan lain apa yang didapatkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan utama yang tercakup dalam penelitian ini berdasarkan perumusan masalah yang telah diuraikan di atas adalah mengetahui perbandingan *life cycle cost* antara *green building* dan *conventional building* pada gedung kantor pemerintah, dengan:

1. Mengidentifikasi komponen dan sub komponen biaya apa saja yang terdapat dalam dalam proyek *Green Building* dan *Conventional Building* pada gedung kantor pemerintah, mulai dari tahap desain sampai dengan usia yang ditetapkan.
2. Menghitung *life cycle cost Green Building* dan *Conventional Building* pada gedung kantor pemerintah di sepanjang siklus hidup gedung tersebut.
3. Membuat perbandingan *life cycle cost* antara *green building* dan *conventional building* pada gedung kantor pemerintah.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain sebagai berikut:

1. Dapat menjadi referensi kuantitatif bagi berbagai pihak, terutama pelaku konstruksi dan pemerintah yang ingin mengambil keputusan investasi terkait pembangunan *green building*, khususnya dalam aspek pembiayaan.
2. Dapat menjadi referensi bidang keilmuan manajemen aset infrastruktur terutama pada infrastruktur bangunan gedung.
3. Dapat dijadikan referensi untuk penelitian sejenis maupun lanjutan di bidang *life cycle cost* dan *green building*.

1.5 Batasan Masalah

Mengingat terbatasnya waktu dalam menjalankan penelitian ini maka diperlukan batasan masalah yang dikaji. Adapun batasan masalah yang ditetapkan adalah:

1. Subyek sekaligut metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis *Life Cycle Cost*.
2. Obyek penelitian adalah gedung kantor pemerintah yang berada di wilayah Kantor Pusat Kementerian PUPR di Jakarta, dalam hal ini Gedung G/BPIW Kementerian PUPR sebagai *Green Building* dan Gedung Direktorat Jenderal SDA sebagai *Conventional Building*.
3. Periode analisis siklus hidup adalah 50 tahun sesuai umur bangunan Gedung negara (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 22/PRT/M/2018)

1.6 Peraturan Perundangan

Adapun peraturan yang terkait mengenai bangunan gedung dan *green building* yang telah diterbitkan oleh pemerintah antara lain:

- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung
    - Peraturan Pemerintah RI No 36 Tahun 2005 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang No 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor : 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor : 02/PRT/M/2015 tentang Pedoman Umum Implementasi Konstruksi Berkelanjutan Pada Penyelenggaraan Infrastruktur Bidang Pekerjaan Umum Dan Permukiman
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor : 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau
- Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 38 Tahun 2012 tentang Bangunan Gedung Hijau
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 24/PRT/M/2008 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Definisi

2.1.1 Bangunan Gedung

Berdasarkan Undang-undang Nomor 28 Tahun 2002 Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara, Bangunan Gedung Negara adalah bangunan gedung untuk keperluan dinas yang menjadi barang milik negara atau daerah dan diadakan dengan sumber pembiayaan yang berasal dari dana APBN, APBD, dan/atau perolehan lainnya yang sah. Contoh bangunan gedung negara antara lain: gedung kantor, gedung sekolah, gedung rumah sakit, gudang, dan rumah negara.

2.1.2 *Green Building*

Green building atau bangunan hijau merupakan bangunan baru yang direncanakan dan dilaksanakan, atau bangunan yang sudah terbangun yang dioperasikan dengan memerhatikan faktor-faktor lingkungan/ekosistem dan memenuhi kinerja: bijak guna lahan, kualitas udara dalam ruangan, hemat air, hemat energi, hemat bahan, dan mengurangi limbah (GBCI, 2009).

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 02/PRT/M/2015 Bangunan Gedung Hijau adalah bangunan gedung yang memenuhi persyaratan bangunan gedung dan memiliki kinerja terukur secara

signifikan dalam penghematan energi, air, dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip bangunan gedung hijau sesuai dengan fungsi dan klasifikasi dalam setiap tahapan penyelenggaraannya.

2.1.3 *Life Cycle Cost*

Menurut Barringer (2003) *Life Cycle Cost* adalah sebuah model ekonomi untuk menjumlahkan estimasi biaya pada sebuah proyek dari awal pembangunan hingga penghancurannya sebagaimana ditentukan oleh studi analitis dan perkiraan total biaya yang dialami dalam peningkatan waktu tahunan selama siklus hidup proyek dengan pertimbangan *time value of money.*

Kelly dan Male (1993) mendefinisikan *Life Cycle Cost* sebagai teknik untuk melakukan evaluasi ekonomi yang memperhitungkan semua biaya yang relevan selama jangka waktu investas dengan penyesuaian berdasarkan *time value of money*.

Menurut Pujawan (2008), *Life Cycle Cost* dari suatu item adalah jumlah semua pengeluaran yang berkaitan dengan item tersebut sejak dirancang sampai tidak terpakai lagi.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Prinsip *Green Building*

Terdapat berbagai definisi mengenai apa yang disebut bangunan hijau atau *green building*. Gupta (2015) menyatakan bahwa *green building* adalah suatu teknik dalam membangun dan mentransformasikan struktur bangunan menjadi sebuah konsep yang sadar lingkungan, berkelanjutan (*sustainable*), dan hemat sumber daya dalam sepanjang daur hidupnya. Konsep ini menggabungkan berbagai fitur seperti penggunaan air yang efisien, efisiensi penggunaan energi dan mendorong penggunaan energi terbarukan, penggunaan material daur ulang, ramah lingkungan, tata guna lahan yang efektif, adanya kontrol yang efektif terhadap manajemen bangunan gedung serta peningkatan kualitas kesehatan dan tingkat kenyamanan dalam ruangan bagi penghuni

gedung. Konsep bangunan hijau tidak hanya mendukung kesehatan manusia tetapi juga melindungi lingkungan dari dampak negatif yang berbahaya dan beracun dari kegiatan pembangunan gedung serta memenuhi syarat konsep pembangunan berkelanjutan.

2.2.2 Manfaat Green Building

Keuntungan membangun sebuah bangunan hijau sangat luas dan beragam, mencakup ketiga aspek mendasar dari konsep keberlanjutan yaitu aspek lingkungan, aspek ekonomi, dan aspek sosial (UNEP, 2012). Dari sudut pandang siklus hidup gedung, pendukung bangunan hijau berpendapat bahwa bangunan gedung hijau lebih unggul dari bangunan gedung konvensional (Dwaikat dan Ali, 2016). Sebuah contoh yang baik dari manfaat *green building* bagi pemilik bangunan dan investor adalah sebuah studi yang telah banyak dikutip yang dilakukan oleh Kats *et al*. (2006) di mana penulis menyimpulkan bahwa bangunan hijau membutuhkan biaya lebih sedikit dalam operasionalnya dan menghemat penggunaan energi rata-rata sebesar 30%. Penulis selanjutnya berpendapat bahwa dengan memperhitungkan manfaat lain seperti pengurangan konsumsi air, biaya pemeliharaan, peningkatan kesehatan dan produktivitas, manfaat finansial *green building* menjadi 10 kali lebih tinggi dari biaya rata-rata premi yang setara dengan 1,84%. Berdasarkan penelitian dan studi kasus yang dilakukan di Australia, Madew (2006) mengidentifikasi manfaat ekonomi dari *green building* yaitu: penghematan sebesar 60% untuk konsumsi energi dan air yang mana menjadi sebuah keuntungan signifikan dalam pengurangan biaya operasional, peningkatan produktivitas sebesar 1 -25%, tingkat pengembalian investasi minimal sebesar 14% lebih tinggi, nilai pasar (*market value*) aset yang lebih tinggi 10%, tingkat sewa lebih tinggi 5-10%, serta keuntungan berupa promosi gratis dalam penelitian dan studi kasus pada fasilitas manufaktur beton pracetak hijau yang disertifikasi oleh Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Ries *et al.* (2006) menyatakan bahwa produktivitas meningkat sekitar 25%, dan energi menurun sekitar 30%. Yudelson (2008) mencatat terdapat 14 manfaat *green building*, antara lain, penghematan energi dan air sebesar 30 - 50%, pengurangan biaya pemeliharaan,

peningkatan nilai properti, peningkatan produktivitas sebesar 3 - 5%, pengurangan tingkat absen pegawai sebanyak 5%, di samping itu untuk manfaat lain yang terkait dengan kesehatan, risiko, pemasaran, dan daya saing. Dalam konteks kesehatan, penulis lebih lanjut berpendapat bahwa bangunan hijau setiap tahun dapat mengurangi penyakit akibat bangunan gedung (*sick building syndrome*) untuk penghuninya sebesar 41,5%. Penyelidikan progresif dan luas memberikan hasil bahwa bangunan hijau dapat mencapai tingkat kualitas lingkungan dalam ruangan yang lebih baik daripada bangunan konvensional dan memiliki keuntungan untuk menumbuhkan profitabilitas dari penghuni serta meningkatkan kenyamanan penghuni (Ojo-Fafore, 2018).

2.2.3 Aplikasi *Green Building* di Indonesia

Praktek dan teknologi *green building* terus berkembang seiring berjalannya waktu dan mungkin terdapat perbedaan antara satu wilayah dengan wilayah lain, begitu pula dengan cara penilaiannya yang biasa dikenal dengan sistem rating (Firsani dan Utomo, 2012). Indonesia memiliki lembaga tersendiri untuk menyelenggarakan kegiatan sertifikasi atau penilaian bangunan hijau yaitu Green Building Council Indonesia atau Lembaga Konsil Bangunan Hijau Indonesia. Salah satu program GBCI adalah menyelenggarakan kegiatan sertifikasi bangunan hijau di Indonesia berdasarkan peringkat penilaian khas Indonesia yang disebut GREENSHIP (Erizal dkk., 2019) di mana di dalamnya memuat kategori, kriteria, dan prasyarat penilaian sebagai berikut.

a. Tepat Guna Lahan (*Appropriate Site Development*-ASD)
    - Area Dasar Hijau (*Basic Green Area*), merupakan Prasyarat
    - Pemilihan Tapak (*Site Selection*)
    - Aksesibilitas Komunitas (*Community Accesibility*)
    - Transportasi Umum (*Public Transportation*)
    - Fasilitas Pengguna Sepeda (*Bicycle Facility*)
    - Lansekap pada Lahan (*Site Landscaping*)
    - Iklim Mikro (*Micro Climate*)

- Manajemen Air Limpasan Hujan (*Stormwater Management*)

b. Efisiensi dan Konservasi Energi (*Energy Efficiency and Conservation-EEC*)
   - Pemasangan Sub-Meter (*Electrical Sub Metering*), merupakan Prasyarat
   - Perhitungan OTTV (*OTTV Calculation*), merupakan Prasyarat
   - Langkah Penghematan Energi (*Energy Efficiency Measures*)
   - Pencahayaan Alami (*Natural Lighting*)
   - Ventilasi (*Ventilation*)
   - Pengaruh Perubahan Iklim (*Climate Change Impact*)
   - Energi Terbarukan Dalam Tapak (*On Site Renewable Energy*) (Bonus)

c. Konservasi Air (*Water Conservation-WAC*)
   - Meteran Air (*Water Metering*), merupakan Prasyarat
   - Perhitungan Penggunaan Air (*Water Calculation*), merupakan Prasyarat
   - Pengurangan Penggunaan Air (*Water Use Reduction*)
   - Fitur Air (*Water Fixtures*)
   - Daur Ulang Air (*Water Recycling*)
   - Sumber Air Alternatif (*Alternative Water Resources*)
   - Penampungan Air Hujan (*Rainwater Harvesting*)
   - Efisiensi Penggunaan Air Lansekap (*Water Efficiency Landscaping*)

d. Sumber dan Siklus Material (*Material Resources and Cycle-MRC*)
   - Refrigeran Fundamental (*Fundamental Refrigerant*), merupakan Prasyarat
   - Penggunaan Gedung dan Material Bekas (*Building and Material Reuse*)
   - Material Ramah Lingkungan (*Environmentally Friendly Material*)
   - Penggunaan Refrigeran tanpa ODP (*Non ODS Usage*)
   - Kayu Bersertifikat (*Certified Wood*)
   - Material Prafabrikasi (*Prefab Material*)
   - Material Regional (*Regional Material*)

e. Kesehatan dan Kenyamanan dalam Ruang (*Indoor Health and Comfort-IHC*)
   - Introduksi Udara Luar (*Outdoor Air Introduction*), merupakan Prasyarat

- Pemantauan Kadar CO2 (*CO2 Monitoring*)
- Kendali Asap Rokok di Lingkungan (*Environmental Tobacco Smoke Control*)
- Polutan Kimia (*Chemical Pollutant*)
- Pemandangan ke luar Gedung (*Outside View*)
- Kenyamanan Visual (*Visual Comfort*)
- Kenyamanan Termal (*Thermal Comfort*)
- Tingkat Kebisingan (*Acoustic Level*)

f. Manajemen Lingkungan Bangunan (*Building Environment Management-BEM*)

- Dasar Pengelolaan Sampah (*Basic Waste Management*)
- GP Sebagai Anggota Tim Proyek (*GP as a Member of Project Team*)
- Polusi dari Aktivitas Konstruksi (*Pollution of Construction Activity*)
- Pengelolaan Sampah Tingkat Lanjut (*Advanced Waste Management*)
- Sistem Komisioning yang Baik dan Benar (*Proper Commisioning*)
- Penyerahan Data Green Building (*Green Building Submission Data*)
- Kesepakatan dalam Melakukan Aktivitas Fit Out (*Fit Out Agreement*)

  Survei Pengguna Gedung (*Occupant Survey*)

Kriteria prasyarat adalah kriteria yang ada di setiap kategori dan harus dipenuhi sebelum dilakukannya penilaian lebih lanjut berdasarkan kriteria kredit dan kriteria bonus. Kriteria prasyarat merepresentasikan standar minimum gedung ramah lingkungan. Apabila salah satu prasayarat tidak dipenuhi, maka kriteria kredit dan kriteria bonus dalam semua kategori tidak dapat dinilai. Kriteria prasyarat ini tidak memiliki nilai seperti kriteria lainnya.

Kriteria kredit adalah kriteria yang ada di setiap kategori dan tidak harus dipenuhi. Pemenuhan kriteria ini tentunya disesuaikan dengan kemampuan gedung tersebut. Bila kriteria ini dipenuhi, gedung yang bersangkutan mendapat nilai dan apabila tidak dipenuhi, gedung yang bersangkutan tidak akan mendapat nilai.

Kriteria bonus adalah kriteria yang memungkinkan pemberian nilai tambah. Selain tidak harus dipenuhi, pencapaiannya dinilai cukup sulit dan jarang terjadi di

lapangan. Nilai bonus tidak mempengaruhi nilai maksimum GREENSHIP, namun tetap diperhitungkan sebagai nilai pencapaian. Oleh karena itu, gedung yang dapat memenuhi kriteria bonus dinilai memiliki prestasi tersendiri (GBCI, 2019).

Tahap penilaian GREENSHIP terdiri dari :

1. Tahap Pengakuan Desain (*Design Recognition* - DR), dengan maksimum nilai 77 poin. Pada tahap ini tim proyek mendapat kesempatan untuk mendapatkan penghargaan sementara untuk proyek pada tahap finalisasi desain dan perencanaan berdasarkan perangkat penilaian GREENSHIP. Tahap ini dilalui selama gedung masih dalam tahap perencanaan.
2. Tahap Penilaian Akhir (*Final Assessment* - FA), dengan maksimum nilai 101 poin Pada tahap ini proyek dinilai secara menyeluruh baik dari aspek desain maupun konstruksi dan merupakan tahap akhir yang menentukan kinerja gedung secara menyeluruh.

Penjabaran nilai pada setiap kategori sesuai tahapan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Penilaian GREENSHIP *rating* untuk *Design Recognition* dan *Final Assesment*

Kategori	**Jumlah Nilai untuk DR**			**Jumlah Nilai untuk FA**		
	Prasyarat	**Kredit**	**Bonus**	**Prasyarat**	**Kredit**	**Bonus**
ASD	-	17		-	17	
EEC	-	26	5	-	26	5
WAC	-	21		-	21	
MRC	-	2		-	14	
IHC	-	5		-	10	
BEM	-	6		-	11	
Jumlah Kriteria dan Tolok Ukur	-	**77**	**5**	-	**101**	**5**

(Sumber: www.gbci.co.id)

Tabel 2.2 Penilaia*n* GREENSHIP *rating* berdasarkan jumlah kriteria

Kategori	**Jumlah Nilai untuk DR**			**Jumlah Kriteria**
	Prasyarat	**Kredit**	**Bonus**	
ASD	1	7		**8**
EEC	2	4	1	**7**
WAC	2	6		**8**
MRC	1	6		**7**
IHC	1	7		**8**
BEM	1	7		**8**
Jumlah Kriteria dan Tolok Ukur	**8**	**37**	**1**	46

(Sumber: www.gbci.co.id)

2.2.4 Komponen Biaya pada *Life Cycle Cost*

Menurut Kelly dan Male (1993) biaya yang terdapat dalam perhitungan *Life Cycle Cost* dijabarkan antara lain sebagai berikut:

a. *Initial Cost* (Biaya Investasi atau Biaya Awal)

   Biaya ini meliputi biaya konstruksi, biaya desain, biaya perizinan, dan biaya pengembangan.

b. *Energy Cost* (Biaya Energi)

   Merupakan penggabungan biaya konsumsi energi dari fasilitas tersebut. Biaya-biaya yang termasuk di dalamnya yaitu biaya listrik, air, minyak, gas alam, batu bara, dan bahan bakar lainnya yang diperlukan dalam pengoperasian fasilitas dan komponen yang ada.

c. *Non energy Operational dan Maintenance Cost* (Biaya Operasional Non-energi dan Pemeliharaan)

   Biaya ini merupakan biaya pemeliharaan berkala yang mungkin terjadi setiap tahun ataupun dalam periode tertentu. Biaya perawatan mempunyai kecenderungan meningkat sejalan dengan bertambahnya usia bangunan. Biaya ini

meliputi biaya keamanan, kebersihan, perawatan rutin, perbaikan rutin, upah tenaga kerja, biaya perawatan taman, dsb.

d. *Replacement Cost* (Biaya Penggantian)

   Biaya ini merupakan biaya yang timbul karena usaha untuk mempertahankan fungsi asli dari suatu bangunan. Biaya di sini termasuk di dalamnya adalah biaya komponen fasilitas, desain ulang, perobohan, perubahan lokasi, biaya buruh material, peralatan, dan overhead.

e. *Residual or Terminal Credit* (Nilai Sisa)

   Nilai sisa merupakan biaya yang bernilai negatif. Nilai ini ditentukan oleh nilai bangunan dan nilai suatu lahan. Namun nilai tersebut biasanya tidak dapat diketahui dengan pasti, sehingga besarnya selalu diestimasikan.

2.2.5 Umur Siklus Hidup

Ashwort (1994) menyatakan bahwa dalam pembiayaan siklus hidup bangunan, usia yang dimaksud dibagi menjadi dua bagian yakni:

1. Usia Bangunan
   a. Usia Fisik: adalah periode antara perolehan awal sampai dengan akhir sebuah aset selama rangkaian kepemilikan.
   b. Usia Fungsional: Fungsi semula bangunan dapat berubah karena adanya perkembangan teknis maupun sosial. Pada keadaan tertentu mungkin cukup dengan menyesuaikan bangunan terhadap perubahan yang terjadi atau bahkan bila perlu mengganti fungsi semula secara menyeluruh.
   c. Usia Ekonomi: atau usia optimum adalah periode waktu (tahun) yang diperkirakan sampai bangunan tersebut dianggap tidak lagi dapat melakukan atau menyelenggarakan fungsinya dan menghasilkan ekuivalen biaya tahunan seragam (*equivalent uniform annual cost*) minimum dari kepemilikan dan pengoperasian sebuah aset.

2. Usia Komponen

Usia dari masing-masing komponen yang berada dalam suatu bangunan perlu diperkirakan secara cermat. Komponen yang terpilih kemudian dipasang atau disusun secara tepat dan dijaga secara cermat agar dapat memiliki usia yang hampir tak terbatas. Lamanya usia komponen ini tergantung pada beberapa faktor seperti pemilihan, pembuatan, pemasangan, pemeliharaan, perbaikan umum, dan penggunaan bangunan yang tepat.

2.2.6 *Time Value of Money*

Uang dapat memberikan hasil pada tingkat suku bunga tertentu melalui investasinya pada suatu periode waktu. Satu dollar yang diterima suatu waktu nilainya tidak sebesar satu dolar di tangan saat ini. Hubungan antara bunga dan waktu menghasilkan konsep nilai-waktu uang (*time value of money*). Uang memiliki nilai waktu karena uang mempunyai daya laba (*earning power*) dan daya beli (*purchasing power*) (Fabricky, 1991).

Menurut Pujawan (2008) untuk melakukan suatu ekivalensi nilai uang kita perlu mengetahui 3 hal, yaitu:

a. Jumlah yang dipinjam atau diinvestasikan
b. Periode waktu peminjaman atau investasi
c. Tingkat bunga yang dikenakan

2.2.6.1 Suku Bunga

Menurut Pujawan (2008) ada 2 jenis bunga yang biasa dipakai untuk melakukan perhitungan nilai uang dari waktu, yaitu bunga sederhana (*simple interest*) dan bunga majemuk (*compound interest*). Bunga sederhana dihitung hanya dari induk tanpa memperhitungkan bunga yang telah diakumulasikan pada periode sebelumnya. Pada bunga majemuk besarnya bunga pada seuatu periode dihitung berdasarkan besarnya

induk ditambah dengan besarnya bunga yang telah terakumulasi pada periode sebelumnya

2.2.6.2 Rumus-rumus ekivalensi

Fabricky (1991) menyatakan bahwa rumus-rumus perhitungan bunga dapat dibagi ke dalam tiga kelompok yaitu:

1. Pembayaran Tunggal (*Single Payment*)
   a. Rumus jumlah majemuk pembayaran tunggal

      Jika sejumlah P ditanamkan pada suatu titik waktu dan i% merupakan tingkat bunga per periode, jumlahnya akan meningkat pada suatu jumlah di masa mendatang. Rumusnya adalah:

$$F = P\,(1+i)^n \qquad 2.1$$

   b. Rumus nilai sekarang pembayaran tunggal

      Rumus nilai sekarang pembayaran tunggal ini mencari nilai P dan digambarkan sebagai berikut:

$$P = F\left(\frac{1}{(1+i)^n}\right) \qquad 2.2$$

2. Pembayaran Seragam
   a. Rumus jumlah majemuk seri pembayaran sama

      Dalam beberapa kasus, jumlah pengeluaran yang terjadi sama di setiap akhir tahun. Rumusannya yaitu:

$$F = A\left(\frac{(1+i)^n-1}{i}\right) \qquad 2.3$$

   b. Rumus penyimpanan dana seri pembayaran

      Yang dicari pada rumus penyimpanan dana seri pembayaran sama adalah A, dan dituliskan sebagai:

$$A = F\left(\frac{i}{(1+i)^n-1}\right) \quad 2.4$$

c. Rumus pengembalian modal seri pembayaran sama dituliskan sebagai:

$$A = P\left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\right) \quad 2.5$$

d. Rumus nilai sekarang seri pembayaran sama

$$P = A\left(\frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}\right) \quad 2.6$$

3. Pembayaran Gradien (*Gradient Series*)

Terdapat dua metode dalam mengevaluasi pengaruh perubahan pembayaran dengan persamaan gradien, yaitu:

a. Gradien seragam, dimana merupakan perubahan gradient yang konstan. Jumlah awal tahunan A tidak ikut dihitung melainkan dihitung secara terpisah. Rumusannya adalah:

$$A = G\left(\frac{1}{i} - \frac{n}{(1+i)^n-1}\right) \quad 2.7$$

b. Gradien geometrik, merupakan perubahan presentase yang konstan, jumlah awal tahunan A ikut dalam perhitungan sehingga besarnya angka perubahan bervariasi (Collier, 1982).

Dengan c = pembayaran awal; r = tingkat pertumbuhan; i = penurunan; w = tingkat pertumbuhan bebas, rumus gradien geometrik terdiri dari:

Bentuk 1. Jika r > i

$$P = \frac{C}{1+i}\left(\frac{(1+w)^n-1}{w}\right) \text{ dimana } w = \frac{1+r}{1+i} - 1 \quad 2.8$$

Bentuk 2. Jika r < i

$$P = \frac{C}{1+r}\left(\frac{(1+w)^n-1}{w(1+w)^n}\right) \text{ dimana } w = \frac{1+r}{1+i} - 1 \qquad 2.9$$

Bentuk 3. Jika r = i

$$P = \frac{Cn}{1+i} \qquad 2.10$$

2.2.7 Metode Nilai Sekarang (*Present Worth Method*)

Menurut Pujawan (2008) pada metode ini semua aliran kas dikonversikan menjadi nilai sekarang (P) dan dijumlahkan sehingga P yang diperoleh mencerminkan nilai netto dari keseluruhan aliran kas yang terjadi selama horizon perencanaan.

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang berkaitan dengan tema *life cycle cost* dan dilakukan pada bangunan gedung sudah banyak yang dilakukan dengan beberapa variasi terhadap variabel yang dihasilkan. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian ini ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.3 Penelitian terdahulu

No	Peneliti	Judul	Variabel	Obyek Penelitian	Metode yang digunakan	Tujuan Penelitian
1	Trixy Firsani dan Christiono Utomo (2012)	Analisis *Life cycle cost* pada *Green Building* Diamond Building Malaysia	*Initial Cost; Operational-Maintenance Cost; Energy Cost; Replacement Cost; Residual Cost* dan Umur Siklus	*Green Building* Diamond Building Malaysia	*Life cycle cost analysis, Present Worth*	Mengetahui kategori biaya apa saja yang terdapat dalam Proyek Diamond Building Malaysia dan juga melihat seberapa besar total biaya yang dikeluarkan oleh suatu bangunan yang berkonsep green building, mulai dari tahap desain sampai dengan usia yang ditetapkan
2	Juli Marliansyah (2014)	Analisis Rencana *Life Cycle Cost* Gedung Hostel pada Kawasan Rumah Sakit Jimbun Medika Kediri	*Development Cost, Operational Cost, Maintenance Cost and Replacement Cost*	Gedung Hostel di Kediri	*Life Cycle Cost*	mengidentifikasi *service life* komponen bahan bangunan gedung hostel, membuat rencana jangka panjang *life cycle cost* gedung hostel
3	Peter F. Kaming (2017)	*Implementation of Life Cycle Costing for a University Building*	*Initial development cost, operational costs, maintenance and replacement costs*	Gedung Kampus Universitas Atma Jaya Yogyakarta	*Life cycle cost analysis*	mengidentifikasi *service life* komponen bahan bangunan gedung, membuat rencana jangka panjang *life cycle cost* dalam jangka 25 tahun untuk gedung kampus Universitas Atma Jaya

No	Peneliti	Judul	Variabel	Obyek Penelitian	Metode yang digunakan	Tujuan Penelitian
4	Achini Shanika Weerasinghe, Thanuja Ramachandra dan Niraj Thurairajah (2017)	*Life Cycle Cost Analysis: Green vs Conventional Buildings in* Sri Lanka	*Construction cost, Operation cost, maintenance cost*	2 *green building* dan 1 *conventional building* pada sektor industri manufaktur di Sri Lanka	*Life cycle cost, Net Present Value*	menilai biaya siklus hidup bangunan industri bidang manufaktur bersertifikasi *Green Building* dari LEED dan biaya bangunan konvensional untuk menentukan dampak fitur berkelanjutan pada biaya siklus hidup

(Sumber : Hasil Review)

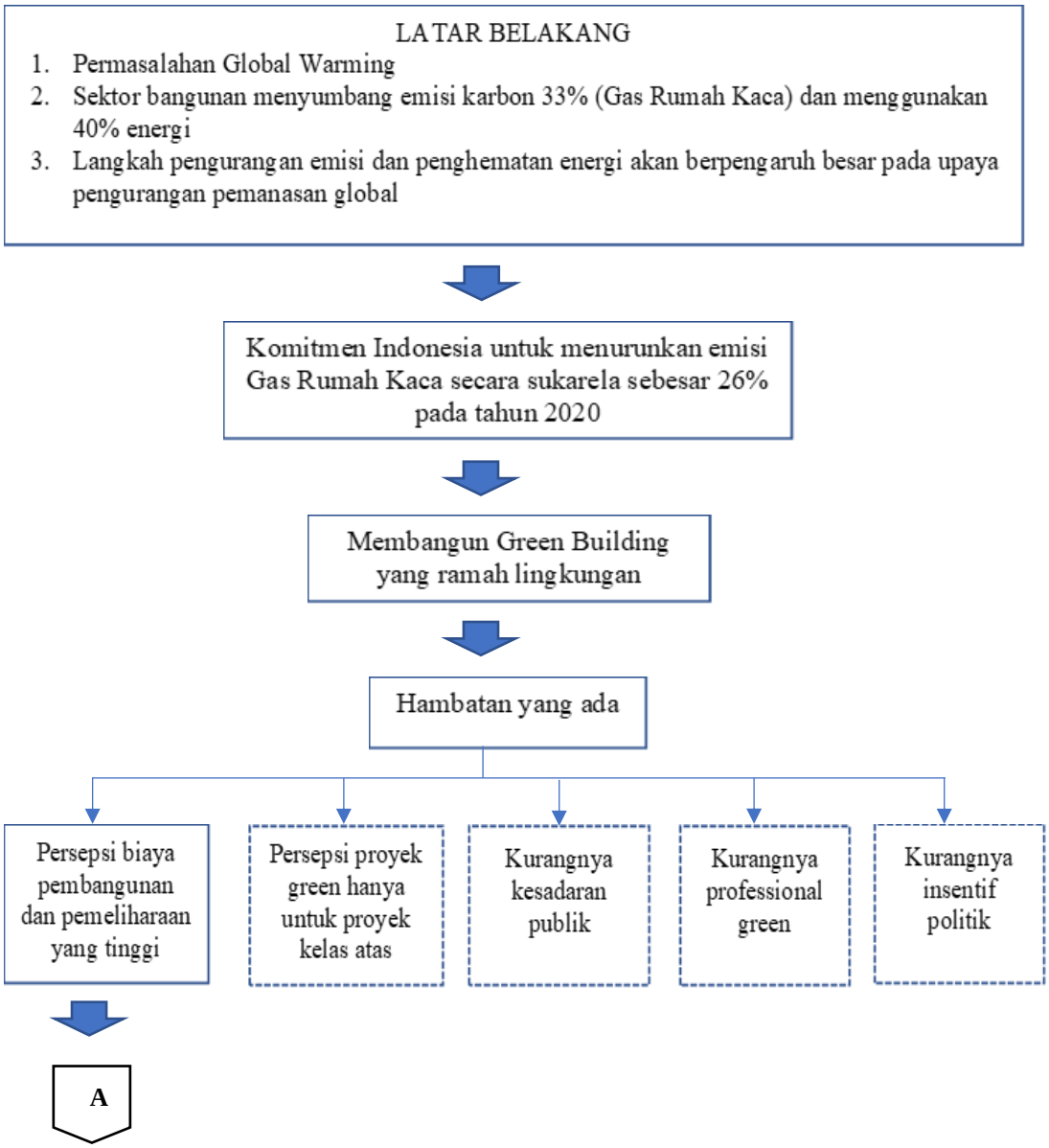
2.4 Posisi Penelitian

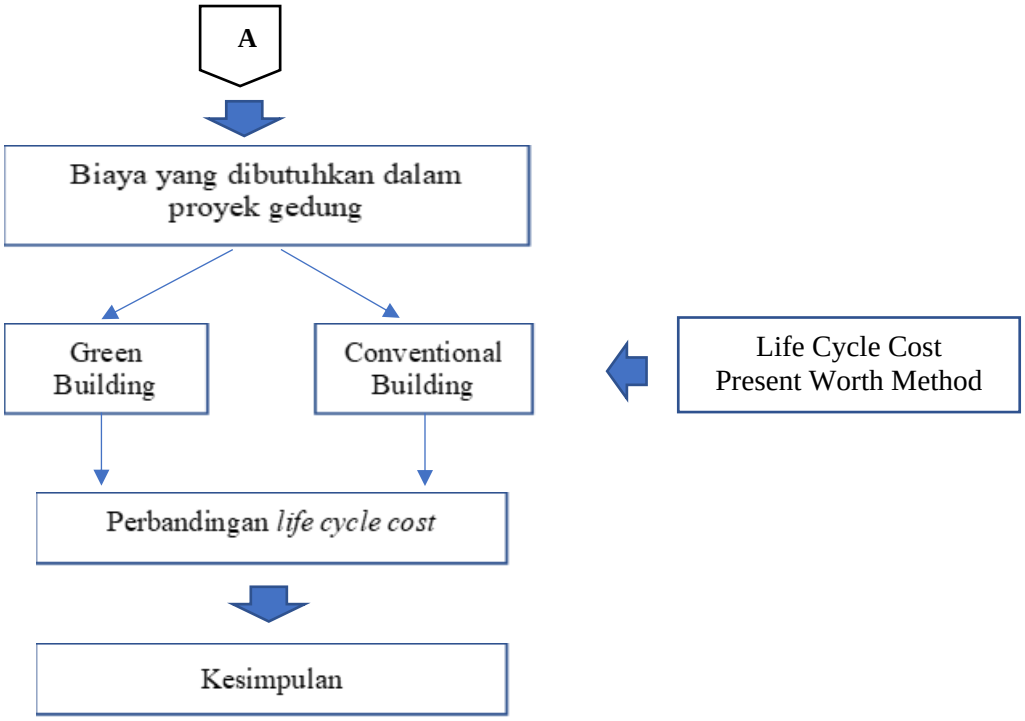
Seperti yang terlihat pada Tabel 2.3 terdapat serangkaian penelitian terdahulu yang telah dilakukan di oleh para peneliti yang mengambil tema berkaitan dengan penelitian ini yakni mengenai *life cycle cost* dan *green building*. Penelitian ini memiliki beberapa kesamaan yaitu pada konsep atau teori dan metodologi yang digunakan terhadap penelitian terdahulu. Hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah pengambilan obyek penelitian yakni gedung kantor pemerintah yang berada di Indonesia. Standar *green building* yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti kriteria GREENSHIP yang ditetapkan oleh GBCI. Data-data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan langsung dari sumber instansi terkait dalam hal ini Kementerian PUPR yang beralamat di Jalan Pattimura 20 Kebayoran Baru Jakarta Selatan sehingga meminimalkan penggunaan estimasi dalam perhitungan dan analisis. Dengan perolehan data aktual dari instansi terkait tersebut maka diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan hasil perhitungan yang lebih akurat dan sesuai dengan kenyataan.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian ini dapat digambarkan pada gambar 3.1 berikut ini:





Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian analisis perbandingan/ komparatif mengenai *life cycle cost* pada bangunan *green building* dengan *conventional building* untuk mendapatkan total biaya siklus hidup serta karakteristik pembiayaan pada bangunan yang menerapkan konsep *green building* dan *conventional building*. Menurut Misbahuddin (2013) analisis komparatif atau analisis perbedaan adalah bentuk analisis variabel (data) untuk mengetahui perbedaan diantara dua kelompok data (variabel) atau lebih. Hipotesis komparatif adalah hipotesis yang dirumuskan untuk memberikan jawaban pada permasalahan yang bersifat membedakan atau membandingkan antara satu data dengan data yang lain (Siregar, 2010)

3.3 Variabel Penelitian

Komponen dasar dalam biaya siklus hidup Infrastruktur Publik terdiri dari biaya investasi, biaya administrasi, biaya operasi tahunan, biaya pemeliharaan tahunan, biaya rehabilitasi, biaya pengembangan, biaya pemindahan, dan biaya manajemen tahunan. Harus dicatat bahwa biaya investasi dan biaya pengembangan biasanya jauh lebih tinggi daripada biaya operasi dan pemeliharaan tahunan. Biaya Rehabilitasi juga bisa sangat tinggi, tergantung pada keseriusan kerusakan infrastruktur (Soemitro & Suprayitno, 2020). Kelly dan Male (1993) mengidentifikasi komponen biaya dalam *life cycle costing* sebagai Biaya Awal *(Initial Cost)*, Biaya Operasional dan Pemeliharaan *(Operational and Maintenance Cost)*, Biaya Energi *(Energy Cost)*, Biaya Penggantian *(Replacement Cost)*, dan Nilai Sisa *(Residual or Terminal credits)*. Berdasarkan definisi-definisi di atas life cycle costing dapat diformulasikan sebagai berikut:

LCC = Initial Cost + Cost of Usage + Cost of Care and Replacement

dimana *Initial Cost* (biaya awal) adalah biaya perencanaan dan pelaksanaan pembangunan, *Cost of Usage* (biaya penggunaan) adalah biaya yang dikeluarkan selama operasional bangunan, dan *Cost of Care and Replacement* (biaya perawatan dan penggantian) adalah biaya untuk pemeliharaan dan penggantian komponen penyusun bangunan selama masa desain bangunan (Kaming, 2017).

Dalam penelitian ini perlu diketahui komponen dan sub komponen biaya apa saja yang terdapat dalam proyek *Green Building* dan *Conventional Building* yang akan dihitung untuk dapat mengetahui biaya siklus hidup gedung tersebut. Berdasarkan referensi mengenai *life-cycle costing* tersebut variabel-variabel dalam penelitian ini beserta data yang diperlukan dapat diidentifikasi sebagai berikut.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Komponen Biaya	**Sub Komponen Biaya**
Biaya Awal (*Initial Cost*)	a. Biaya Perencanaan (Desain dan Supervisi) b. Biaya Manajemen Konstruksi

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Komponen Biaya	Sub Komponen Biaya
	c. Biaya Konstruksi d. Biaya Lain-lain
Biaya Operasional & Pemeliharaan (*Operation and Maintenance Cost*)	a. Biaya Operasional Bangunan b. Biaya Pemeliharaan Gedung dan Prasarana
Biaya Energi dan Air (*Energy and Water Cost*)	a. Biaya Listrik b. Biaya Air
Nilai Sisa (*Salvage Value*)	• Nilai sisa bangunan dihapuskan atau • Nilai sisa bangunan dimanfaatkan kembali

3.4 Data Penelitian

3.4.1 Jenis Data

Dalam penelitian ini digunakan dua sumber data yaitu data primer dan data sekunder. Pengumpulan data terkait dengan permasalahan dalam penelitian ini meliputi:

a. Data primer

   Data ini diperoleh dari hasil wawancara kepada *stakeholder* yang terlibat dalam pembangunan gedung dari Kementerian PUPR, perusahaan dan pengelola gedung yang terkait. Hasilnya digunakan untuk mengetahui penerapan konsep *green* dalam suatu proyek pembangunan, cara pengelolaan gedung serta kegiatan pemeliharaan apa saja yang dilakukan pada gedung tersebut dalam jangka waktu masa operasionalnya sampai dengan saat ini. Dengan cara ini diharapkan dapat diperoleh data yang akurat dan sesuai dengan kenyataan.

b. Data Sekunder

Data sekunder ini diperoleh dari data, bahan-bahan atau dokumen kontrak pembangunan gedung, serta dari berbagai informasi, publikasi ilmiah, dan studi literatur. Data sekunder yang terkait dengan penelitian ini antara lain:

- Gambar desain dan rencana bangunan
- Data mengenai fitur bangunan (utilitas, fitur *green building*)
- Data pengelolaan gedung (operasional gedung, kebersihan, keamanan, pemeliharaan komponen, taman, pengelolaan fitur *green*)
- Data konsumsi energi dan biayanya
- Informasi mengenai jenis bangunan

3.4.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini digunakan dua sumber data yaitu data primer dan sekunder. Pengumpulan data terkait dengan permasalahan dalam penelitian ini meliputi:

a. Studi Pustaka

Melakukan penelusuran terhadap referensi-referensi penelitian yang berkaitan dengan subyek dan obyek penelitian. Studi pustaka meliputi berbagai hal yang berkaitan dengan subyek penelitian, yaitu *life cycle cost*, obyek penelitian, serta pustaka-pustaka pendukung lainnya. Pustaka ini digunakan untuk membentuk pemahaman dan menghasilkan pemikiran dasar tentang konsep-konsep yang ada.

b. Pengolahan data Primer dan Sekunder

Data primer diperoleh dari hasil wawancara digunakan untuk mendeskripsikan dan mengidentifikasi komponen biaya dan *life cycle cost* dalam proyek *Green Building* dan *Conventional Building* pada kantor pemerintah serta untuk melakukan analisis perbandingan *life cycle cost*. Wawancara dilakukan kepada:

Tabel 3.2 Stakeholder yang Terlibat dalam Proyek Gedung

No.	Jabatan	Instansi	Posisi Instansi
1.	Kepala Bagian Prasarana Fisik	Biro Umum Kementerian PUPR	Pemilik dan Pengelola Bangunan Gedung
2.	PPK	SNVT P4SBPUPRL	Pelaksana Proyek
3.	Building Manager	PT. Airkon Pratama	Manajemen Building Gedung G/BPIW
4.	Teknisi	Biro Umum Kementerian PUPR	Pelaksana Operasional Gedung Ditjen SDA

Selain itu wawancara juga dilakukan terhadap pakar dan praktisi bangunan gedung terkait dengan operasional dan pemeliharaan bangunan gedung. Pendapat pakar dibutuhkan untuk memberikan gambaran mengenai kegiatan pemeliharaan apa saja yang umumnya dilakukan pada bangunan gedung dalam periode siklus hidup bangunan gedung sebagai dasar untuk membuat perhitungan estimasi biaya. Pakar dan praktisi bangunan gedung dipilih dengan pertimbangan masa kerja dan pengalaman dalam bidang bangunan gedung. Wawancara dilakukan kepada:

Tabel 3.3 Pakar dan Praktisi Bangunan Gedung

No.	Jabatan	Instansi	Masa Kerja
1.	Kepala Sub bagian Bangunan Gedung dan Rumah Jabatan	Biro Umum Kementerian PUPR	10 tahun
2.	Kepala Sub bagian Utilitas	Biro Umum Kementerian PUPR	11 tahun
3.	Kepala Sub bagian Bangunan Gedung dan Rumah Jabatan (pensiunan)	Biro Umum Kementerian PUPR	>30 tahun

Data Sekunder mengenai dokumen kontrak dan dokumen perencanaan diperoleh dari data Arsip Kementerian PUPR melalui prakarsa Kepala Sub bagian Kearsipan, Biro Umum Kementerian PUPR.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis Pendahuluan

Sebelum dilakukan analisis perbandingan terlebih dahulu dilakukan analisis pendahuluan pada bangunan bersertifikasi GREENSHIP yang ada di Indonesia untuk mengidentifikasi hubungan antara fitur *green* dan dampaknya pada biaya awal serta *life cycle cost*-nya. Analisis pendahuluan dilakukan pada data sekunder yang dikumpulkan dari *Green Building* di Indonesia yang telah bersertifikat GREENSHIP dari GBCI. Berdasarkan daftar gedung perkantoran yang tersertifikasi GREENSHIP, salah satu gedung merupakan gedung kantor pemerintah dengan sertifikasi rating platinum untuk *Design Recognition* yaitu Gedung G/BPIW Kementerian PUPR. Secara bersamaan dilakukan pula analisis data sekunder terhadap gedung kantor pemerintah dengan model konvensional yang berada di lingkungan Kantor Pusat Kementerian PUPR untuk dipilih menjadi obyek penelitian. Dalam pemilihan obyek bangunan yang akan diteliti untuk dibandingkan faktor fungsi bangunan, usia bangunan, tinggi bangunan, luas bangunan dan jumlah pegawai yang menempati bangunan dijadikan sebagai dasar pertimbangan. Analisis perbandingan dilakukan dengan memilih satu bangunan *green building* dan satu bangunan *conventional building* yang memiliki karakteristik fisik dan kinerja yang serupa.

3.5.2 Analisis *Life Cycle Cost*

Analisis *life cycle cost* ini bertujuan untuk menghitung keseluruhan biaya (*total cost*) dari suatu bangunan. Untuk mencapai tujuan tersebut langkah-langkah yang dilakukan adalah:

a. Mengidentifikasi Biaya

   Pada tahap ini dilakukan penelusuran biaya yang terlibat ke pihak-pihak yang terkait dengan mempelajari desain yang ada untuk mengetahui komponen apa saja yang terdapat pada Gedung tersebut. Terhadap biaya-biaya yang telah teridentifikasi kemudian dilakukan penggolongan ke dalam

kategori biaya yang telah ditentukan sebelumnya yaitu: Biaya Awal, Biaya Operasional dan Pemeliharaan, Biaya Energi dan Air, dan Nilai Sisa.

b. Mengestimasi Biaya

Biaya-biaya yang belum diketahui jumlahnya harus diestimasi untuk dapat dihitung. Cara mengestimasi biaya tersebut adalah dengan menggunakan pendekatan biaya, yaitu dengan menggunakan data pendukung estimasi.

c. Metode Nilai Sekarang

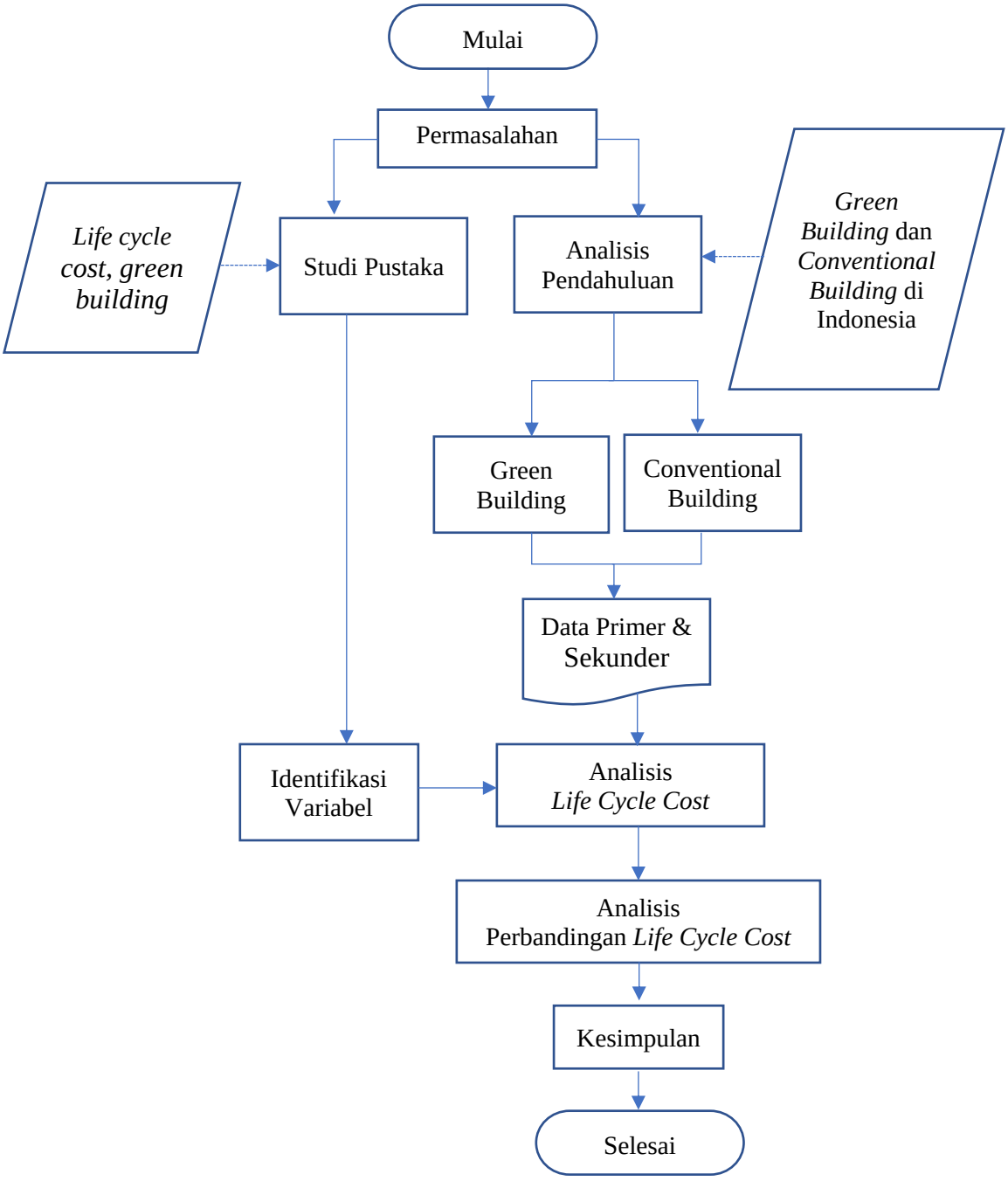
Untuk menghitung keseluruhan biaya tersebut digunakan metode nilai sekarang (*Present Worth Method*) dimana semua biaya dikonversikan ke nilai sekarang (P) dan dijumlahkan sehingga P yang diperoleh mencerminkan nilai netto dari keseluruhan biaya yang terjadi sepanjang siklus. Karena adanya *time value of money*, maka digunakan rumus-rumus bunga dalam perhitungannya. Dari perhitungan akan diperoleh hasil *Present Worth* (PW) dan diberikan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh tersebut. Analisis dilakukan dengan masa siklus 50 tahun dan tingkat bunga yang dipakai untuk melakukan konversi adalah tingkat diskonto (*discount rate*) yang didapat dari data inflasi Bank Indonesia.

3.5.3 Analisis Perbandingan *Life Cycle Cost*

Setelah didapatkan hasil perhitungan *life cycle cost* untuk *green building* dan *conventional building* kemudian dilakukan normalisasi ke dalam besaran luasan bangunan masing masing-masing gedung dalam unit m^2 untuk didapatkan nilai biaya per unit area gedung dalam satuan (Rp/m^2). Dampak biaya dari *green building* didapatkan dari perbandingan hasil nilai biaya per unit area *green building* dan *conventional building* dan ditampilkan dalam persentase.

3.6 Proses Penelitian

Proses penelitian dapat ditunjukkan dalam bagan alir pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

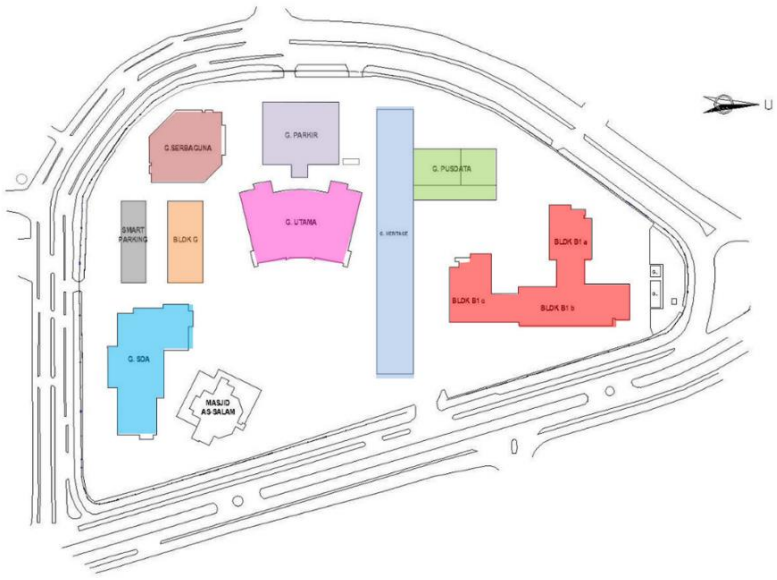
BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Obyek Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan survey pendahuluan untuk memilih 2 gedung yang akan dijadikan obyek penelitian yang memiliki karakteristik fisik dan kinerja yang serupa sebagai bangunan *green building* dan *conventional building*. Kriteria yang menjadi dasar pertimbangan dalam pemilihan obyek adalah faktor fungsi bangunan, usia bangunan, tinggi bangunan, luas lantai dan jumlah pegawai yang menempati bangunan tersebut, serta lokasi bangunan yang dipengaruhi oleh iklim setempat. Survey pendahuluan dilakukan terhadap gedung-gedung yang berada dalam komplek Kantor Pusat Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang bertempat di Jalan Pattimura 20 Kebayoran Baru Jakarta Selatan. Komplek Kantor Pusat Kementerian Pusat Kementerian PUPR merupakan area perkantoran yang menempati lahan seluas 53.846 m^2 dan telah didesain dengan *Green Site Concept* atau konsep yang ramah lingkungan, dimana salah tujuan utamanya adalah menjadikan Kementerian PUPR sebagai pelopor dalam pengaplikasian teknologi bangunan gedung dan diharapkan bisa menjadi contoh bagi kompleks kantor pemerintahan lainnya.

Gambar 4.1 Lokasi Kantor Pusat Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (6°14'11.2"S 106°48'03.1"E)

Kantor pusat Kementerian PUPR saat ini memiliki 9 (sembilan) bangunan gedung yang dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Denah Tata Letak Gedung Kementerian PUPR saat ini

Pada tahun 2010 dibuat rencana pengembangan untuk kompleks kantor Pusat Kementerian PUPR dengan mengusung konsep *green site* dalam satu kawasan. *Masterplan* dari konsep tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4.3 Masterplan Kantor Pusat Kementerian PUPR

Meskipun dalam kenyaatannya sangat sulit untuk menemukan dua bangunan gedung yang identik, namun berdasarkan kriteria yang menjadi dasar pertimbangan dalam penelitian ini dapat ditemukan bangunan *green building* dan *conventional building* yang memenuhi kriteria untuk dilakukan analisis biaya, yaitu Gedung G/BPIW sebagai *green building* dan Gedung Direktorat Jenderal Sumber Daya Air sebagai *conventional building* yang terdapat dalam satu kawasan komplek Kantor Pusat Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. *Conventional building* yang dipilih adalah gedung yang belum/tidak memiliki sertifikasi GREENSHIP sebagai pengakuan bahwa gedung tersebut telah memenuhi standar *green* yang ditetapkan oleh GBCI, sementara *green building* yang dipilih adalah gedung yang telah memiliki sertifikasi GREENSHIP. Kedua gedung ini memiliki karakteristik fisik dan kinerja yang serupa meskipun memiliki luas bangunan serta tahun pembangunan yang berbeda.

Tabel 4.1 Hasil Survey Pendahuluan

Nama Gedung	Gedung Blok G / BPIW	Gedung Ditjen SDA
Status	*Green Building*	*Conventional Building*
Fungsi	Gedung Kantor Pemerintah	Gedung Kantor Pemerintah
Dibangun tahun	2013	2008
Beroperasi tahun	2015	2010
Jumlah lantai	8 lantai, 1 *basement*	8 lantai, 1 *basement*
Luas Bangunan (m^2)	11,677	18,943
Jumlah Pegawai (orang)	901	922

(Sumber: Hasil Survey Pendahuluan)

4.1.1 *Green Building*

Gedung G/BPIW ini merupakan sebuah bangunan berkonsep *green building* yang telah memiliki sertifikasi *Design Recognition* GREENSHIP peringkat Platinum yang dikeluarkan oleh Green Building Council Indonesia (GBCI) dengan memperoleh nilai 61 poin dari nilai maksimal 77 poin.

Tabel 4.2 Pencapaian Pengakuan Desain GREENSHIP NB 1.1

No	Kategori	Poin	Poin Maksimal
1.	*Appropriate Site Development* (ASD)	13	17
2.	*Energy Efficiency and Conservation* (EEC)	16	26
3.	*Water Conservation* (WC)	20	21
4.	*Material Resource and Cycle* (MRC)	2	2
5.	*Indoor Health and Comfort* (IHC)	5	5
6.	*Building Environmental Management* (BEM)	5	6
	TOTAL	**61**	**77**

(Sumber: Laporan Konsultan Perencana)

Gedung G/BPIW ini telah menerapkan konsep *green* sejak dalam tahap perencanaannya. Aspek-aspek konsep *green building* yang dimiliki oleh Gedung G/BPIW sesuai kategori dalam kriteria penilaian GREENSHIP dari GBCI adalah sebagai berikut:

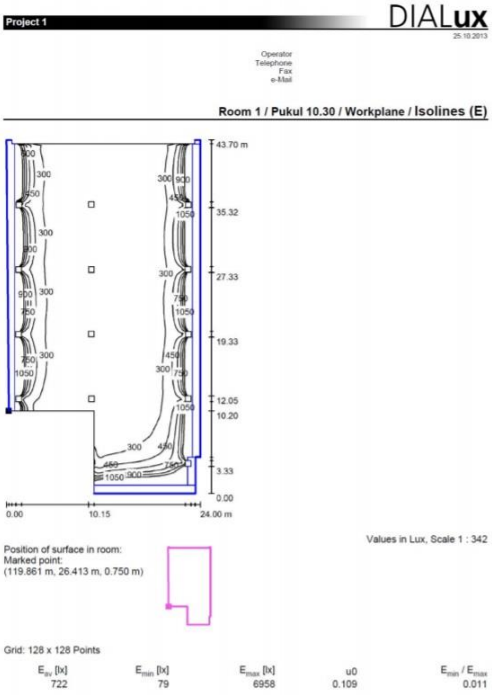
1. *Appropriate Site Development* (Tata Guna Lahan)
   a. Luas Green Area sebesar 12.06% (490 m^2) dibandingkan luas lahan (4,046 m^2).

Gambar 4.4 *Site plan* Gedung G/BPIW

b. Terdapat 9 jenis fasilitas umum (Bank, Taman, Rumah Makan, Ruko, Rumah Sakit, Pos Polisi, Terminal, Masjid) dalam jarak pencapaian jalan utama sejauh 1500 m dari tapak.
c. Akses terhadap transportasi umum dalam jangkauan 300 m (*walking distance*) dari pintu utama komplek gedung, yakni halte bus umum dan halte busway.
d. Tersedianya tempat parkir sepeda sebanyak 100 unit dan shower sebanyak 6 unit pada lantai basement.
e. Menggunakan material-material pada area atap dan non atap untuk mengurangi daya refleksi panas matahari nilai albedo minimum 0,3 sesuai dengan perhitungan.
f. Pengurangan beban volume limpasan air hujan ke jaringan drainase kota dengan penampungan air hujan pada Pond (GWT) Zona A. Seluruh limpasan air hujan yang jatuh pada area atap akan ditampung kedalam tangki air hujan. Seluruh limpasan air hujan yang jatuh pada area perkerasan, akan dialirkan menuju Pond *Ground Water Tank*.

Gambar 4.5 Skema Rencana Pembagian Zona Penanganan Air Hujan Komplek kantor Kementerian PUPR

2. *Energy Efficiency and Conservation* (Efisiensi dan Konservasi Energi)
   a. Orientasi bangunan menghadap ke arah utara – selatan mengurangi paparan sinar matahari.
   b. Penggunaan kaca Stopsol Supersilver Dark Blue 8mm, *Shading Coefficient*, SHC = 0.43 Uvalue: 5.1, WWR = 44%, menghasilkan perhitungan *Overall Thermal Transfer Value* (OTTV) sebesar 30.09 Watt/ m^2.
   c. Menggunakan *energy modelling software* yaitu Sketchup + Open Studio + Energy Plus + Ecotech untuk menghitung konsumsi energi di gedung *baseline* dan gedung *designed*, didapatkan hasil:
      Hasil IKE *Baseline* = 221,97 kWh/m2 .tahun
      Hasil IKE Design = 137,25 kWh/m2 .tahun
      Penghematan = 38.17 %
   d. Penggunaan cahaya alami secara optimal sehingga 39.8% dari luas lantai mendapatkan intensitas cahaya alami sebesar > 300 lux hasil simulasi menggunakan *software* DiaLUX dengan VLT Kaca = 50% dan ditambah dengan adanya *lux sensor* atau sistem otomatisasi pencahayaan buatan untuk area dengan intensitas cahaya alami kurang dari 300 lux.



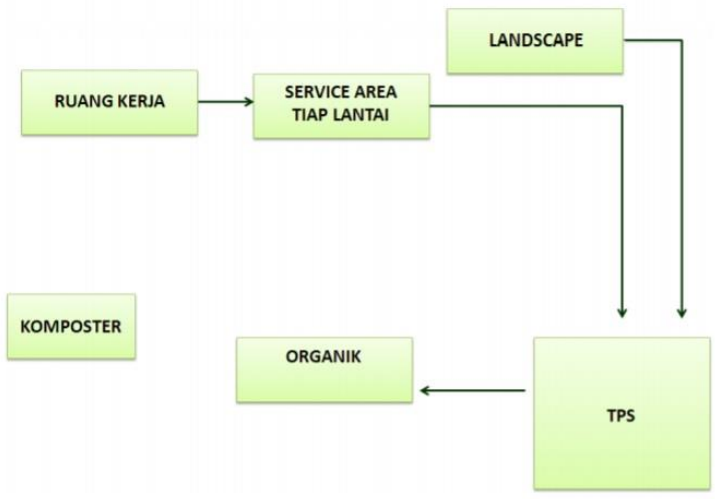
Gambar 4.6 Simulasi DiaLUX pada area ruang kerja pukul 10.30

3. *Water Conservation* (Konservasi Air)
    a. Pemasangan alat meteran air (volume meter) yang ditempatkan di lokasi-lokasi tertentu pada sistem distribusi air.
    b. Konsumsi air bersih dengan jumlah tertinggi 80% dari sumber primer tanpa mengurangi jumlah kebutuhan per orang sesuai dengan SNI 03-7065-2005, berdasarkan perhitungan sebesar 19.6 liter/orang/hari atau sebesar 39.23% dari *baseline*.
    c. Penggunaan *water fixture* yang sesuai dengan kapasitas buangan di bawah standar maksimum kemampuan alat keluaran air sejumlah minimal 75% dari total pengadaan produk *water fixture*.
    d. Instalasi daur ulang air dengan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan seluruh sistem flushing, irigasi, dan make up water cooling tower.
    Sumber Air Recycling = Grey Water dan Air Hujan
    e. Menggunakan Air Hujan dan Air Kondensasi AC yang digunakan untuk keperluan air bersih.
    f. Menampung seluruh air hujan yang jatuh pada atap gedung, Gedung Serbaguna, dan Gedung Parkir dengan instalasi tangki penyimpanan air hujan kapasitas 100% dari jumlah air hujan yang jatuh di atas atap bangunan sesuai dengan kondisi intensitas curah hujan tahunan setempat menurut BMKG.
    g. Seluruh air yang digunakan untuk irigasi gedung tidak berasal dari sumber air tanah dan/atau PDAM.
4. *Material Resource and Cycle* (Penggunaan dan Siklus Material)
    a. Dalam perencaan system tata udara untuk gedung ini menggunakan refrigerant yang ramah lingkungan, yaitu menggunakan *Refrigerant type* R-134a. Bahan pemadam kebakaran menggunakan *Clean Agent* dan CO_2.
    b. Tidak menggunakan bahan perusak ozon pada seluruh sistem gedung.
5. *Indoor Health and Comfort* (Kesehatan dan Kenyamanan dalam Ruangan)
    a. Desain ruangan dengan potensi introduksi udara luar minimal sesuai dengan Standar ASHRAE 62,1-2007 atau Standar ASHRAE edisi terbaru.
    b. Terdapat CO2 sensor pada ruang meeting dan seluruh ruang kerja, yang terhubung dengan *Motorized Volume Damper* untuk mengatur r jumlah

ventilasi udara luar sehingga konsentrasi CO2 di dalam ruangan tidak lebih dari 1.000 ppm.

c. Memasang tanda “Dilarang Merokok di Seluruh Area Gedung” dan tidak menyediakan bangunan/area khusus untuk merokok di dalam gedung.
d. Arah pandangan dalam ruang kerja menghadap langsung ke pemandangan luar untuk mengurangi kelelahan pada mata dengan memberikan pemandangaan dalam jarak jauh.
e. Pada perhitungan beban pendinginan, suhu dan kelembaban relatif ditetapkan 25° C dan 60% RH. Serta penggunaan BAS mempermudah dalam kontrol suhu dan kelembaban pada saat operasional.

6. *Building Environmental Management* (Manajemen Lingkungan Gedung)
   a. Menyiapkan fasilitas untuk tempat pembuangan sampah sementara yang dipisahkan dalam 3 jenis kategori, yaitu sampah organik, sampah anorganik dan B3. Direncanakan bahwa fasilitas ini ditempatkan di setiap lantai dan di beberapa tempat yang mudah dijangkau oleh pengguna gedung dan memudahkan dalam proses pemindahan ke tempat pembuangan sementara. Selanjutnya proses dilakukan oleh pihak ketiga untuk mengambil dan memanfaatkan untuk kompos maupun proses daur ulang.



Gambar 4.7 Proses Alur Sirkulasi Sampah

b. Membentuk *Green Team* yang beranggotakan 7 orang, bertanggung jawab untuk masing-masing kategori agar tujuan gedung dalam rangka Sertifikasi GREENSHIP dapat terpenuhi. Tugas dan kewajiban GREENSHIP *Professional* adalah :

- Mengarahkan langkah-langkah Desain sebuah Green Building sejak tahap awal sehingga memudahkan tercapainya suatu Desain yang memenuhi rating.
- Membantu mengurus Dokumen dan Administrasi serta Formulir-formulir dalam Proses Sertifikasi.
- Memastikan data-data Gedung sampai ke Green Building Council Indonesia dengan baik dan benar.

Gedung G/BPIW ini pada awalnya dibangun untuk memenuhi kebutuhan gedung kantor Direktorat Jenderal Penataan Ruang. Namun seiring dengan perubahan nomenklatur Kementerian dan berpindahnya Direktorat Jenderal Penataan Ruang ke dalam Kementerian Agraria dan Tata Ruang, saat ini gedung tersebut digunakan oleh pegawai Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah (BPIW) dan Direktorat Jenderal Perumahan. Data Administrasi dalam pembangunan Gedung G/BPIW dapat ditampilkan sebagai berikut:

1.	Nama Proyek	:	Pekerjaan Pembangunan Gedung Penataan Ruang dan Fasilitas Penunjang Kampus Kementerian Pekerjaan Umum
2.	Pemilik	:	Kementerian Pekerjaan Umum
3.	Pejabat Pembuat Komitmen	:	PPK Kegiatan Pembangunan Gedung dan Rehabilitasi Gedung, Satuan Kerja Non Vertikal Tertentu (SNVT) Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PU Lainnya
4.	Penyedia Jasa Konstruksi	:	PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.

5.	Konsultan Desain dan Supervisi	:	PT. Arkonin
6.	Manajemen Konstruksi	:	PT. Perentjana Djaja
7.	Jenis Kontrak	:	Kontrak Lum Sump Tahun Jamak (*Multi years Contract*)
8.	Tanggal Mulai Kerja	:	17 April 2013
9.	Jangka Waktu Pekerjaan	:	620 hari
10.	*Final Hand Over*	:	25 Juni 2016
11.	Jumlah Lantai	:	8 lantai dan 1 lantai *basement*
12.	Luas Bangunan	:	11.677 m^2
13.	Luas Ruang Kerja	:	6.021 m^2

Gambar 4.8 Gedung G/BPIW

4.1.2 *Conventional Building*

Gedung Direktorat Jenderal Sumber Daya Air ini pada mulanya dibangun untuk memenuhi kebutuhan gedung kantor bagi pegawai Direktorat Jenderal Sumber Daya Air dan Direktorat Jenderal Penataan Ruang. Gedung tersebut saat ini digunakan oleh pegawai Direktorat Jenderal Sumber Daya Air karena adanya perubahan nomenklatur Kementerian yang mengakibatkan perpindahan Direktorat Penataan Ruang ke Kementerian Agraria dan Tata Ruang. Data Administrasi dalam pembangunan Gedung Direktorat Jenderal Sumber Daya Air dapat ditampilkan sebagai berikut:

1.	Nama Proyek	:	Pekerjaan Pembangunan Gedung Ditjen SDA dan Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum
2.	Pemilik Proyek	:	Kementerian Pekerjaan Umum
3.	Pejabat Pembuat Komitmen	:	PPK Kegiatan Pembangunan Gedung dan Rehabilitasi Gedung, Satuan Kerja Non Vertikal Tertentu (SNVT) Pengembangan, Pengendalian dan Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PU Lainnya
4.	Penyedia Jasa Konstruksi	:	PT. Penyediaan Perumahan (Persero) selaku Kuasa PP-Brantas (KSO)
5.	Konsultan Desain dan Supervisi	:	PT. Bina Karya (Persero)
6.	Manajemen Konstruksi	:	PT. Yodya Karya
7.	Jenis Kontrak	:	Kontrak Lum Sump Tahun Jamak (*Multi years Contract*)
8.	Tanggal Mulai Kerja	:	12 November 2008
9.	Jangka Waktu Pekerjaan	:	380 hari
10.	*Final Hand Over*	:	25 Mei 2010
11.	Jumlah Lantai	:	8 lantai dan 1 lantai *basement*
12.	Luas Bangunan	:	18.943 m^2
13.	Luas Ruang Kerja	:	9.249 m^2

Gambar 4.9 Gedung Ditjen SDA

4.2 Komponen Biaya dalam perhitungan *Life Cycle Cost*

Komponen biaya yang diperlukan dalam perhitungan *life cycle cost* pada penelitian ini adalah Biaya Awal pembangunan gedung (*Initial Cost*), Biaya Operasional dan Pemeliharaan selama siklus hidup gedung (*Operation and Maintenance Cost*), dan Biaya Energi dan Air dalam operasional gedung (*Energy and Water Cost*). Pengumpulan data historis biaya operasional dan pemeliharaan serta biaya energi dan air dilakukan pada periode tahun 2015-2019 untuk kedua gedung yang menjadi obyek penelitian sesuai dengan ketersediaan data. Data-data biaya yang didapatkan kemudian digunakan sebagai dasar dalam perhitungan *life cycle cost*.

4.2.1 *Initial Cost*

Biaya Awal (*Initial Cost*) adalah semua biaya pekerjaan konstruksi awal pada bangunan, termasuk biaya pekerjaan bangunan yaitu biaya pekerjaan bangunan dan pekerjaan eksternal, dan biaya terkait konstruksi lainnya yaitu semua biaya dibayarkan oleh klien sehubungan dengan bangunan atau aset yang dibangun (Kaming, 2017). Pada penelitian ini *Initial Cost* terdiri dari biaya kontrak desain dan supervisi, biaya kontrak manajemen konstruksi, dan biaya kontrak konstruksi.

4.2.1.1 *Initial Cost* pada *Green Building*

Berdasarkan data kontrak Pekerjaan Desain dan Supervisi, Manajemen Konstruksi, dan Konstruksi pada Proyek Pembangunan Gedung Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum, maka *Initial Cost* pada *green building* dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.3 *Initial Cost* pada *Green Building*

No.	Kontrak	Tahun	Biaya	Persentase
1.	Desain dan Supervisi	2011, 2013-2014	Rp5,492,031,641.00	4,66%
2.	Manajemen Konstruksi	2011, 2013-2014	Rp5,175,170,000.00	4,39%
3.	Konstruksi	2013-2014	Rp107,308,384,051.00	90,96%
TOTAL			**Rp117,975,585,692.00**	**100%**

(Sumber: Data Kontrak Gedung Penataan Ruang Kementerian PUPR)

4.2.1.2 *Initial Cost* pada *Conventional Building*

Berdasarkan data aktual dalam kontrak Pekerjaan Desain dan Supervisi, Manajemen Konstruksi, dan Konstruksi pada Proyek Pembangunan Gedung Ditjen SDA dan Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum, maka *Initial Cost* pada *Conventional Building* dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.4 *Initial Cost* pada *Conventional Building*

No.	Kontrak	Tahun	Biaya	Persentase
1.	Desain dan Supervisi	2007, 2008-2009	Rp4,895,319,000.00	2.72%
2.	Manajemen Konstruksi	2007, 2008-2009	Rp4,335,393,000.00	2.41%
3.	Konstruksi	2008-2009	Rp170.855.047.820,00	94.87%
TOTAL			**Rp180,085,759,820.00**	**100%**

(Sumber: Data Kontrak Gedung SDA dan TARU Kementerian PUPR)

4.2.2 *Operation and Maintenance Cost*

Biaya operasional (*Operational Cost*) adalah semua biaya pengoperasian gedung atau fasilitas yang timbul dari bangunan itu sendiri dari huniannya. Biaya ini termasuk: pembersihan rutin dan spesialis misalnya pada permukaan eksternal seperti membersihkan jendela, layar kaca, *cladding*, penyaringan matahari dll., pembersihan internal, dan pembersihan eksternal (Kaming, 2017).

Biaya pemeliharaan (*Maintenance Cost*) adalah semua biaya penggantian, pemeliharaan, perbaikan, dan adaptasi aset yang dibangun. Biaya tersebut terdiri dari: biaya penggantian besar termasuk penggantian terjadwal dan komponen utama yang membentuk siklus hidup aset yang terperinci dalam program penggantian; biaya penggantian kecil dan biaya perbaikan komponen, penggantian suku cadang yang dijadwalkan dan pemeliharaan terjadwal dan perbaikan untuk komponen yang terkait membuat fungsinya kembali baik termasuk pemeliharaan preventif yang direncanakan; penggantian yang tidak terjadwal, alokasi biaya untuk pemeliharaan tak terduga yang timbul dari kegagalan awal, ketidaktepatan penggunaan, dll.;

dekorasi ulang, dekorasi ulang terjadwal; biaya pembaharuan dan adaptasi, jadwal pembaharuan dan adaptasi selama periode analisis (Kaming, 2017).

Green building dan *conventional building* yang diteliti pada studi ini memiliki tahun operasional yang berbeda. Berdasarkan hasil wawancara dan pengumpulan data pada studi ini diperoleh data operasional dan pemeliharaan gedung tahun 2015-2019 sesuai dengan ketersediaan data. Biaya Operasional dan Pemeliharaan diperoleh dari data aktual kontrak Biro Umum selaku pemilik gedung terkait dengan kegiatan operasional dan pemeliharaan yang telah dilakukan terhadap kedua gedung tersebut. Biaya Operasional dan Pemeliharaan rata-rata per tahun akan menjadi komponen biaya dalam perhitungan *life cycle cost*.

4.2.2.1 *Operation and Maintenance Cost* pada *Green Building*

Gedung G/BPIW Kementerian PUPR sebagai bangunan gedung hijau mengedepankan prinsip-prinsip penghematan energi dalam menjalankan kegiatan operasional dan pemeliharaan mengingat energi terbesar yang dikonsumsi suatu bangunan terjadi pada tahap operasional. Operasional dan pemeliharaan yang optimal berbasis "*green"* diperlukan untuk mempertahankan kinerja dan performa bangunan, efisiensi energi, dan meningkatkan kenyamanan pengguna. Hal inilah yang menjadi prioritas dalam pelaksanaan tugas oleh Biro Umum selaku pemilik dan pengelola bangunan di kawasan Komplek Kantor Pusat Kementerian PUPR. Oleh karena itu Biro Umum menggunakan jasa dari penyedia jasa selaku pihak ketiga sebagai operator manajemen building dalam pelaksanaan tugas pelayanan di gedung tersebut. Setiap tahun dilakukan pemilihan melalui proses lelang untuk menunjuk penyedia jasa yang akan melaksanakan pekerjaan pengelolaan manajemen building pada gedung tersebut.

Lingkup pekerjaan kegiatan Manajemen Building mencakup kegiatan Operasional, Pemeliharaan, dan Administrasi. Seluruh kegiatan operasional, pemeliharaan dan pengelolaan gedung tersebut harus berlandaskan pada konsep *green* yang meliputi aspek: penghematan energi, penghematan air, dan ramah lingkungan. Dalam perencanaannya Gedung G/BPIW mempunyai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebesar 140 kWh/m^2/tahun yang merupakan hasil dari simulasi energy menggunakan *Energy Simulation Software*. Angka tersebut

merupakan kinerja yang dijanjikan (*promised performance*). Dalam pelaksanaannya banyak faktor operasional yang mungkin tidak sesuai dengan kondisi ideal pada saat perencanaan sehingga mempengaruhi kinerja sistem gedung dalam mengkonsumsi energi. Oleh karena itu salah satu tugas penyedia adalah memastikan bahwa operasional gedung tersebut dapat berjalan sesuai atau mendekati *promised performance*. Untuk mengukur tingkat pencapaian pekerjaan, maka digunakan tolok ukur berupa *Key Performance Indicator* sebagai berikut:

Tabel 4.5 *Key Performance Indicator* Manajemen Building

No	Deskripsi KPI	KPI	Acuan
1.	Penggunaan energi terhadap acuan	90% dari nilai acuan	140kWh/m^2/tahun
2.	Penggunaan Air (sumber konvensional) terhadap acuan	140 kWh/m^2/tahun	18.5 liter/pegawai/hari
3.	Pencapaian penanggapan keluhan dalam 20 menit	5 keluhan per bulan	Jumlah *Work Order* (WO) tiap bulan
4.	Pencapaian persentase *Preventive Maintenance*	Minimal 75%	Jumlah *Preventive Maintenance*
5.	Rata-rata efisiensi energi Chiller (kW/TR) setiap 6 bulan	5% berdasarkan AHRI standard 550/590	KW/TR=0.569 pada saat beban penuh.
6.	Rata-rata jumlah keluhan yang tertunda	2 keluhan per bulan	Jumlah *Work Order* (WO) tiap bulan

(Sumber: Data Kontrak Manajemen Building Gedung G/BPIW)

Untuk menjaga kinerja di atas terdapat denda yang akan dikenakan kepada penyedia jasa apabila kinerja dalam KPI tidak tercapai. Denda dilakukan pemotongan pembayaran dalam bulan berjalan dengan kriteria sebagai berikut:

Tabel 4.6 Kriteria Denda Manajemen Building

No	Uraian	Target	Denda
1.	Laporan Bulanan	Paling lambat tanggal 10	2 poin/hari keterlambatan
2.	Penggunaan energi terhadap acuan	<90% acuan	5 poin/persen kelebihan dari KPI

Tabel 4.6 Kriteria Denda Manajemen Building

No	Uraian	Target	Denda
3.	Penggunaan air terhadap acuan	<90% acuan	2 poin/persen kelebihan dari KPI
4.	Pencapaian penanggapan keluhan dalam 20 menit	>5 keluhan per bulan	3 poin/keluhan
5.	Pencapaian persentase *Preventive Maintenance*	<75%	5 poin
6.	Rata-rata efisiensi energi Chiller (kW/TR) setiap 6 bulan	>5%	5 poin
7.	Rata-rata jumlah keluhan yang tertunda	>3 keluhan	3 poin/keluhan
Nilai 1 poin = Rp200.000,00			

(Sumber: Data Kontrak Manajemen Building Gedung G/BPIW)

Selain pencapaian kinerja dalam hal efisiensi energi dan progress pemeliharaan, aspek keluhan pengguna yang berkaitan erat dengan kenyamanan penggunaan ruang juga menjadi hal yang penting. Penyedia jasa wajib menjaga ruang kerja agar selalu nyaman dan sehat pada kondisi:

1. Temperatur dalam ruangan pada 25°C dan kelembapan relative (RH) 55%
2. Aliran *fresh air* yang cukup untuk memenuhi kenyamanan pengguna dalam gedung (sesuai Standar ASHRAE 62.1-2007)

Berdasarkan data kontrak SNVT P4SBPUL dan Biro Umum tahun 2015-2019 penyedia jasa yang mengelola Gedung G/BPIW adalah PT. Airkon Pratama, dengan biaya kontrak manajemen building tercantum dalam tabel berikut.

Tabel 4.7 Kontrak Manajemen Building

No.	Tahun	Nilai Kontrak	Periode Kontrak
1.	2015	Rp2.517.493.892,00	6 bulan (Juli-Desember)
2.	2016	Rp4.972.312.378,00	11 bulan (Februari-Desember)
3.	2017	Rp5.108.760.060,00	
4.	2018	Rp5.021.353.278,00	
5.	2019	Rp165.860.843,00	Januari
		Rp165.860.843,00	Februari
		Rp452.203.195,00	Maret
		Rp452.203.195,00	April
		Rp4.539.507.000,00	8 bulan (Mei-Desember)
JUMLAH		**Rp23,395,736,686.00**	

(Sumber: Data Kontrak Manajemen Building Building Gedung G/BPIW)

Dalam menjalankan tugasnya berkaitan dengan operasional, pemeliharaan dan administrasi Gedung G/BPIW tim Manajemen Building berjumlah 61 orang (berdasarkan kontrak Manajemen Building Gedung G tahun 2018) yang terdiri dari:

1. Staf Manajemen
    a. Building Manager: 1 orang
    b. Kepala Bagian Mekanikal, Elektrikal, Plumbing dan IT: 1 orang
    c. Kepala Bagian Arsitektur/Sipil: 1 orang
    d. Kepala Sekretariat: 1 orang
2. Staf Penunjang
    a. Bagian MEP dan IT: 16 orang
    b. Bagian Arsitektur/Sipil: 32 orang
3. Sekretariat: 4 orang

Berdasarkan data kontrak Manajemen Building G tahun 2018 terdapat 3 komponen biaya utama dalam menjalankan kegiatan operasional dan pemeliharaan melalui Manajemen Building. Biaya-biaya ini adalah sebagai berikut:

1. Biaya Personil
    a. Staf Management
    b. Staf Penunjang
2. Layanan Kebersihan

2.1 Bahan Habis Pakai per Bulan

- Peralatan MEP dan IT (Audio Visual)
- Kebersihan Lantai dan Ruangan
- Landscape (Pertamanan)

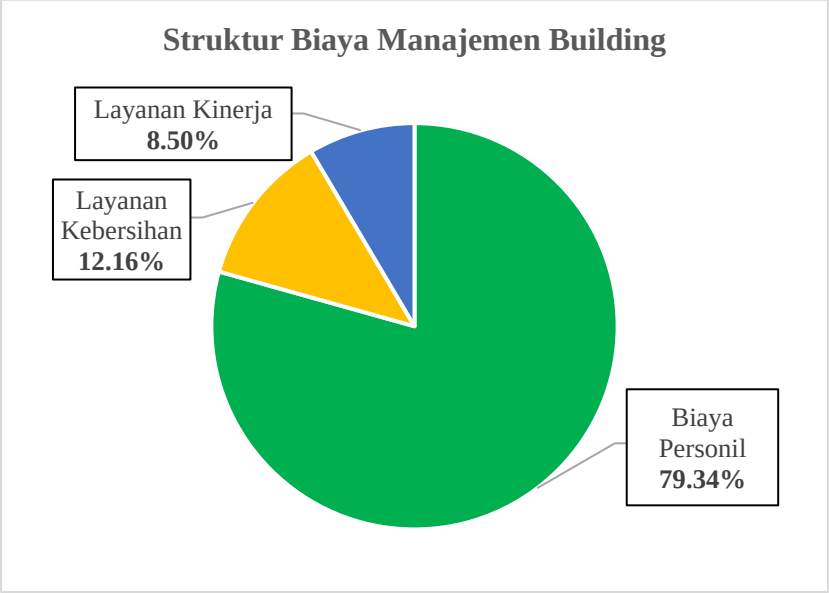
2.2 Sewa Peralatan

- Kebersihan dan Layanan Lainnya untuk Peralatan MEP dan IT
- Kebersihan Lantai dan Ruangan

3. Layanan Kinerja

   Inspeksi Periodik yaitu Kontrak Pemeliharaan Lift, Kontrak Pemeliharaan STP, Chiller, Water Treatment dan Retro Commisioning.

Berdasarkan data kontrak Manajemen Building Gedung G/BPIW tahun 2018 dan identifikasi komponen biaya utama dalam menjalankan kegiatan operasional dan pemeliharaan melalui seperti tertuang di atas, maka dapat dibuat struktur biaya proporsional dari pekerjaan Manajemen Building yang ditunjukkan oleh Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Struktur Biaya Manajemen Building

Kegiatan layanan pemeliharaan yang bersifat *preventive maintenance* dan pemeliharaan kecil dilakukan oleh tim manajemen building sebagai bagian dari tugas dan layanan sehari-hari sesuai dengan *Key Performance Indicator* yang telah ditetapkan. Kegiatan pemeliharaan besar yang bersifat *corrective maintenance* diselenggarakan oleh Biro Umum dengan menggunakan penyedia jasa pihak ketiga lain di luar tim manajemen building. Pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan meliputi pekerjaan terkait mekanikal, elektrikal, plumbing, sipil, arsitektur dan *landscape*. Berdasarkan data kontrak pemeliharaan untuk Gedung G/BPIW yang telah dikumpulkan terlihat bahwa pekerjaan pemeliharaan besar mulai dilakukan pada tahun 2018 dimana usia gedung telah memasuki tahun yang ke 4. Sebelum tahun 2018 tidak ada pekerjaan pemeliharaan besar yang dilakukan karena gedung tersebut masih tergolong bangunan baru sehingga tidak memerlukan pemeliharaan skala besar. Pemeliharaan kecil dan *preventive maintenance* yang dilakukan oleh manajemen building masih memadai untuk menjaga performa bangunan tetap pada level seperti yang diharapkan. Data kontrak pemeliharaan yang dilakukan di luar kontrak Manajemen Building ditampilkan pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Kontrak Pemeliharaan Gedung G/BPIW

No.	Tahun	Jenis Pekerjaan	Nilai Kontrak
1.	2018	Perbaikan/Ganti Peralatan Mekanikal dan Elektrikal Gedung G	Rp132.267.300,00
2.	2018	Perbaikan/Service Generator Set dan Panel Automatic Gedung G	Rp193.316.200,00
3.	2018	Perbaikan Panel Automatic ACB Gedung G	Rp184.376.500,00
4.	2018	Perbaikan STP Black Water dan Water tank Cooling Tower Gedung G	Rp107.910.000,00
5.	2018	Pemeliharaan Gedung G Kantor Pusat	Rp82.557.000,00
6.	2018	Perbaikan bocoran atap lantai VIII Gedung G	Rp197.819.000,00
7.	2018	Perbaikan bocoran atap Gedung G Wing Timur	Rp197.576.000,00
		Sub total	Rp1.095.822.000,00
8.	2019	Jasa Pemeliharaan dan Kebersihan Bangunan Gedung G dan Auditorium	Rp165.776.302,00
9.	2019	Layanan Pemeliharaan Kebersihan dan Persampahan Gedung G dan Auditorium	Rp86.456.590,00

Tabel 4.8 Kontrak Pemeliharaan Gedung G/BPIW

No.	Tahun	Jenis Pekerjaan	Nilai Kontrak
10.	2019	Jasa Pemeliharaan dan Kebersihan Bangunan Gedung G dan Auditorium	Rp165.776.302,00
11.	2019	Layanan Pemeliharaan Kebersihan dan Persampahan Gedung G dan Auditorium	Rp86.456.590,00
12.	2019	Pemeliharaan Mekanikal Elektrikal Gedung BPIW	Rp45.534.950,00
13.	2019	Pemeliharaan Mekanikal Elektrikal Gedung G	Rp6.187.500,00
No.	Tahun	Jenis Pekerjaan	Nilai Kontrak
14.	2019	Perbaikan/Ganti Spare Part Lift Gd. BPIW	Rp40.666.890,00
15.	2019	Pemeliharaan Mekanikal Elektrikal Gedung BPIW	Rp57.731.850,00
16.	2019	Pemeliharaan Mekanikal Elektrikal Gd. BPIW	Rp126.142.500,00
17.	2019	Pemeliharaan Mekanikal Elektrikal Gedung G Kantor Pusat	Rp195.580.000,00
18.	2019	Perbaikan pompa deepwell Gedung G	Rp106.150.000,00
19.	2019	Perbaikan Kanopi Gedung G	Rp36.628.760,00
20.	2019	Pemeliharaan Lantai Atap Gedung G	Rp160.218.000,00
21.	2019	Pemeliharaan Mekanikal Elektrikal Gedung G	Rp29.975.000,00
		Sub total	Rp1.310.281.234,00
		TOTAL	**Rp2,406,103,234.00**

(Sumber: Data Kontrak Pemeliharaan Biro Umum)

Berdasarkan data kontrak pada tabel 4.7 dan tabel 4.8 di atas dapat dihitung bahwa total Biaya Operasional dan Pemeliharaan (*Operation and Maintenance Cost*) pada *green building* pada tahun 2015 sampai dengan 2019 adalah sebesar Rp25,801,839,920.00 dengan nilai rata-rata *Operation and Maintenance Cost* adalah sebesar Rp5,733,742,204.50 per tahun. Berdasarkan tabel di atas dapat dibuat sebuah grafik yang menggambarkan riwayat biaya operasional dan pemeliharaan *green building* yang ditampilkan dalam gambar 4.11 berikut.

Gambar 4.11 Biaya Operasional dan Pemeliharaan *Green Building* Tahun 2015-2019

4.2.2.2 *Operation and Maintenance Cost* pada *Conventional Building*

Gedung Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian PUPR sebagai *conventional building* dioperasikan dan dipelihara secara langsung oleh Biro Umum Kementerian PUPR selaku pemilik. Tugas Biro Umum adalah melaksanakan pembinaan pengelolaan ketatausahaan, kerumahtanggaan, dan prasarana fisik serta urusan protokoler pimpinan dimana salah satu Fungsi Biro Umum pelaksanaan urusan utilitas, bangunan gedung, rumah jabatan serta sarana dan prasarana lingkungan (Permen PUPR No. 03/PRT/M/2019) yang berkaitan erat dengan bangunan gedung. Kegiatan operasional dan pemeliharaan bangunan gedung dilaksanakan oleh Bagian Prasarana Fisik yang memiliki Tugas: melaksanakan pemeliharaan dan pengelolaan utilitas, bangunan gedung, rumah jabatan serta sarana dan prasarana lingkungan. Fungsi dari Bagian Prasarana Fisik adalah penyelenggaraan urusan pemeliharaan dan pengelolaan kawasan Kantor Pusat Kementerian PUPR dan penyiapan pelaksanaan koordinasi pemeliharaan dan pengelolaan prasarana fisik. Bagian Prasarana Fisik sendiri terdiri atas:

1. Subbagian Utilitas.
2. Subbagian Bangunan Gedung dan Rumah Jabatan.
3. Subbagian Sarana dan Prasarana Lingkungan.

Bagian Prasarana Fisik dalam pelaksanaan tugasnya selain memberdayakan staf PNS juga melibatkan staf Non PNS dalam posisi sebagai Teknisi di lapangan. Teknisi ini bertugas membantu pelaksanaan tugas untuk urusan teknis utilitas bangunan (mekanikal, elektrikal, dan plumbing), urusan teknis arsitektur dan sipil bangunan serta urusan pengelolaan sarana dan prasarana lingkungan.

Operasional Gedung Direktorat Sumber Daya Air melibatkan tenaga teknisi berjumlah 13 orang. Teknisi ini siap sedia selama 24 jam dengan sistem piket dan bertugas mengoperasikan AC Chiller setiap hari, melakukan pengecekan bangunan dan peralatan secara rutin, dan melakukan langkah-langkah pemeliharaan preventif terhadap kerusakan-kerusakan yang terjadi dalam bangunan gedung dengan skala kecil. Berdasarkan hasil wawancara dengan teknisi didapatkan data besaran biaya honorarium tiap bulan, uang piket harian di luar jam kerja serta uang piket hari libur yang dijadikan dasar perhitungan sebagai biaya personil. Perhitungan Biaya Personil dalam operasional Gedung Ditjen SDA tahun 2015-2017 ditampilkan pada Tabel berikut:

Tabel 4.9 Biaya Personil Tahun 2015-2017

No.	Orang	Jenis Biaya	Biaya Satuan	Total Biaya
1.	13	Honorarium Pegawai Non PNS (Teknisi) [x12 bulan]	Rp2,500,000.00	Rp32,500,000.00
2.	2	Piket Operasional AC Chiller (pagi dan malam pada hari kerja)	Rp100,000.00	Rp4,400,000.00
3.	2	Uang piket luar jam kerja (pada hari kerja) [22 hari]	Rp150,000.00	Rp6,600,000.00
4.	2	Uang piket luar jam kerja (pada hari libur) [2 shift x 8 hari]	Rp150,000.00	Rp4,800,000.00
			Biaya Personil Bulanan	Rp48,300,000.00
			Tunjangan Hari Raya	Rp32,500,000.00
			Biaya Personil Tahunan	**Rp612,100,000.00**

(Sumber: Hasil Wawancara)

Pada tahun 2018 besaran Honorarium pegawai Non PNS mengalami kenaikan dari nilai sebelumnya. Perhitungan Biaya Personil tahun 2018-2019 ditampilkan pada Tabel berikut:

Tabel 4.10 Biaya Personil Tahun 2018-2019

No.	Orang	Jenis Biaya	Biaya Satuan	Total Biaya
1.	13	Honorarium Pegawai Non PNS (Teknisi) [x12 bulan]	Rp4,450,000.00	Rp57,850,000.00
2.	2	Piket Operasional AC Chiller (pagi dan malam pada hari kerja)	Rp100,000.00	Rp4,400,000.00
3.	2	Uang piket luar jam kerja (pada hari kerja) [22 hari]	Rp150,000.00	Rp6,600,000.00
4.	2	Uang piket luar jam kerja (pada hari libur) [2 shift x 8 hari]	Rp150,000.00	Rp4,800,000.00
			Biaya Personil Bulanan	Rp73,650,000.00
			Tunjangan Hari Raya	Rp57,850,000.00
			Biaya Personil Tahunan	**Rp941,650,000.00**

(Sumber: Hasil Wawancara)

Berdasarkan Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 diatas total biaya operasional Gedung Ditjen Sumber Daya Air selama 5 tahun dari tahun 2015 sampai dengan 2019 adalah sebesar Rp3,719,600,000.00.

Tabel 4.11 Rekap Biaya Operasional Gedung Ditjen SDA tahun 2015-2019

No.	Tahun	Biaya Operasional
1.	2015	Rp612,100,000.00
2.	2016	Rp612,100,000.00
3.	2017	Rp612,100,000.00
4.	2018	Rp941,650,000.00
5.	2019	Rp941,650,000.00
	TOTAL	**Rp3,719,600,000.00**

Pemeliharaan Gedung Ditjen Sumber Daya Air yang bersifat *corrective maintenance* dan pemeliharaan skala besar dilakukan dengan kontrak kerja menggunakan penyedia jasa pihak ketiga. Pekerjaan pemeliharaan dengan nilai kontrak kurang dari Rp200.000.000,00 dilakukan dengan metode penunjukan langsung, sementara untuk pekerjaan pemeliharaan dengan nilai kontrak di atas Rp200.000.000,00 dilakukan dengan metode pelelangan sederhana. Pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan meliputi pekerjaan terkait mekanikal, elektrikal, plumbing, sipil, arsitektur dan *landscape*. Pekerjaan layanan jasa kebersihan gedung juga termasuk dalam pekerjaan yang dilaksanakan menggunakan penyedia jasa pihak ketiga. Berdasarkan data kontrak pemeliharaan untuk Gedung Ditjen Sumber Daya Air yang telah dikumpulkan (Lampiran 3) dibuat rekap perhitungan biaya pemeliharaan gedung seperti ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4.12 Rekap Biaya Pemeliharaan Gedung Ditjen SDA 2015-2019

No.	Tahun	Biaya Pemeliharaan
1.	2015	Rp4,718,668,568.36
2.	2016	Rp4,844,154,725.80
3.	2017	Rp6,783,151,099.00
4.	2018	Rp5,702,004,631.10
5.	2019	Rp4,874,375,540.00
	TOTAL	**Rp26,922,354,564.00**

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.11, dan Tabel 4.12 maka dapat dihitung total Biaya Operasional dan Pemeliharaan (*Operation and Maintenance Cost*) pada *conventional building* pada tahun 2015 sampai dengan 2019 adalah sebesar Rp30,641,954,564.00 dengan nilai rata-rata *Operation and Maintenance Cost* adalah sebesar Rp6,128,390,912.85 per tahun. Berdasarkan tabel di atas dapat dibuat sebuah grafik yang menggambarkan riwayat biaya operasional dan pemeliharaan *conventional building* yang ditampilkan dalam gambar 4.12 berikut.

Gambar 4.12 Biaya Operasional dan Pemeliharaan *Conventional Building* Tahun 2015-2019

4.2.3 *Energy and Water Cost*

Biaya Energi dan Air (*Energy and Water Cost*) pada bangunan gedung pemerintah adalah biaya penggunaan energi listrik dan biaya penggunaan air yang dibayarkan melalui APBN kepada penyedia layanan energi dan air, dalam hal ini adalah PT. PLN Persero dan PT. PAM JAYA. Biaya energi didapatkan dari data konsumsi dan pembayaran bulanan tagihan listrik dan air yang direkapitulasi oleh pengelola bangunan dan dibayarkan melalui Anggaran Biro Umum Langganan Daya dan Jasa.

4.2.3.1 *Energy and Water Cost* pada *Green Building*

Berdasarkan data tagihan listrik pada Gedung G/BPIW Tahun Anggaran 2015-2019 yang dibayarkan oleh Biro Umum kepada PT. PLN Persero maka besaran biaya energi listrik pada *green building* ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 4.13 Biaya Energi Listrik Gedung G/BPIW

No.	Tahun	Total Konsumsi Energi *kWh*	Intensitas Konsumsi Energi *kWh/m^2/tahun*	Biaya Energi *Rp/tahun*
1	2015	621,037	106.37	855,349,368
2	2016	1,384,831	118.59	1,476,424,858
3	2017	1,397,350	119.67	1,552,632,217
4	2018	1,495,638	128.08	1,664,736,671
5	2019	1,504,773	128.87	1,674,825,684
TOTAL (Rp/5 tahun)				**7,223,968,797**

(Sumber: Data Langganan Daya dan Jasa Biro Umum)

Berdasarkan data tagihan air pada Gedung G/BPIW Tahun Anggaran 2015-2019 yang dibayarkan oleh Biro Umum kepada PT. PAM Jaya maka besaran biaya penggunaan air pada *green building* ditampilkan dalam tabel berikut.

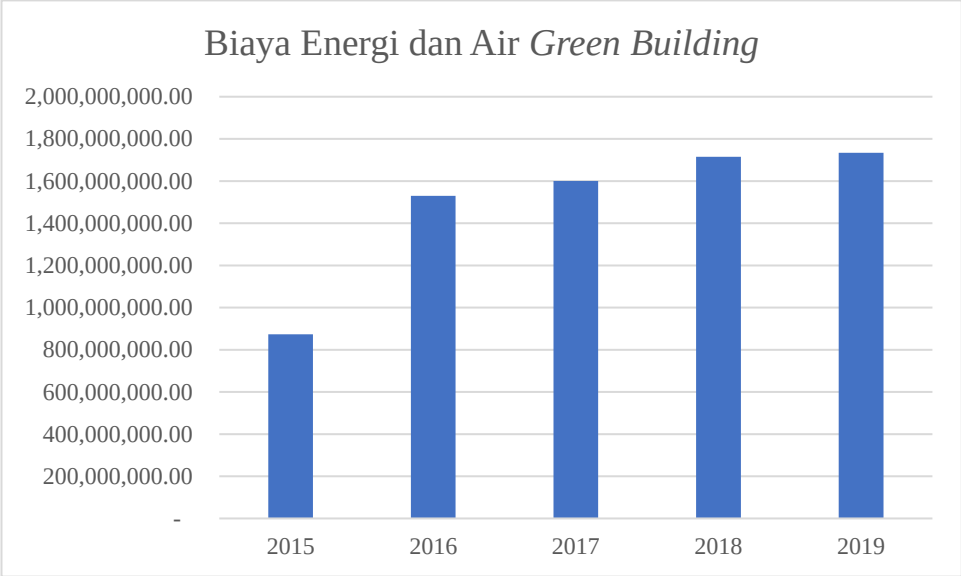
Tabel 4.14 Biaya Air Gedung G/BPIW

No.	Tahun	Total Penggunaan Air *m^3*	Penggunaan Air *liter/pegawai/hari*	Biaya Air *Rp/tahun*
1	2015	1,806	15.07	18,002,059
2	2016	5,398	22.52	53,434,193
3	2017	5,800	24.20	48,12 6,318
4	2018	6,228	25.98	50,413,325
5	2019	7,043	29.38	59,480,041
TOTAL (Rp/5 tahun)				**229,455,936**

(Sumber: Data Langganan Daya dan Jasa Biro Umum)

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.13 dan Tabel 4.14 maka dapat dihitung total Biaya Energi dan Air (*Energy and Water Cost*) pada *green building* pada tahun 2015 sampai dengan 2019 adalah sebesar Rp7,453,424,733.00 dengan rata-rata Biaya Energi sebesar Rp1,656,316,607.00 per tahun. Berdasarkan tabel di

atas dapat dibuat sebuah grafik yang menggambarkan riwayat biaya energi dan air *Green Building* yang ditampilkan dalam gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Biaya Energi dan Air *Green Building* tahun 2015-2019

4.2.3.2 *Energy and Water Cost* pada *Conventional Building*

Berdasarkan data aktual tagihan listrik pada Gedung Ditjen Sumber Daya Air Tahun Anggaran 2015-2019 yang dibayarkan oleh Biro Umum kepada PT. PLN Persero maka besaran biaya energi listrik pada *conventional building* ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 4.15 Biaya Energi Listrik Gedung Ditjen SDA

No.	Tahun	Total Konsumsi Energi *kWh*	Intensitas Konsumsi Energi *kWh/m^2/tahun*	Biaya Energi *Rp/tahun*
1	2015	3,500,568	184.79	4,389,415,495
2	2016	3,779,088	199.50	3,982,694,564
3	2017	3,773,400	199.20	4,083,883,481
4	2018	3,721,584	196.46	4,028,939,329
5	2019	3,714,423	196.08	4,021,718,797
TOTAL (Rp/5 tahun)				**20,506,651,666**

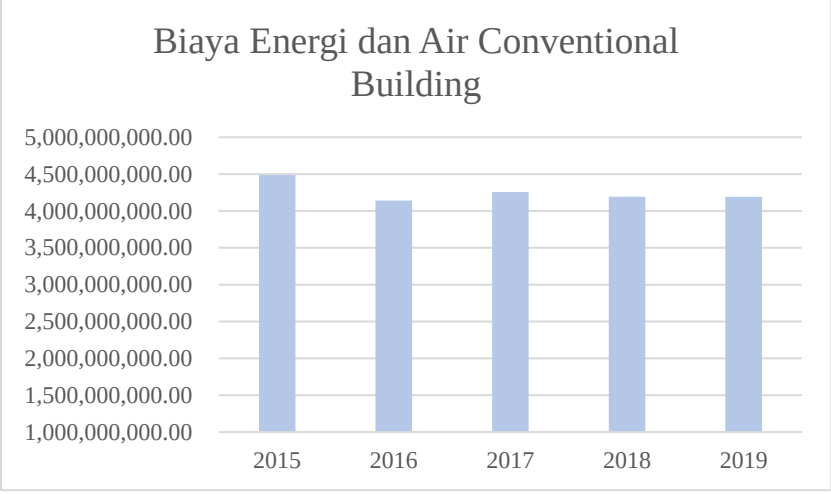
Berdasarkan data tagihan air pada Gedung Ditjen Sumber Daya Air Tahun Anggaran 2015-2019 yang dibayarkan oleh Biro Umum kepada PT. PAM Jaya maka besaran biaya penggunan air pada *conventional building* ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 4.16 Biaya Air Gedung Ditjen SDA

No.	Tahun	Total Penggunaan Air m^3	Penggunaan Air *liter/pegawai/hari*	Biaya Air *Rp/tahun*
1	2015	9,786	41.73	97,178,640
2	2016	16,038	68.39	158,648,447
3	2017	17,419	74.27	171,972,363
4	2018	16,728	71.33	165,236,204
5	2019	17,229	73.46	170,205,767
TOTAL (Rp/5 tahun)				**763,241,421**

(Sumber: Data Langganan Daya dan Jasa Biro Umum)

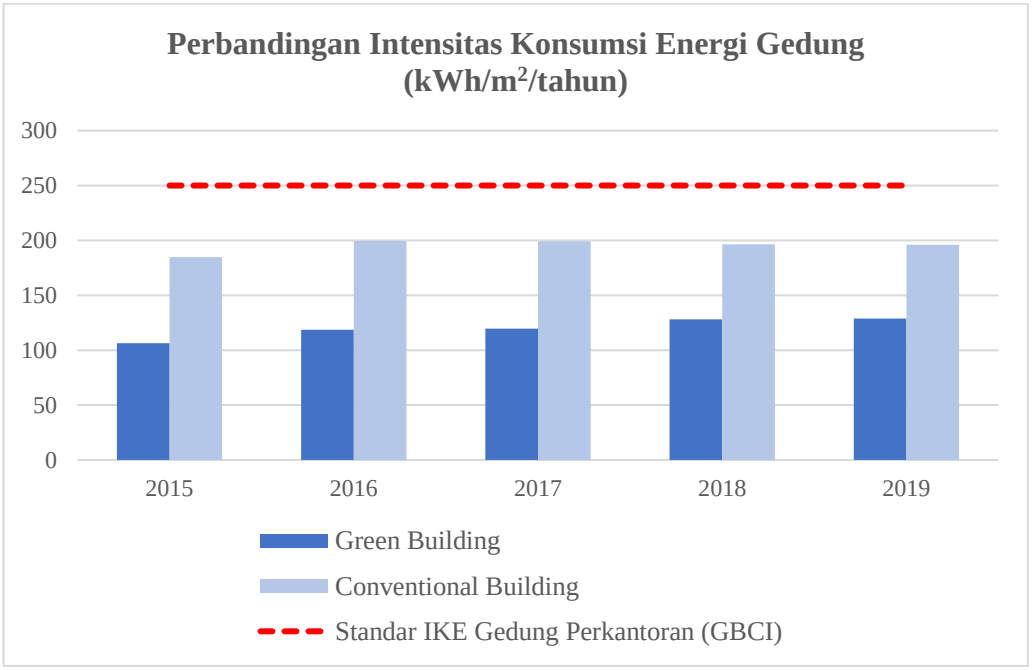
Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16 maka dapat dihitung total Biaya Energi dan Air (*Energy and Water Cost*) pada *conventional building* pada tahun 2015 sampai dengan 2019 adalah sebesar Rp21,269,893,087.00 dengan rata-rata Biaya Energi sebesar Rp4,253,978,617.00 per tahun. Berdasarkan tabel di atas dapat dibuat sebuah grafik yang menggambarkan riwayat biaya energi *Conventional Building* yang ditampilkan dalam gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.14 Biaya Energi dan Air *Conventional Building* tahun 2015-2019

4.2.4 Penghematan Energi

Penghematan energi merupakan salah satu pertimbangan utama dalam pembangunan gedung dengan konsep *green building*. Gedung dengan konsep *green building* akan memiliki keuntungan biaya energi dibandingkan dengan gedung *conventional building* karena penerapan unsur-unsur *sustainability* dalam pembangunan dan operasionalnya. Penggunaan energi listrik dalam gedung menggunakan standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang memperhitungkan penggunaan energi dalam gedung per meter persegi luasan gedung per tahun dalam satuan kWh/m^2/tahun. Berdasarkan acuan standar SNI 6196:2011 tentang Audit Energi Pada Bangunan Gedung dan kriteria yang ditetapkan oleh GBCI (GREENSHIP Rating Tools untuk Gedung Terbangun Versi 1.0) untuk gedung perkantoran di Indonesia Intensitas Konsumsi Energi adalah sebesar 250 kWh/m^2/tahun. Berdasarkan data tabel 4.13 dan 4.15 mengenai biaya penggunaan energi listrik sepanjang tahun 2015-2019 dapat dibuat sebuah grafik yang menggambarkan perbandingan Intensitas Konsumsi Energi aktual *green building*, *conventional building*, dan standar acuan gedung perkantoran seperti disajikan dalam Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.15 Perbandingan Intensitas Konsumsi Energi Aktual Gedung tahun 2015-2019

Berdasarkan Gambar 4.15 di atas terlihat bahwa dalam tiap meter persegi per tahunnya *green building* menggunakan energi lebih rendah dibandingkan *conventional building* dengan rata-rata Intensitas Konsumsi Energi sebesar 120,31 kWh/m^2/tahun untuk *green building* dan 195,21 kWh/m^2/tahun untuk *conventional building*. Rata-rata konsumsi energi *green building* juga lebih rendah apabila dibandingkan dengan standar Intensitas Konsumsi Energi pada gedung perkantoran yakni 48.13% dari *baseline* standar dan sebesar 61.64% dari rata-rata IKE *conventional building*. Penghematan Biaya Energi Listrik aktual dari *green building* dibandingkan dengan *conventional building* dapat dihitung berdasarkan data biaya energi listrik aktual pada tabel 4.13 dan tabel 4.15 dengan besaran biaya benghematan selama periode 2015-2019 sebesar Rp13,282,682,869.00 dan rata-rata biaya penghematan energi sebesar Rp2,656,536,574.00 per tahun. Hasil perhitungan ditampilkan dalam Tabel 4.17 di bawah ini.

Tabel 4.17 Penghematan Biaya Energi Listrik Aktual

No.	Tahun	Biaya Energi *Green Building* *Rp/tahun*	Biaya Energi *Conventional Building* *Rp/tahun*	Penghematan Biaya Energi *Rp/tahun*
1	2015	855,349,368	4,389,415,495	3,534,066,127
2	2016	1,476,424,858	3,982,694,564	2,506,269,706
3	2017	1,552,632,217	4,083,883,481	2,531,251,264
4	2018	1,664,736,671	4,028,939,329	2,364,202,658
5	2019	1,674,825,684	4,021,718,797	2,346,893,113
TOTAL (*Rp/5tahun*)				**13,282,682,869**
Penghematan Biaya Energi rata-rata (*Rp/tahun*)				**2,656,536,574**

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Selain penghematan energi listrik dalam operasional gedung, penerapan konsep *green building* juga memberikan manfaat penghematan dalam penggunaan air. Penghematan penggunaan air merupakan salah satu persyaratan utama dalam penilaian *green building* sebagai kategori *Water Conservation* (WC). Penghematan Biaya Energi Listrik aktual dari *green building* dibandingkan dengan *conventional*

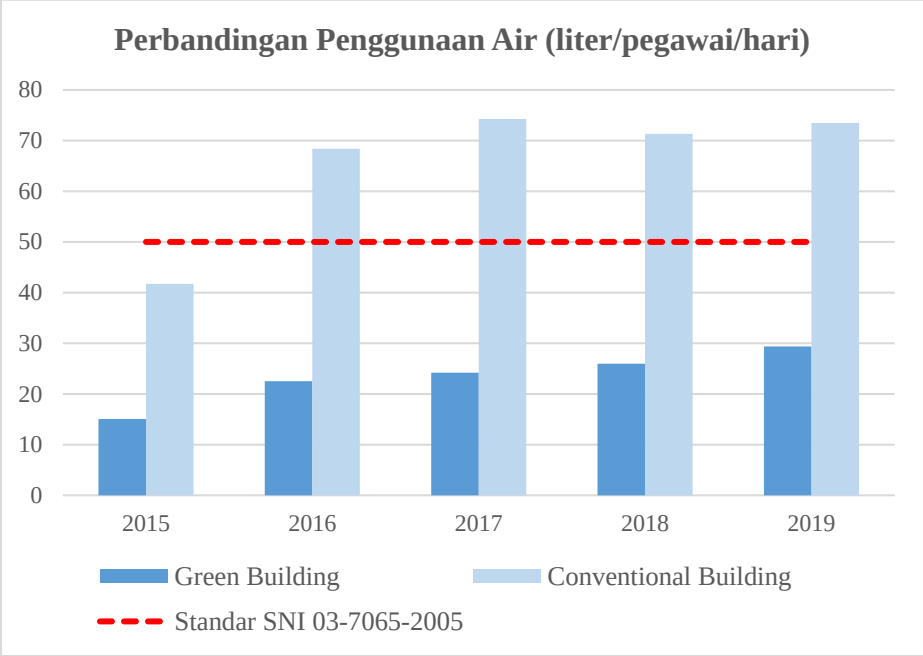
building dapat dihitung berdasarkan data biaya penggunaan air aktual berdasarkan data pada tabel 4.14 dan 4.16 mengenai biaya penggunaan air sepanjang tahun 2015-2019 yaitu sebesar Rp533,785,485.00 dan rata-rata biaya penghematan penggunaan air sebesar Rp106,757,097.00 per tahun. Hasil perhitungan ditampilkan dalam Tabel 4.18 di bawah ini.

Tabel 4.18 Penghematan Biaya Penggunaan Air Aktual

No.	Tahun	Biaya Penggunaan Air *Conventional Building* *Rp/tahun*	Biaya Penggunaan Air *Green Building* *Rp/tahun*	Penghematan Biaya Penggunaan Air *Rp/tahun*
1	2015	97,178,640	18,002,059	79,176,581
2	2016	158,648,447	53,434,193	105,214,254
3	2017	171,972,363	48,126,318	123,846,045
4	2018	165,236,204	50,413,325	114,822,879
5	2019	170,205,767	59,480,041	110,725,726
TOTAL (*Rp/5tahun*)				**533,785,485**
Penghematan Biaya Penggunaan Air rata-rata (*Rp/tahun*)				**106,757,097**

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Standar pemakaian air dalam gedung perkantoran seperti yang tertuang dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-7065-2005 tentang Tata Perencanaan Sistem Plambing adalah sebesar 50 liter/pegawai/hari. Berdasarkan data tabel 4.14 dan 4.16 mengenai biaya penggunaan air sepanjang tahun 2015-2019 dapat dibuat sebuah grafik yang menggambarkan perbandingan penggunaan air aktual *green building*, *conventional building*, dan standar penggunaan air pada gedung perkantoran dengan menggunakan satuan liter/pegawai/hari seperti disajikan dalam Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4.16 Penggunaan Air Gedung tahun 2015-2019

Gambar 4.16 di atas memperlihatkan bahwa dengan jumlah pegawai yang tidak jauh berbeda yaitu 922 pegawai untuk *green building* dan 902 pegawai untuk *conventional building*, penggunaan air dalam liter per pegawai per hari pada *green building* menunjukkan angka yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan penggunaan air pada *conventional building*. Rata-rata penggunaan air pada g*reen building* adalah 23.34 liter/pegawai/hari, sementara penggunaan air pada *conventional building* sebesar 65.84 liter/pegawai/hari. Angka ini menunjukkan bahwa penggunaan air per pegawai per hari pada *green building* adalah 46.86% dari standar penggunaan air pada gedung perkantoran dan sebesar 35.59% dari penggunaan air pada *conventional building*. Pada grafik terlihat bahwa penggunaan air pada *conventional building* melebihi dari standar penggunaan air pada gedung perkantoran. Hal ini mungkin disebabkan karena penggunaan air pada Gedung Direktorat Jenderal Sumber Daya Air menyatu dalam satu ID pelanggan dan meteran air dengan Masjid As Salam yang terletak berdekatan dengan gedung tersebut seperti terlihat pada denah kompleks kantor pusat Kementerian PUPR pada Gambar 4.2 dan 4.3.

Penghematan energi yang dilakukan dalam siklus hidup *green building* selain berdampak terhadap biaya juga berdampak terhadap lingkungan. Seperti telah dijelaskan dalam Bab Pendahuluan bahwa sektor bangunan menyumbang 33% emisi gas rumah kaca yang menjadi penyebab terjadinya pemasan global (UNEP, 2009) dan setiap langkah pengurangan emisi dan penghematan energi akan berpengaruh besar terhadap upaya pengurangan pemanasan global tersebut. Aspek dampak terhadap lingkungan sendiri menjadi salah satu poin dalam penilaian *green building* yang termasuk dalam kategori *Energy Efficiency and Conservation* (EEC) sub kategori *Climate Change Impact* dalam GREENSHIP *New Building Version* 1.1 *Rating Tools* dari GBCI. Perhitungan emisi Gas Rumah Kaca menggunakan rumusan sebagai berikut:

Emisi Gas Rumah Kaca (CO_2 ton/tahun) =
Konsumsi Energi per tahun (MWh/tahun) x Faktor Emisi 4.1

Berdasarkan jumlah total konsumsi energi *green building* dan *conventional building* pada tabel 4.13 dan tabel 4.15 dapat dihitung pengurangan emisi gas rumah kaca yang telah terjadi selama periode tahun 2015-2019 dengan menghitung selisih total konsumsi energi. Faktor Emisi merupakan sebuah angka konstanta dengan nilai tertentu. Berdasarkan data Faktor Emisi GRK Sistem Interkoneksi Tenaga Listrik tahun 2016 yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral untuk lokasi JAMALI (Jawa, Madura, Bali) nilai Faktor Emisi (*ex-post*) adalah 0,877 (Lampiran 4). Tabel perhitungan pengurangan emisi gas rumah kaca ditampilkan dalam Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Perhitungan Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca

No.	Tahun	Konsumsi Energi Listrik *Green Bulding* *kWh/tahun*	Konsumsi Energi Listrik *Conventional Building* *kWh/tahun*	Selisih Konsumsi Energi Listrik *kWh/tahun*	Pengurangan emisi CO_2 *ton* CO_2
1	2015	621,037	3,500,568	2,879,531	2,525
2	2016	1,384,831	3,779,088	2,394,257	2,100
3	2017	1,397,350	3,773,400	2,376,050	2,084
4	2018	1,495,638	3,721,584	2,225,946	1,952
5	2019	1,504,773	3,714,423	2,209,650	1,938
TOTAL (*ton* CO_2*/5 tahun*)					**10,599**

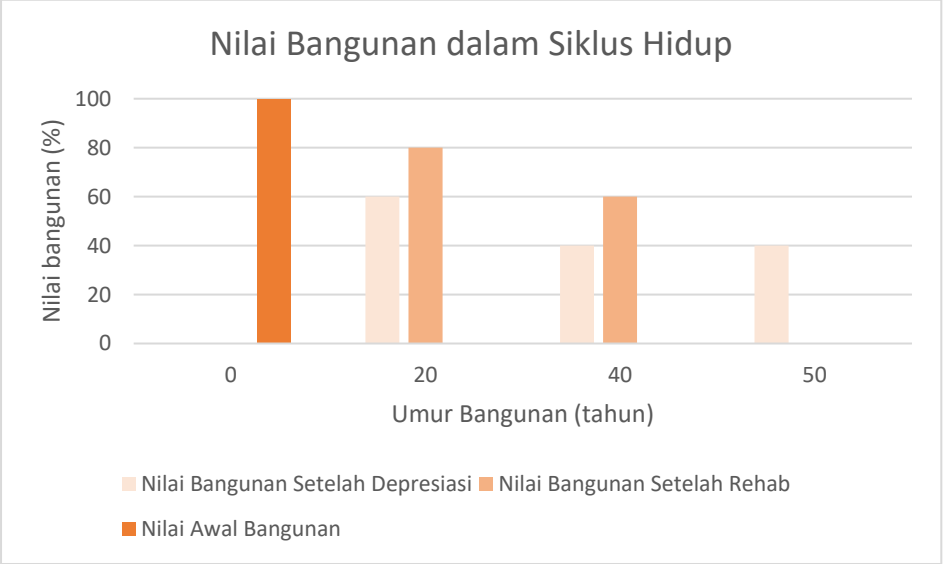
Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.19 di atas pengurangan emisi gas rumah kaca yang terjadi dengan penerapan *green building* pada kantor Kementerian PUPR selama periode 5 tahun dari 2015-2019 adalah sebesar total 10,559 ton CO_2 dengan rata-rata pengurangan emisi gas rumah kaca sebesar 2,119.79 ton CO_2/tahun.

4.2.5 *Salvage Value*

Pada akhir periode siklus hidup bangunan yang ditetapkan terdapat nilai sisa dari bangunan tersebut yang masih mempunyai nilai ekonomi. Nilai sisa adalah nilai moneter yang ditetapkan untuk aset pada akhir periode analisis *life cycle cost* (Bourke, 2016). Berdasarkan Peraturan Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Gedung Negara nilai sisa (*salvage value*) dari bangunan gedung pada akhir siklus hidup ditetapkan minimal sebesar 20% dari nilai bangunan. Nilai sisa minimal sebesar 20% ini dijadikan dasar estimasi dalam perhitungan nilai sisa pada kasus bangunan gedung dihapuskan pada akhir siklus hidup tanpa mempertimbangkan biaya penghapusan (*disposal cost*) dari aset tersebut. Contoh nyata penghapusan aset bangunan gedung yang terjadi pada kantor pusat Kementerian PUPR adalah penghapusan 4 unit bangunan yaitu Gedung VIII, Gedung IX, Gedung X, dan Gedung XI (Penghapusan Gedung Lama Tahap 1) untuk kemudian dibangun gedung baru pada lahan tersebut yaitu Gedung Ditjen

SDA dan Masjid As-Salam, serta penghapusan 6 unit bangunan yaitu Gedung I (ex. Biro Kepegawaian dan Ortala), Gedung II (ex. Gedung Ditjen Penataan Ruang), Gedung III (ex. Gedung Dit. Bina Program SDA), Gedung IV (ex. Gedung Ditjen Penataan Ruang), Gedung V (ex. Gedung Biro Keuangan), dan Gedung XIII (ex. Ruang marching band Buldozer dan kantin PU) yang tercakup dalam program Penghapusan Gedung Lama Tahap 2 untuk pembangunan Gedung Utama Kementerian PUPR dan Gedung Parkir.

Bangunan gedung dalam siklus hidupnya akan mengalami kerusakan sehingga memerlukan perawatan dan perbaikan secara periodik. Nilai bangunan akan mengalami penyusutan atau depresiasi yang dihitung secara sama besar setiap tahunnya selama jangka waktu umur bangunan, yakni ditetapkan sebesar 2% setiap tahun (Permen PUPR No. 22/PRT/M/2018). Permen PU Nomor: 24/PRT/M/2008 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung menyatakan Rehabilitasi adalah kegiatan perawatan bangunan untuk memperbaiki bangunan yang telah rusak sebagian dengan maksud menggunakan sesuai dengan fungsi tertentu yang tetap, baik arsitektur maupun struktur bangunan gedung tetap dipertahankan seperti semula, sedang utilitas dapat berubah. Hasil wawancara terhadap pakar dan praktisi bangunan gedung (Lampiran 6) menunjukkan bahwa pada umumnya rehabilitasi pada bangunan gedung dilakukan dalam periode 15-25 tahun dengan estimasi biaya sebesar 15-25% dari nilai pembangunan gedung. Dalam analisis *life cycle cost* pada penelitian ini digunakan nilai tengah dari estimasi pakar yakni rehabilitasi gedung pada periode 20 tahun usia bangunan dan biaya rehabilitasi sebesar 20% dari biaya konstruksi awal sebagai dasar perhitungan. Rehabilitasi ini akan meningkatkan kembali nilai bangunan sehingga diharapkan dapat memperpanjang usia bangunan.



Gambar 4.17 Nilai Bangunan dalam siklus hidup 50 tahun

Pada akhir periode siklus hidup bangunan seperti yang ditetapkan sesuai Permen PUPR No. 22/PRT/M/2018 yakni 50 tahun, pada kenyataannya terdapat bangunan yang masih tetap dapat dimanfaatkan dan tidak dihapuskan secara aset. Contoh nyata bangunan yang tetap dimanfaatkan kembali setelah melewati umur siklus yang ditetapkan adalah Gedung Heritage di kantor pusat Kementerian PUPR. Gedung Heritage ini dibangun pada tahun 1962 dan saat ini telah mengalami perubahan fungsi pemanfaatan yang awalnya sebagai gedung utama dan kantor pusat Menteri menjadi gedung pelayanan umum dan sebagian kantor. Hal ini menunjukkan bahwa setelah melewati umur siklus, bangunan gedung tidak selalu harus dihapuskan dan bangunan masih dapat dimanfaatkan kembali. Dalam pemanfaatannya banguna dapat mengalami peralihan fungsi atau renovasi untuk mengembalikan kondisi bangunan tetap layak untuk dimanfaatkan. Untuk perhitungan nilai sisa bangunan pada kasus bangunan dimanfaatkan kembali memperhitungkan nilai bangunan sepanjang siklus hidup dengan nilai sisa pada akhir siklus seperti terlihat pada gambar 4.17 yakni sebesar 40% dari nilai bangunan pada akhir siklus hidup 50 tahun.

4.3 Analisis *Life Cycle Cost*

4.3.1 Perhitungan *Life Cycle Cost*

Analisis *Life Cycle Cost* menggunakan pendekatan ekivalensi metode nilai sekarang (*Present Worth Method)* dengan menggunakan data biaya yang telah dikumpulkan sebelumnya dengan memperhitungkan:

1. *Discount rate* (i): 4.79%, diperhitungkan dari rata-rata angka inflasi di Indonesia dalam 11 tahun terakhir periode tahun 2009 – 2019 (Lampiran 5).
2. Periode analisis (n): 50 tahun, sesuai usia bangunan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara.
3. *Present time*/tahun ke-0: tahun 2014
4. Tahun ke-1: tahun 2015, sesuai tahun pertama operasional *green building*.

Biaya-biaya awal yang terjadi sebelum tahun operasional gedung dalam komponen biaya *Initial Cost green building* tidak terpengaruh oleh *time value of money* karena masuk dalam tahun ke-0 di awal siklus. Komponen biaya *Initial Cost* pada *conventional building* yang dibangun pada tahun 2008 diperhitungkan menjadi nilai pada tahun 2014 mengikuti pengaruh *time value of money* dalam perhitungannya.

Biaya Operasional dan Pemeliharaan (*Operation and Maintenance Cost*) serta Biaya Energi (*Energy Cost*) diperhitungkan menggunakan rata-rata biaya dalam satu tahun atau nilai *annual* (A). Nilai A diperhitungkan tetap sepanjang siklus. Perhitungan nilai sekarang dari biaya-biaya tersebut menggunakan Rumus 2.6 yaitu rumus nilai sekarang seri pembayaran sama (*equal-payment-series present-amount formula*) dengan *discount rate* (i) ditetapkan sebesar 4.79% dan periode siklus (n) adalah 50. Perhitungan nilai sisa pada akhir masa siklus hidup untuk bangunan dihapuskan adalah sebesar 20% dari nilai bangunan (sesuai Permen 22/PRT/M/2018) dan untuk bangunan dimanfaatkan kembali adalah sebesar 40% dengan memperhitungkan proses rehabilitasi yang terjadi secara berkala tiap 20 tahun (Gambar 4.17). Nilai sisa ini merupakan biaya yang bernilai negatif.

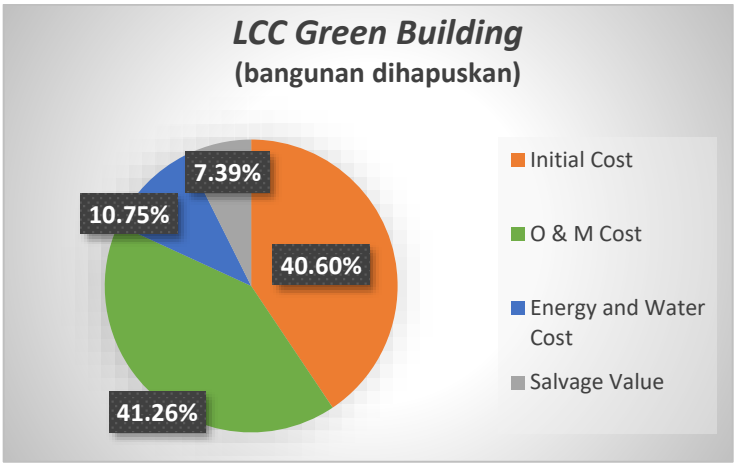
Life Cycle Cost gedung didapatkan dari penjumlahan keseluruhan biaya yang terdapat dalam siklus hidup bangunan tersebut, dengan mengikuti perhitungan nilai sekarang (*present worth*). Analisis *life cycle cost* dilakukan pada g*reen building* dan *conventional building* untuk kemudian dilakukan analisis perbandingan dengan menormalisasi nilai yang didapatkan dalam analisis ini dengan luas bangunan masing-masing gedung dalam biaya per m^2.

4.3.2 Analisis *Life Cycle Cost Green Building*

Berdasarkan data *Initial Cost* pada tabel 4.3, data *Operation and Maintenance Cost* pada tabel 4.7 dan tabel 4.8, serta *Energy and Water Cost* pada tabel 4.13 dan 4.14 dapat dihitung *Life Cycle Cost* dari *green building*. Selain itu menurut Peraturan Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Gedung Negara nilai sisa bangunan pada akhir siklus hidup adalah minimal sebesar 20% dari nilai bangunan. Setiap periode 20 tahun sekali dilakukan rehabilitasi pada bangunan dengan biaya sebesar 20% dari nilai bangunan. Perhitungan *life cycle cost* pada *green building* pada kasus bangunan dihapuskan dapat ditampilkan pada tabel 4.20 berikut ini.

Tabel 4.20 Perhitungan *Life Cycle Cost Green Building* (kasus bangunan dihapuskan)

***LCC Green Building* (bangunan dihapuskan)**			
Discount rate (i) :	4.79%		
Life Cycle (years):	50		
Present time :	2014		
Cost Category	Cost *Rp*	PW Factor	Present Worth (2014) *Rp*
Initial Cost			117,975,585,692.00
Operation and Maintenance Cost	5,733,742,204.50	18.8646	108,164,871,235.26
Rehabilitation Cost	21,461,676,810.20	0.5462	11,721,829,705.73
Energy and Water Cost	1,656,316,607.36	18.8646	31,245,784,370.84
Salvage Value			21,461,676,810
TOTAL *Life Cycle Cost*			**247,646,394,194**

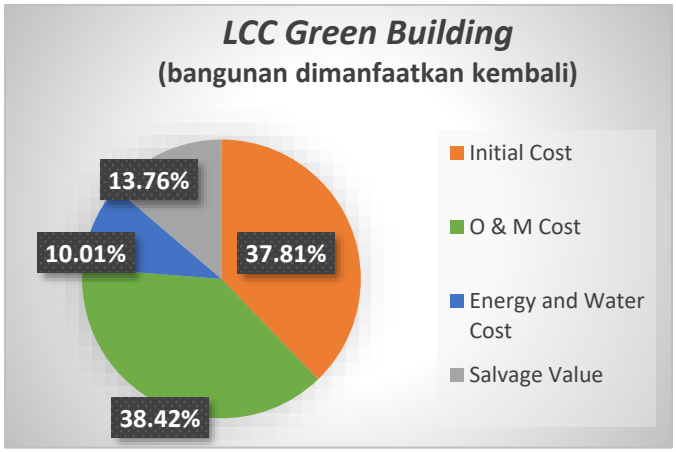


Gambar 4.18 Diagram *Life Cycle Cost Green Building* (kasus bangunan dihapuskan)

Berdasarkan perhitungan nilai bangunan dengan dilakukannya rehabilitasi sepanjang siklus hidup bangunan dan nilai sisa pada akhir siklus hidup seperti ditampilkan pada gambar 4.17 di atas maka perhitungan *life cycle cost* pada kasus bangunan dimanfaatkan kembali setelah umur siklus berakhir dapat disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.21 Perhitungan *Life Cycle Cost Green Building* (kasus bangunan dimanfaatkan kembali)

***LCC Green Building* (bangunan dimanfaatkan kembali)**			
Discount rate (i) :	4.79%		
Life Cycle (years):	50		
Present time :	2014		
Cost Category	Cost *Rp*	PW Factor	Present Worth (2014) *Rp*
Initial Cost			117,975,585,692.00
Operation and Maintenance Cost	5,733,742,204.50	18.8646	108,164,871,235.26
Rehabilitation Cost	21,461,676,810.20	0.5462	11,721,829,705.73
Energy and Water Cost	1,656,316,607.36	18.8646	31,245,784,370.84
Salvage Value			42,923,353,620
TOTAL *Life Cycle Cost*			**226,184,717,383**



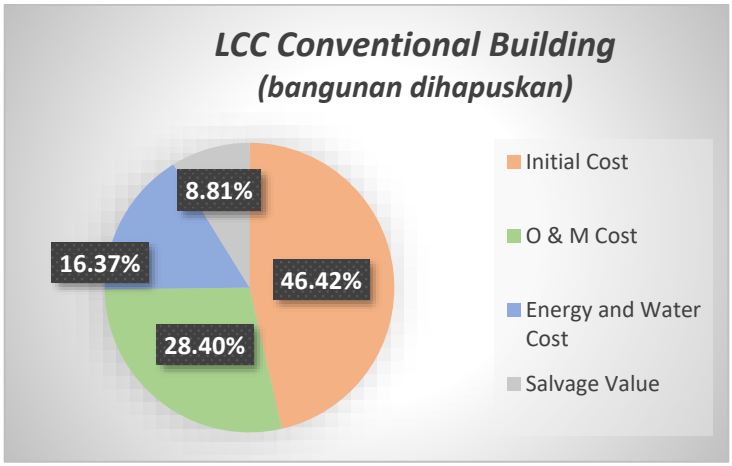
Gambar 4.19 Diagram *Life Cycle Cost Green Building* (kasus bangunan dimanfaatkan kembali)

4.3.3 Analisis *Life Cycle Cost Conventional Building*

Berdasarkan data *Initial Cost* pada tabel 4.4, data *Operation and Maintenance Cost* pada tabel 4.11 dan tabel 4.12, serta *Energy and Water Cost* pada tabel 4.15 dan 4.16 dapat dihitung *Life Cycle Cost* dari *conventional building* pada kasus bangunan dihapuskan seperti ditampilkan pada tabel perhitungan di bawah ini.

Tabel 4.22 Perhitungan *Life Cycle Cost Conventional Building* (kasus bangunan dihapuskan)

***LCC Conventional Building* (bangunan dihapuskan)**			
Discount rate (i) :	4.79%		
Life Cycle (years):	50		
Present time :	2014		
Cost Category	Cost *Rp*	PW Factor	Present Worth (2014) *Rp*
Initial Cost	177,780,977,820.00	1.2636	227,550,908,814.37
Operation and Maintenance Cost	6,128,390,912.85	18.8646	115,609,769,383.64
Rehabilitation Cost	43,177,452,171.48	0.5462	23,582,441,668.35
Energy and Water Cost	4,253,978,617.38	18.8646	80,249,692,604.72
Salvage Value			43,177,452,171
TOTAL *Life Cycle Cost*			**403,815,360,299.60**

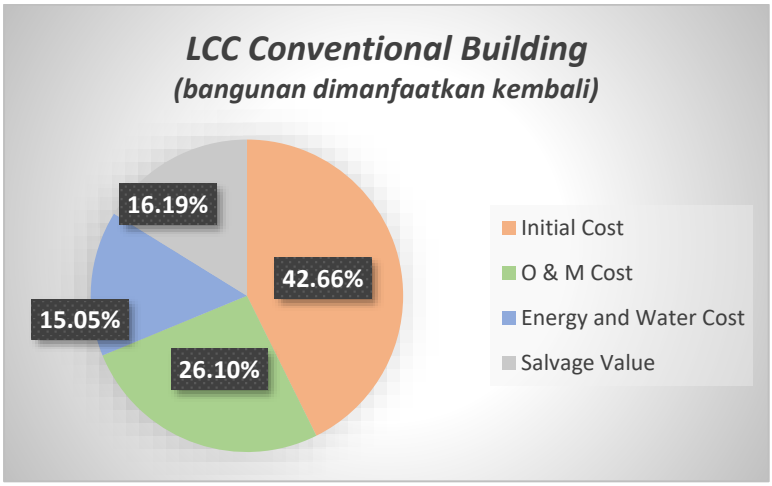


Gambar 4.20 Diagram *Life Cycle Cost Conventional Building* (kasus bangunan dihapuskan)

Dengan mempertimbangkan dilakukannya kegiatan rehabilitasi di sepanjang siklus hidup bangunan seperti ditampilkan pada gambar 4.17, maka perhitungan *life cycle cost* pada kasus bangunan dimanfaatkan kembali pada akhir siklus hidup pada *conventional building* dapat disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.23 Perhitungan *Life Cycle Cost Conventional Building* (kasus bangunan dimanfaatkan kembali)

***LCC Conventional Building* (bangunan dimanfaatkan kembali)**			
Discount rate (i) :	4.79%		
Life Cycle (years):	50		
Present time :	2014		
Cost Category	Cost *Rp*	PW Factor	Present Worth (2014) *Rp*
Initial Cost	177,780,977,820.00	1.2636	227,550,908,814.37
Operation and Maintenance Cost	6,128,390,912.85	18.8646	115,609,769,383.64
Rehabilitation Cost	43,177,452,171.48	0.5462	23,582,441,668.35
Energy and Water Cost	4,253,978,617.38	18.8646	80,249,692,604.72
Salvage Value			86,354,904,343
TOTAL *Life Cycle Cost*			**360,637,908,128.12**



Gambar 4.21 Diagram *Life Cycle Cost Conventional Building* (kasus bangunan dimanfaatkan kembali)

4.4 Perbandingan *Life Cycle Cost Green Building* dan *Conventional Building*

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.20, tabel 4.22 di atas dapat dibuat perhitungan total keuntungan dari *green building* terhadap *conventional building* dalam satu siklus hidup bangunan tersebut selama periode 50 tahun untuk kasus bangunan dihapuskan pada akhir siklus hidup. Hasil perhitungan ini disajikan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.24 Perbandingan *Life Cycle Cost Green Building dan Conventional Building* (kasus bangunan dihapuskan)

Cost Category	**LCC**	
	Green Building	*Conventional Building*
Initial Cost	117,975,585,692.00	227,550,908,814
O & M Cost	119,886,700,941.99	139,192,211,051
Energy and Water Cost	31,245,784,371	80,249,692,604
Salvage Value	21,461,676,810	43,177,452,171
Total Cost	**247,646,394,194**	403,815,360,299

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.21, tabel 4.23 di atas dapat dibuat perhitungan total keuntungan dari *green building* terhadap *conventional building* dalam satu siklus hidup bangunan tersebut selama periode 50 tahun pada

ksus bangunan dimanfaatkan kembali. Hasil perhitungan ini ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.25 Perbandingan *Life Cycle Cost Green Building dan Conventional Building* (kasus bangunan dimanfaatkan kembali)

Cost Category	**LCC**	
	Green Building	*Conventional Building*
Initial Cost	117,975,585,692.00	227,550,908,814
O & M Cost	119,886,700,941.99	139,192,211,051
Energy and Water Cost	31,245,784,371	80,249,692,604
Salvage Value	42,923,353,620	86,354,904,343
Total Cost	**226,184,717,383**	360,637,908,128

Setelah semua biaya *life cycle cost green building dan conventional building* didapatkan, selanjutnya nilai yang telah dihitung tersebut dinormalisasi ke dalam m^2 sesuai luas bangunan masing-masing. Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.24 dan tabel 4.25 dibuat sebuah tabel perbandingan *life cycle cost green building* dan *conventional building* untuk mengetahui dampak biaya dari penerapan fitur green dalam bangunan gedung dalam satuan Rupiah per meter persegi.

Tabel 4.26 Perbandingan *Life Cycle Cost Green Building dan Conventional Building* dalam m^2 (kasus bangunan dihapuskan)

Cost Category	**LCC/m²**		Cost Impact
	Green Building	*Conventional Building*	
	Rp/m²	*Rp/m²*	
Initial Cost	10,103,244	12,012,401	-18.90%
O & M Cost	10,266,909	7,347,950	28.43%
Energy and Water Cost	2,675,840	4,236,377	-58.32%
Salvage Value	1,837,944	2,279,335	-24.02%
TOTAL Cost	**21,208,050**	21,317,392	-0.52%

Tabel 4.27 Perbandingan *Life Cycle Cost Green Building dan Conventional Building* dalam m^2 (kasus bangunan dimanfaatkan kembali)

Cost Category	**LCC/m^2**		Cost Impact
	Green Building	*Conventional Building*	
	Rp/m^2	*Rp/m^2*	
Initial Cost	10,103,244	12,012,401	-18.90%
O & M Cost	10,266,909	7,347,950	28.43%
Energy and Water Cost	2,675,840	4,236,377	-58.32%
Salvage Value	3,675,889	4,558,671	-24.02%
TOTAL Cost	**19,370,105**	19,038,057	1.71%

Berdasarkan hasil pada tabel 4.24 dan 4.25 di atas terlihat bahwa *Initial Cost* untuk *green building* lebih rendah 18.90% dibandingkan *conventional building* dalam hitungan biaya per meter persegi nya. Meskipun dalam pembangunan dan investasi awal penerapan teknologi dan implementasi desain dalam *green building* secara umum cenderung lebih mahal dibandingkan dengan *conventional building*, namun dalam studi kasus ini didapatkan hasil biaya awal *green building* lebih murah daripada *conventional building*. Perbedaan perbandingan nilai biaya dari hipotesis ini mungkin dipengaruhi oleh luas bangunan yang berbeda dimana *conventional building* memiliki luasan bangunan 62.22% lebih luas dibandingkan *green building* dalam studi kasus ini. Meskipun kedua gedung memiliki tinggi bangunan yang sama, namun karena luas bangunan yang berbeda maka luas selubung bangunan juga menjadi berbeda dimana selubung bangunan pada *conventional building* lebih luas dibandingkan pada *green building*. Selain itu karena perbedaan luas bangunan terdapat pula perbedaan kebutuhan dalam utilitas kedua bangunan. Perbedaan utilitas yang mendasar adalah utilitas transportasi vertikal/lift bangunan dimana pada *conventional building* terdapat 4 lift penumpang dan 1 lift barang sementara pada *green building* terdapat 3 lift penumpang dan 1 lift barang. Hal lain yang dapat menjadi pertimbangan adalah perbedaan kurs ketika gedung dibangun dimana tahun pembangunan kedua gedung berbeda, conventional building pada tahun 2008 sedangkan green building pada tahun 2013. Pada tahun 2008 terjadi pelemahan nilai Rupiah dimana nilai Rupiah mulai terdepresiasi pada

awal September 2008 dari Rp9.161 menjadi Rp9.506 per dolar AS pada akhir September. Pada 31 Oktober rupiah kembali melemah menjadi Rp11.050 per dolar AS, dan puncak pelemahan rupiah terjadi pada 24 November menjadi Rp 12.650 per dolar AS atau terdepresiasi kurang lebih 38% selama tiga bulan. Pada tahun 2013 juga terjadi depresiasi nilai rupiah sebesar kurang lebih 25% dari awal hingga akhir tahun namun tidak sebesar pada tahun 2008. Perbedaan nilai kurs ini mungkin menyebabkan biaya pembangunan gedung per m^2 untuk gedung yang sama menjadi lebih besar biayanya pada tahun 2008 bila dibandingkan dengan biaya pembangunan pada tahun 2013. Pertimbangan lain, pada kontrak pembangunan *green building* di dalamnya selain pembangunan gedung juga mencakup pembangunan fasilitas penunjang kantor pusat yang terdiri dari Gedung Parkir, Gedung Serbaguna, dan Pekerjaan Infrastruktur Kawasan. Beberapa pekerjaan ini tercakup dalam satu kontrak yang sama, sehingga dimungkinkan terdapat biaya-biaya manajemen dan *billing rate* dari perusahaan selaku kontraktor/penyedia jasa menjadi lebih rendah apabila dibandingkan dengan proyek pembangunan gedung tunggal seperti pada *conventional building*. Beberapa hal yang dikemukakan di atas mungkin dapat menjadi penyebab nilai *Initial Cost* dari *conventional building* menjadi lebih mahal dibandingkan dengan *green building*.

Perhitungan *Operation and Maintenance Cost* dalam satuan biaya per meter persegi pada *green building* menunjukkan angka lebih tinggi 28,43% dibandingkan dengan *conventional building*. Apabila dilihat dari struktur biaya operasional dan pemeliharaan *green building* pada Gambar 4.5 komponen biaya terbesar terlihat pada pembayaran biaya personil yakni sebesar 79.34% dari nilai kontrak manajemen building. Jumlah personil yang mengelola *green building* sebanyak 61 personil termasuk staf manajemen, lebih banyak dibandingkan jumlah personil yang menangani *conventional building* sebanyak 13 personil staf Non PNS (teknisi) dan 34 personil tenaga layanan kebersihan, tidak termasuk staf PNS Bagian Prasarana Fisik selaku pengelola gedung. Untuk luasan bangunan yang lebih besar, *conventional building* menggunakan sumber daya manusia yang berjumlah lebih sedikit dalam pengelolaannya. Hal ini membawa pengaruh terhadap biaya yang dikeluarkan terhadap kebutuhan pembiayaan personil pada *green building* dan

conventional building sehingga menyebabkan biaya operasional *green building* menjadi lebih besar dibandingkan *conventional building*.

Perhitungan *Energy and Water Cost* yang dihasilkan oleh *green building* menunjukkan angka penghematan sebesar 58.32% lebih rendah dibandingkan dengan *conventional building*. Penerapan teknologi dan fitur *green* dalam gedung berhasil mengurangi tingkat konsumsi energi pada *green building* sebagai sebuah keuntungan dalam siklus hidup bangunan tersebut dibandingkan dengan *conventional building*. Hasil ini menunjukkan bahwa dalam periode siklus hidup bangunan penggunaan energi dan air *green building* lebih efisien dibandingkan dengan *conventional building* sehingga dapat memberikan nilai biaya penghematan yang signifikan.

Secara total perbandingan *life cycle cost green building* menunjukkan hasil 0.52% lebih rendah terhadap *conventional building* untuk kasus bangunan dihapuskan, dan 1.71% lebih tinggi untuk kasus bangunan dimanfaatkan kembali. Perbedaan hasil ini perbandingan ini terpengaruh dari perhitungan besaran nilai sisa (*salvage value*) dimana nilai sisa ini dianggap sebagai keuntungan yang didapatkan pada akhir siklus hidup dan menjadi nilai negatif dalam perhitungan total *life cycle cost*. Dalam kasus bangunan dihapuskan nilai sisa diperhitungkan sebesar 20% dari nilai bangunan sementara untuk kasus bangunan diperhitungkan kembali nilai sisa diperhitungkan sebesar 40% dari nilai bangunan.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai perbandingan *life cycle cost* pada *green building* dan *conventional building*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data biaya aktual komponen biaya yang terdapat pada *Green Building* dan *Conventional Building* sepanjang siklus hidup gedung tersebut adalah Biaya Awal (*Initial Cost*) yang terdiri dari Desain dan Supervisi, Manajemen Konstruksi, dan Konstruksi, Biaya Operasional dan Pemeliharaan (*Operation and Maintenance Cost*), Biaya Energi dan Air (*Energy and Water Cost*), dan Nilai Sisa (*Salvage Value*).
2. Berdasarkan rekapitulasi biaya yang didapatkan dan hasil perhitungan *life cycle cost* dengan menggunakan *Present Worth Method, present time*/tahun ke-0 = 2014, *discount rate* (i) = 4.79%, *life cycle period* (n) = 50 tahun, adalah sebagai berikut:
   a. Total *life cycle cost green building* pada kasus bangunan dihapuskan adalah Rp247,646,394,194 dengan persentase proporsional per komponen biaya: *Initial Cost* 40.60%, *Operation and Maintenance Cost* 41.26%, *Energy and Water Cost* 10.75%, dan *Salvage Value* 7.39%.

      Total *life cycle cost green building* pada kasus bangunan dimanfaatkan kembali adalah Rp226,184,717,383 dengan persentase proporsional per komponen biaya: *Initial Cost* 37.81%, *Operation and Maintenance Cost* 38.42%, *Energy and Water Cost* 10.01%, dan *Salvage Value* 13.76%.
   b. Total *life cycle cost conventional building* pada kasus bangunan dihapuskan adalah Rp403,815,360,299 dengan persentase proporsional per komponen biaya: *Initial Cost* 46.42%, *Operation and Maintenance Cost* 28.40%, *Energy and Water Cost* 16.37% dan *Salvage Value* 8.81%.

Total *life cycle cost conventional building* pada kasus bangunan dimanfaatkan kembali adalah Rp360,637,908,128 dengan persentase proporsional per komponen biaya: *Initial Cost* 42.66%, *Operation and Maintenance Cost* 26.10%, *Energy and Water Cost* 15.05% dan *Salvage Value* 16.19%.

3. Hasil perbandingan *life cycle cost* pada *green building* dan *conventional building* dengan normalisasi ke dalam satuan biaya rupiah per m^2 luas bangunan menunjukkan dampak biaya dalam penerapan konsep green memberikan nilai 0.52% lebih rendah pada kasus bangunan dihapuskan dan 1.70% lebih tinggi pada kasus bangunan dimanfaatkan kembali. Berdasarkan data aktual konsumsi energi dan air selama periode tahun 2015-2019 *green building* telah menghemat Biaya Energi dan Air sebesar Rp13.282.682.869,00 untuk biaya energi listrik dan sebesar Rp533.785.485,00 untuk biaya penggunaan air dibandingkan *conventional building*. Selain penghematan berupa biaya, selama periode tersebut telah terjadi pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar 10.559 ton CO_2.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian mengenai perbandingan *life cycle cost green building* dan *conventional building* ini telah dilakukan dengan mengambil studi kasus satu gedung *green building* dan satu gedung *conventional building* yang berfungsi sebagai gedung kantor pemerintah. Sebagai pengembangan dari penelitian perlu dilakukan studi terhadap lebih banyak obyek gedung untuk mendapatkan hasil perbandingan yang lebih baik dan akurat.
2. Dalam penelitian ini telah dilakukan analisis perbandingan *green building* dan *conventional building* terhadap aspek biaya dengan variabel Biaya Awal, Biaya Operasional dan Pemeliharaan, dan Biaya Energi. Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dapat dilakukan studi untuk mengetahui tingkat kepuasan pengguna,

kenyamanan pengguna, kesehatan pengguna serta tingkat kinerja operasional dan pemeliharaan sehingga dapat memberikan gambaran lebih luas mengenai keuntungan lain yang didapatkan dari penerapan konsep *green building*.

3. Perlu dilakukan penelitian mengenai perbandingan *life cycle cost* antara *conventional building* dengan *green building* dengan kategori GREENSHIP rating yang berbeda (Bronze, Silver, Gold, Platinum) untuk mengetahui berapa dampak biaya dari tiap tingkatan dalam kategori rating tersebut dan keuntungan yang didapatkan dari penerapan kategori rating GREENSHIP yang berbeda.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Ashworth, Allan (1994), *Perencanaan Bahan Bangunan*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Bappenas (2012), *Rencana Aksi Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca (RAN-GRK)*, Bappenas, Jakarta, diambil dari http://ranradgrk.bappenas.go.id/rangrk/admincms/downloads/publications/Laporan_Satu_Tahun_Pelaksanaan_RAN-GRK_RAD-GRK.pdf

Barringer, H. Paul (2003), *A Life Cycle Cost Summary*, International Conference of Maintenance Societies (ICOMS®-2003). http://www.icoms.org.au

Bourke, Kathryn (2016), *Life Cycle Costing*, London, Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS).

Cabeza, Luisa F., Rincon, Lidia, Vilarino, Virginia, Perez, Gabriel, and Castell, Albert ()2013), "Life Cycle Assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of Buildings and the building sector: A review*", Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29 394-416.

Chau, C.K, Leung, T. M. and Ng, W. Y. (2015), "A review on Life Cycle Assesment, Life Cycle Energy Assesment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings*", Appllied Energy* 143 395-413.

Cole, R. J. (2000), "Editorial: Cost and value in building green", *Building Research & Information*, 28 (5-6), 304-309.

Dwaikat, Luay N. and Ali, Kherun Nita (2016), "Green buildings cost premium : a review of empirical evidence", *Energy & Buildings*, 110, 396–403, doi:10.1016/j.enbuild.2015.11.021.

Erizal, Chadirin, Yudi dan Furi, Iriani Mustika (2019), "Evaluasi Aspek Green Building Pada Gedung Andi Hakim Nasoetion Rektorat IPB", *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, Vol.3, No.2, September.

Firsani, Trixie dan Utomo, Christiono (2012), "Analisa Life Cycle Cost pada Green Building Diamond Building Malaysia", *JURNAL TEKNIK ITS*, Vol. 1, No. 1, (Sept) ISSN: 2301-9271 hal 34-39.

Gupta, Shubra (2015), "Designing Techniques of Green Buildings: Literature Review*", Journal of Civil Engineering and Environmental Technology Print* ISSN: 2349-8404; Online ISSN: 2349-879X; Volume 2, Number 3; January-March, pp. 234-238.

Houghton, J.T. (2001), *Climate change 2001: The scientific Basis*, Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC (2007), *Climate Change 2007: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)], IPCC: Geneva, Switzerland, 104 pp.

Juwana, J. (2005), *Panduan Sistem Bangunan Tinggi Untuk Arsitek dan Praktisi Bangunan*, Erlangga, Jakarta.

Kaming, Peter F. (2017), "Implementation of Life Cycle Costing for a University Building", *IJoLCAS* 1 29-38.

Kansal, R. and Kadambari, G. (2010), "Green buildings: An assessment of life cycle cost", *The IUP Journal of Infrastructure*, 8, 50-57.

Kats, Gregory H., Alevantis, Leon, Berman, Adam, Mills, Evan, Perlman, Jeff (2003), *The costs and financial benefits of green buildings*, *A report to California's sustainable building taskforce*, http://www.usgbc.org/Docs/ News/News477.pdf 2003

Kats, Gregory H., James, M, Apfelbaum, S, Darden, T, Farr, D and Fox, R. (2008), *Greening buildings and communities: costs and benefits*, A Capital E Report, U.S. Green Building Council, Westborough, MA.

Kelly, John, and Male, Steven (1993), *Value Management in Design and Construction : The Economic Management of Projects*, E & FN, Spon, London.

Kirk, Stephen J., and Dell'Isola, Alphonse J. (1995), *Life Cycle Costing for Design Professionals*, edisi kedua, McGraw-Hill, Inc, New York.

Madew, R. (2006), *The Dollars and Sense of Green Buildings, A report for the Green Building Council of Australia*, Green Building Council of Australia, Australia, http://www.gbca.org.au/resources/dollars-andsense-of-green-buildings-2006-building-the-business-case-for-green-c/1002.htm

Marliansyah, Juli (2014), "Analisis Rencana Life Cycle Cost Gedung Hostel Pada Kawasan Rumah Sakit Jimbun Medika Kediri", *Jurnal Magister Teknik Sipil*, p1-17.

Misbahudin, Iqbal Hasan (2013), *Analisis Data Penelitian Dengan Statistik*, Bumi Aksara, Jakarta.

Ojo-Fafore, Elizabeth, Aigbavboa, Clinton, and Remaru, Pretty (2018), "Benefits of Green Building", *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, March 6-8, Bandung.

Pujawan, I.N. (2004), *Ekonomi Teknik*, Guna Widya, Surabaya.

Permen PUPR No: 03/PRT/M/2019, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No: 03/PRT/M/2019 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.

Permen PUPR No. 22/PRT/M/2018, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.

Permen PUPR No. 02/PRT/M/2015, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.

Permen PU No: 24/PRT/M/2008, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No: 24/PRT/M/2008 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.

Ries, Robert, Bilec, Mellisa M., Gokhan, Nuri Mehmet, Needy, Kim LaScola (2006), "The Economic Benefits of Green Buildings : A Comprehensive Case Study", *Engineering Economist*, 51 259–295, doi:10.1080/00137910600 865469.

Soemitro, R.A.A & Suprayitno, H. (2020), "Preliminary Reflection on Basic Problematics of National Public Infrastructure Financing in Indonesia", *Journal of Infrastructure & Facility Asset Management*, Vol.2. Issue.1, Maret 2020.

Soemitro, Ria Asih A. & Suprayitno, Hitapriya (2018), "Pemikiran Awal tentang Konsep Dasar Manajemen Aset Fasilitas*"*, *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, Vol. 2, Suplemen 1, Juni, Hal. 1-14.

SNI 6196:2011 (2011), *Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional -BSN, Jakarta.

SNI 03-7065-2005 (2005), *Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing*, Badan Standardisasi Nasional -BSN, Jakarta.

Siregar, Sofyan (2010), *Statistika Deskriptif Untuk Penelitian*, PT. Rajagrafindo Persada, Jakarta.

UNEP (2012), *Greening the Economy Through Life Cycle Thinking*, United Nations Environment Programme, Kenya, http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/partnerships/UNEP BCGE A4.pdf

UNEP (2009). *Common carbon metric for measuring energy use and reporting greenhouse gas emissions from building operations*, United Nations Environment Programme, Kenya.

UNEP (2008), *Buildings and climate change: summary for decision-makers*, United Nations Environment Programme, Kenya.

URL: http://gbcindonesia.org/ , diakses pada 30 September 2019.

URL:https://www.pu.go.id/berita/view/11193/green-building-kementerian-pupr--kontribusi-nyata-turunkan-emisi-gas-rumah-kaca., diakses pada 30 September 2019.

URL:https://katadata.co.id/berita/2013/08/23/perbandingan-krisis-ekonomi-2008-dan-2013 , diakses pada 9 Juli 2020.

URL:https://www.msn.com/id-id/ekonomi/ekonomi/mengingat-lagi-masa-masa-rupiah-melemah-2005-2018/ar-BBMWBmF, diakses pada 9 Juli 2020.

U.S. Environmental Protection Agency (2016), *Green Building*, Diakses dari https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html pada 30 September 2019.

Weerasinghe, Achini S., Ramachandra, Thanuja and Thurairajah, Niraj (2017), "Life Cycle Cost Analysis: Green Vs Conventional Buildings in Sri Lanka" dalam *Proceeding of the 33rd Annual ARCOM Conference*, eds. Chan, P. W. and Neilson, C. J., Association of Researchers in Construction Management, 309-318, Cambridge, UK.

Yudelson, Jerry (2008). *The Green Building Revolution*, Island Press, Washington, D.C.

Zuo, Jian & Zhao, Zhen-Yu (2014), "Green building research–current status and future agenda:A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30, pp. 271-281.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengakuan Desain GREENSHIP NB 1.1

GREEN BUILDING COUNCIL INDONESIA
Jl. R.C. Veteran No. 3A/1
Pesanggrahan Bintaro
Jakarta 12330
Indonesia

P. +62 21 734 3077, 3777 0037
F. +62 21 734 3133
E. info@gbcindonesia.org

No. 222/GBCI-DP2/SER/IX/2014
Jakarta, 22 September 2014

Kepada Yth.
Ibu Ir. Yennel S. Suzia, MSi
Kepala SNVT Pengembangan, Pengendalian dan
Pelaksanaan Pekerjaan Strategis Bidang PU Lainnya
Sekretariat Jendral
Kementerian Pekerjaan Umum
Jalan Pattimura No. 20
Kebayoran Baru - Jakarta

Perihal : Hasil Penilaian Pengakuan Desain

Bersama ini kami menyatakan bahwa :

Nama gedung : Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum
Alamat : Jl. Pattimura no. 20, Kebayoran Baru, Jakarta
No form : RP/NB/Cer/023/VI/2014

Telah berhasil lulus proses penilaian dalam tahap Pengakuan Desain GREENSHIP NB 1.1 dengan pencapaian

No	Kategori	Poin
1	ASD (Appropiate Site Development)	13
2	EEC (Energy Effeciency and Conservation)	16
3	WAC (Water Conservation)	20
4	MRC (Material Resource and Cycle)	2
5	IHC (Indoor Health and Comfort)	5
6	BEM (Building Environment Management)	5
Total		**61**

Dan diharapkan akan lulus Sertifikasi GREENSHIP N.B 1.1 dengan peringkat **PLATINUM.**

Salam Hijau Lestari
Green Building Council Indonesia

Tedia Tjahjana
Direktur Sertifikasi

www.gbcindonesia.org

Lampiran 2 Kontrak Pekerjaan Manajemen Building Gedung G Tahun 2018

REKAPITULASI

No.	Uraian Pekerjaan	Total Biaya (Rp)
A	**BIAYA PERSONIL**	
	1 Biaya Management Staff	530.119.260
	2 Penunjang	3.091.750.011
	TOTAL BIAYA PERSONIL	**3.621.869.271**
C	**LAYANAN KEBERSIHAN**	
	1 Bahan Habis Pakai Perbulan	
	1.1 Peralatan MEP dan IT (Audio Visual)	232.377.600
	1.2 Kebersihan Lantai dan Ruang	54.967.200
	1.3 Landscape (Pertamanan)	12.522.000
	Sub Total 1	299.866.800
	2 Sewa Peralatan	
	2.1 Kebersihan dan Layanan Lainnya untuk Peralatan MEP dan IT (Audio	191.604.000
	2.2 Kebersihan Lanta dan Ruang	63.576.000
	Sub Total 2	255.180.000
	Total Biaya Layanan Kebersihan Dan Persampahan	**555.046.800**
D	**LAYANAN KINERJA**	
	A Inspeksi Periodik	388.116.000
	Total Biaya Layanan Kinerja	**388.116.000**
	Jumlah	**4.565.032.071**
	PPN 10%	456.503.207
	Jumlah Total	**5.021.535.278**

Terbilang : Lima Milyar Dua Puluh Satu Juta Lima Ratus Tiga Puluh Lima Ribu Dua Ratus Tujuh Puluh Delapan Rupiah

Lampiran 3 Data Kontrak Pemeliharaan Gedung Ditjen SDA

No.	Tahun	Kontrak	Nilai Kontrak (Rp)	Keterangan
1	2015	Perbaikan spare part dan service AC/chiller gedung SDA	158,158,000.00	
2	2015	perbaikan/ganti spare part elevator/lift gedung SDA	181,450,500.00	
3	2015	Pemeliharaan jasa kebersihan (cleaning service) gedung SDA	749,580,000.00	jan-mar
4	2015	Pemeliharaan jasa kebersihan (cleaning service) gedung SDA	187,395,000.00	april
5	2015	Pemeliharaan jasa kebersihan (cleaning service) gedung SDA	187,395,000.00	mei
6	2015	Pemeliharaan gedung zona A SDA Heritage	47,479,520.00	apr-des
7	2015	Perbaikan Generator Set Biro Umum	100,350,000.00	
8	2015	Pemeliharaan elevator/lift gedung SDA	24,750,000.00	april-jun
9	2015	Pemeliharaan Generator Set dan peralatan panel AMF SDA	16,445,000.00	april-jun
10	2015	Pemeliharaan gedung SDA	187,395,000.00	
11	2015	Renovasi gedung SDA	1,111,264,000.00	
12	2015	Pemeliharaan peralatan dan mesin building automation system AHU, chiller gedung sda	183,198,400.00	
13	2015	Perbaikan/ganti spart dan service AC	154,814,000.00	
14	2015	Pemeliharaan taman di lingkungan kantor kementerian PUPR	36,880,080.00	apr-des
15	2015	Pemeliharaan taman dan halaman (kebersihan sampah dalam gedung)	47,459,068.36	apr-des
16	2015	Pemeliharaan diesel Generator Set	16,445,000.00	jul-okt
17	2015	Pemeliharaan jasa kebersihan (cleaning service) gedung SDA	1,311,765,000.00	jun-des
18	2015	Pemeliharaan diesel Generator Set	16,445,000.00	nov-des
		Total Pemeliharaan Tahun 2015	**4,718,668,568.36**	
19	2016	Pemeliharaan Taman dan Halaman Gedung Kantor Zona 5	89,595,000.00	
20	2016	Perbaikan Bocoran Dinding Kaca Bagian Luar Wing Timur dan Utara Gedung SDA Lantai II s.d.IV	195,973,000.00	
21	2016	Pemeliharaan Elevator/Lift Gedung Ditjen SDA	115,500,000.00	
22	2016	Jasa cleaning service gedung SDA dan masjid kantor Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	586,920,000.00	jan-mar

No.	Tahun	Kontrak	Nilai Kontrak (Rp)	Keterangan
23	2016	Jasa cleaning service gedung SDA dan masjid kantor Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	195,640,000.00	april
24	2016	Pekerjaan jasa perbaikan/penggantian spare part lift Gedung SDA	190,509,000.00	
25	2016	Pemeliharaan dan belanja barang persediaan suku cadang chiller Gedung SDA	118,690,000.00	
26	2016	Perbaikan/ganti peralatan hydrant gedung SDA	58,310,400.00	
27	2016	Penggantian spare part dan service ac/chiller Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	135,509,000.00	
28	2016	Jasa kebersihan gedung SDA kantor pusat Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	70,454,000.00	mei/jun
29	2016	Pemeliharaan diesel generator set & peralatan panel AMT	75,600,000.00	
30	2016	Jasa kebersihan gedung SDA & masjid	195,640,000.00	jun
31	2016	Jasa kebersihan gedung SDA dan Masjid	195,521,000.00	jul
32	2016	Jasa kebersihan gedung SDA dan Masjid kantor pusat	195,521,000.00	aug
33	2016	jasa kebersihan gedung SDA dan masjid kantor pusat	195,521,000.00	sept
34	2016	Perbaikan bocoran dan plafond selasar luar gedung SDA	128,738,000.00	
35	2016	pemeliharaan dan service ac/chiller kantor pusat	137,681,500.00	
36	2016	Pemeliharaan instalasi peralatan air bersih dan air kotor kantor pusat	76,670,000.00	
37	2016	Pemeliharaan dan perbaikan suku cadang lift gedung SDA	193,830,000.00	
38	2016	Perbaikan peralatan hydrant	97,140,000.00	
39	2016	Perbaikan bocoran gedung SDA sisi selatan & Barat	46,510,000.00	
40	2016	Perbaikan AC/chiller gedung SDA	154,110,000.00	
41	2016	Pemeliharaan hydrant gedung SDA	104,323,200.00	
42	2016	Perbaikan/ganti peralatan dan service pompa air bersih dan kotor gedung SDA	48,181,100.00	
43	2016	Pemeliharaan dan perbaikan Generator Set gedung SDA	134,200,000.00	
44	2016	Perbaikan berkala & service AC/chiller gedung SDA	45,890,000.00	
45	2016	Perbaikan/ganti peralatan sewage treatment plant gedung SDA	75,735,000.00	
46	2016	Perbaikan/ganti instalasi air bersih & kotor gedung SDA	72,143,500.00	

No.	Tahun	Kontrak	Nilai Kontrak (Rp)	Keterangan
47	2016	Pemeliharaan elevator/lift gedung gedung SDA	130,130,000.00	
48	2016	Pengadaan suku cadang chiller gedung SDA	104,912,000.00	
49	2016	Pemeliharaan/pengisian alat pemadam api ringan gedung SDA	58,863,750.00	
50	2016	Pemeliharaan sarana pendukung bangunan (Pengadaan Taman Kantor Kementerian PUPR)	33,630,275.80	
51	2016	Jasa kebersihan gedung SDA dan Masjid kantor pusat	586,563,000.00	okt-des
		Total Pemeliharaan Tahun 2016	**4,844,154,725.80**	
52	2017	Cleaning Service Gedung SDA	1,917,300,000.00	
53	2017	Perbaikan/ganti Spare Part Lift Gedung SDA	187,000,000.00	
54	2017	Pemeliharaan Elevator/Lift Gedung Ditjen Sumber Daya Air	118,800,000.00	
55	2017	Perbaikan/Penggantian Peralatan Hydrant SDA	106,996,120.00	
56	2017	Perbaikan/Penggantian Peralatan dan Service Pompa Air Bersih, dan Pompa Air Kotor Gedung SDA	42,532,380.00	
57	2017	Perbaikan/Penggantian Peralatan Instalasi Pemipaan Air Gedung SDA	57,941,500.00	
58	2017	Perbaikan/ganti Peralatan Sewage Treatment Plant (STP) Gedung SDA	31,315,000.00	
59	2017	Pengadaan Persediaan Suku Cadang Sewage Treatment Plant (STP)		172,205,000.00
60	2017	Perbaikan/Penggantian Peralatan Instalasi Pemipaan Air Gedung SDA	64,995,920.00	
61	2017	Pemeliharaan/Pengisian Alat Pemadam Api Ringan (APAR)	104,461,500.00	
62	2017	Pemeliharaan Pompa Kolam Air Mancur Gedung SDA	97,021,603.00	
63	2017	Perbaikan/Penggantian Peralatan Pompa Air Bersih Gedung SDA	48,357,650.00	
64	2017	Perbaikan/ganti Peralatan Sewage Treatment Plant (STP)	57,579,500.00	
65	2017	Perbaikan/Penggantian Peralatan Instalasi Pemipaan Air SDA	70,138,400.00	
66	2017	Perbaikan/Penggantian Spare Parts dan Service AC/Chiller Gedung Kantor Pusat	142,840,500.00	
67	2017	Perbaikan/ganti Spare Part Lift Gedung SDA	187,000,000.00	
68	2017	Pemeliharaan Instalasi Induk/Kabel dan Panel Halaman Gedung SDA	44,154,000.00	
69	2017	Pemeliharaan/perbaikan Building Automation System (BAS) Gedung SDA	196,350,000.00	

No.	Tahun	Kontrak	Nilai Kontrak (Rp)	Keterangan
70	2017	Pengadaan Persediaan BBM Generator Set	33,300,000.00	
71	2017	Pemeliharaan Chiller Gedung SDA	197,043,000.00	
72	2017	Pengadaan Persediaan Suku Cadang Chiller	198,330,000.00	
73	2017	Perbaikan dan Pemeliharaan Generator Set SDA	156,437,600.00	
74	2017	Pemeliharaan Jaringan Kabel dan Panel Gedung SDA	160,160,000.00	
75	2017	Perbaikan dan Pemeliharaan Fire Alarm Gedung SDA	158,950,000.00	
76	2017	Perbaikan/Penggantian Spare Parts dan Service AC/Chiller Gedung Kantor Pusat	137,643,000.00	
77	2017	Pemeliharaan Lift Gedung SDA	194,183,000.00	
78	2017	Pengadaan Peralatan/Suku Cadang Listrik dan Lampu	61,921,200.00	

Lampiran 4 Faktor Emisi GRK Sistem Interkoneksi Tenaga Listrik Tahun 2016

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
DIREKTORAT JENDERAL KETENAGALISTRIKAN

Faktor Emisi GRK Sistem Interkoneksi Tenaga Listrik Tahun 2016

No.	Sistem Interkoneksi	Lokasi/Daerah	Nilai Faktor Emisi (ton CO2/MWh)	
			Ex-Ante	Ex-Post
1	JAMALI	Jawa, Madura dan Bali	0,862	0,877
2	Sumatera	Sumatera	0,816	0,832
3	Batam - Bintan	Kepulauan Riau	N/A	0,911
4	Tanjung Balai Karimun	Kepulauan Riau	N/A	0,908
5	Tanjung Batu	Kepulauan Riau	N/A	0,747
6	Kelong	Kepulauan Riau	N/A	0,899
7	Ladan	Kepulauan Riau	N/A	0,908
8	Midai	Kepulauan Riau	N/A	0,834
9	P Buru	Kepulauan Riau	N/A	0,732
10	Ranai	Kepulauan Riau	N/A	0,687
11	Sedanau	Kepulauan Riau	N/A	0,773
12	Tarempa	Kepulauan Riau	N/A	0,746
13	Bangka	Bangka	N/A	0,793
14	Belitung	Belitung	N/A	1,171
15	S Nasik	Belitung	N/A	0,749
16	Seliu	Belitung	N/A	0,883
17	Khatulistiwa	Kalimantan Barat	0,392	0,308
18	Barito	Kalimantan Selatan dan Tengah	1,434	1,487
19	Mahakam	Kalimantan Timur	0,966	1,128
20	Tarakan	Kalimantan Utara	0,607	0,608
21	Sulutgo	Sulawesi Utara dan Gorontalo	0,628	0,7
22	Sulselbar	Sulawesi Selatan dan Barat	0,716	0,723
23	Sulbangteng	Sulawesi Tengah	1,306	1,37
24	Kendari	Sulawesi Tenggara	0,806	0,842
25	Bau Bau	Sulawesi Tenggara	1,627	1,977
26	Kolaka	Sulawesi Tenggara	0,72	0,708
27	Lambuya	Sulawesi Tenggara	0,624	0,557
28	Wangi Wangi	Sulawesi Tenggara	0,678	0,635
29	Raha	Sulawesi Tenggara	0,677	0,589
30	Lombok	Nusa Tenggara Barat	0,8	0,843
31	Bima	Nusa Tenggara Barat	0,708	0,721
32	Sumbawa	Nusa Tenggara Barat	0,685	0,716
33	Kupang	Nusa Tenggara Timur	0,69	0,723
34	Ende	Nusa Tenggara Timur	1,354	1,642
35	Maumere	Nusa Tenggara Timur	0,744	0,865
36	Waingapu	Nusa Tenggara Timur	0,731	0,692
37	Labuan Bajo	Nusa Tenggara Timur	0,692	0,67
38	Larantuka	Nusa Tenggara Timur	0,766	0,742
39	Ambon	Maluku	0,795	0,814
40	Tual	Maluku	0,844	0,911
41	Namlea	Maluku	1,054	1,202
42	Tobelo	Maluku Utara	0,6	0,539
43	Ternate Tidore	Maluku Utara	0,907	0,98
44	Jayapura	Papua	N/A	0,41
45	Timika	Papua	N/A	0,709
46	Merauke	Papua	N/A	0,705
47	Biak	Papua	N/A	0,701
48	Sorong	Papua Barat	N/A	0,779
49	Nabire	Papua Barat	N/A	0,727
50	Monokwari	Papua Barat	N/A	0,722

Lampiran 5 Angka Inflasi Bulanan tahun 2009-2019

Desember 2019	2.72%
Nopember 2019	3.00%
Oktober 2019	3.13%
Sep-19	3.39%
Agustus 2019	3.49%
Juli 2019	3.32%
Juni 2019	3.28%
Mei 2019	3.32%
Apr-19	2.83%
Maret 2019	2.48%
Februari 2019	2.57%
Januari 2019	2.82%
Desember 2018	3.13%
Nopember 2018	3.23%
Oktober 2018	3.16%
Sep-18	2.88%
Agustus 2018	3.20%
Juli 2018	3.18%
Juni 2018	3.12%
Mei 2018	3.23%
Apr-18	3.41%
Maret 2018	3.40%
Februari 2018	3.18%
Januari 2018	3.25%
Desember 2017	3.61%
Nopember 2017	3.30%
Oktober 2017	3.58%
Sep-17	3.72%
Agustus 2017	3.82%
Juli 2017	3.88%
Juni 2017	4.37%
Mei 2017	4.33%
Apr-17	4.17%
Maret 2017	3.61%
Februari 2017	3.83%
Januari 2017	3.49%

Desember 2016	3.02%
Nopember 2016	3.58%
Oktober 2016	3.31%
Sep-16	3.07%
Agustus 2016	2.79%
Juli 2016	3.21%
Juni 2016	3.45%
Mei 2016	3.33%
Apr-16	3.60%
Maret 2016	4.45%
Februari 2016	4.42%
Januari 2016	4.14%
Desember 2015	3.35%
Nopember 2015	4.89%
Oktober 2015	6.25%
Sep-15	6.83%
Agustus 2015	7.18%
Juli 2015	7.26%
Juni 2015	7.26%
Mei 2015	7.15%
Apr-15	6.79%
Maret 2015	6.38%
Februari 2015	6.29%
Januari 2015	6.96%
Desember 2014	8.36%
Nopember 2014	6.23%
Oktober 2014	4.83%
Sep-14	4.53%
Agustus 2014	3.99%
Juli 2014	4.53%
Juni 2014	6.70%
Mei 2014	7.32%
Apr-14	7.25%
Maret 2014	7.32%
Februari 2014	7.75%
Januari 2014	8.22%

Desember 2013	8.38%
Nopember 2013	8.37%
Oktober 2013	8.32%
Sep-13	8.40%
Agustus 2013	8.79%
Juli 2013	8.61%
Juni 2013	5.90%
Mei 2013	5.47%
Apr-13	5.57%
Maret 2013	5.90%
Februari 2013	5.31%
Januari 2013	4.57%
Dec-12	4.30%
Nov-12	4.32%
Oct-12	4.61%
Sep-12	4.31%
Aug-12	4.58%
Jul-12	4.56%
Jun-12	4.53%
May-12	4.45%
Apr-12	4.50%
Mar-12	3.97%
Feb-12	3.56%
Jan-12	3.65%
Dec-11	3.79%
Nov-11	4.15%
Oct-11	4.42%
Sep-11	4.61%
Aug-11	4.79%
Jul-11	4.61%
Jun-11	5.54%
May-11	5.98%
Apr-11	6.16%
Mar-11	6.65%
Feb-11	6.84%
Jan-11	7.02%

Dec-10	6.96%
Nov-10	6.33%
Oct-10	5.67%
Sep-10	5.80%
Aug-10	6.44%
Jul-10	6.22%
Jun-10	5.05%
May-10	4.16%
Apr-10	3.91%
Mar-10	3.43%
Feb-10	3.81%
Jan-10	3.72%
Dec-09	2.78%
Nov-09	2.41%
Oct-09	2.57%
Sep-09	2.83%
Aug-09	2.75%
Jul-09	2.71%
Jun-09	3.65%
May-09	6.04%
Apr-09	7.31%
Mar-09	7.92%
Feb-09	8.60%
Jan-09	9.17%

Lampiran 6 Rangkuman Hasil Wawancara Pakar

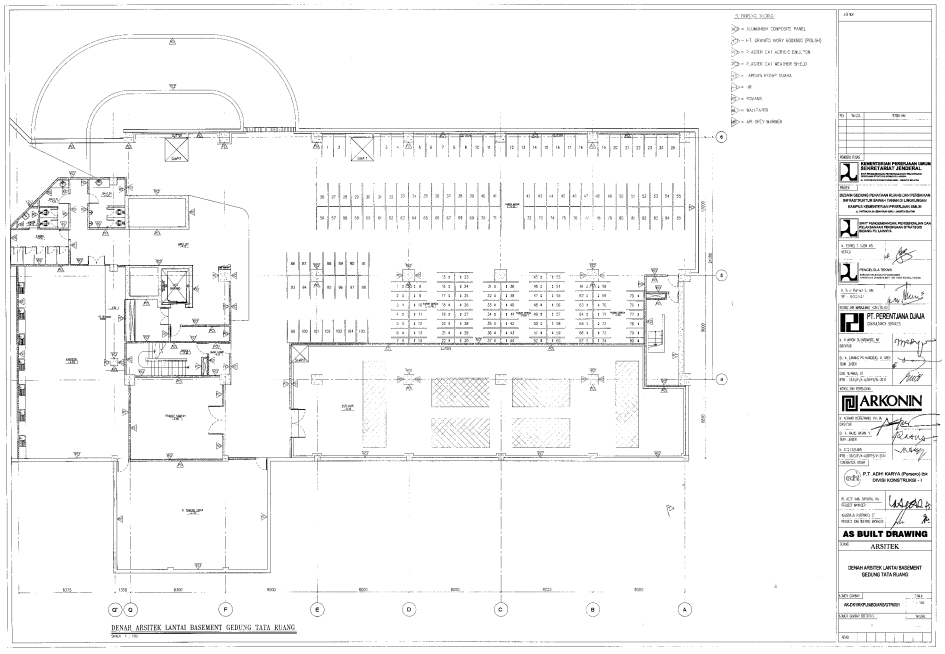
1. Berdasarkan pengalaman selama masa kerja pakar menangani bangunan gedung, pada umumnya kegiatan pemeliharaan berupa rehabilitasi bangunan gedung dilakukan pada tahun ke berapa dalam satu siklus bangunan gedung sesuai peraturan yakni selama 50 tahun? Pekerjaan seperti apa saja yang dilakukan dalam proses rehabilitasi tersebut?

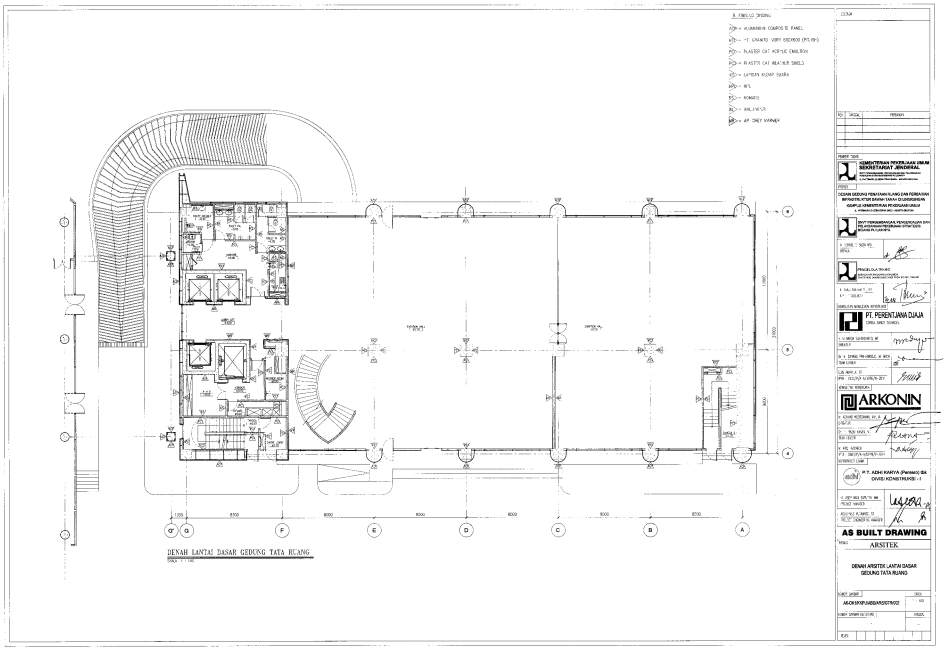
   Jawaban: Rehabilitasi merupakan proses perbaikan atau pengembalian kembali kondisi bangunan gedung yang mengalami kerusakan untuk dapat mempertahankan fungsi bangunan tersebut tanpa merubah struktur dan arsitektuktur bangunan. Pekerjaan rehabilitasi dilakukan berdasarkan kebutuhan atau permintaan pengguna terhadap bangunan gedung tersebut. Tidak terdapat jadwal khusus secara berkala untuk dapat dilakukan proses rehabilitasi, namun sepanjang pengalaman pakar proses rehabilitasi biasanya terjadi pada masa umur pakai bangunan 15-25 tahun.

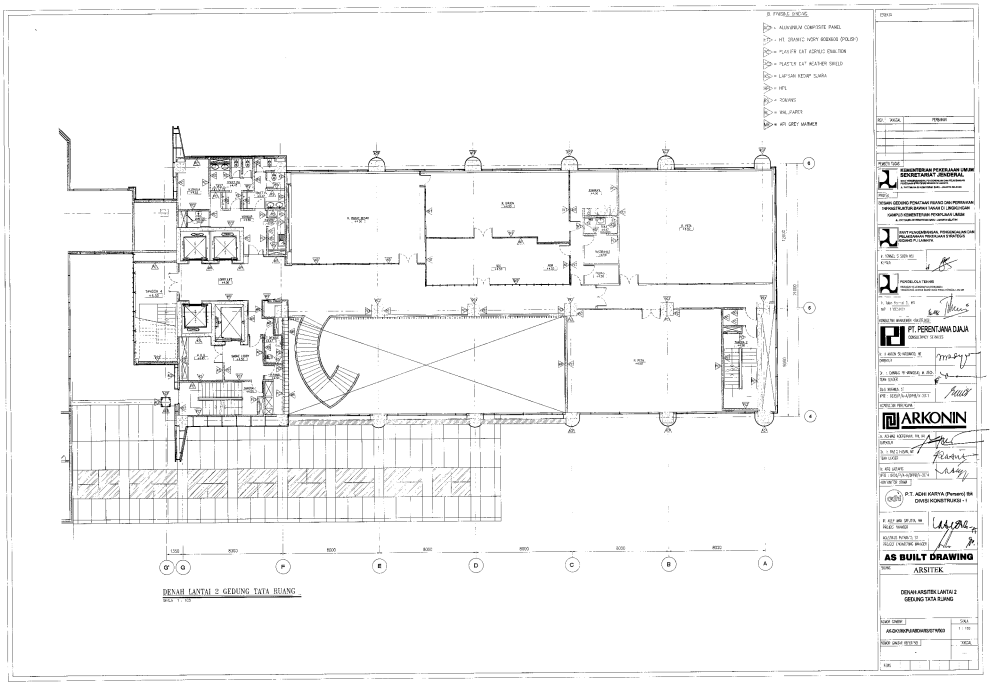
2. Menurut pakar berapakah estimasi biaya rehabilitasi bangunan gedung terhadap biaya konstruksinya?

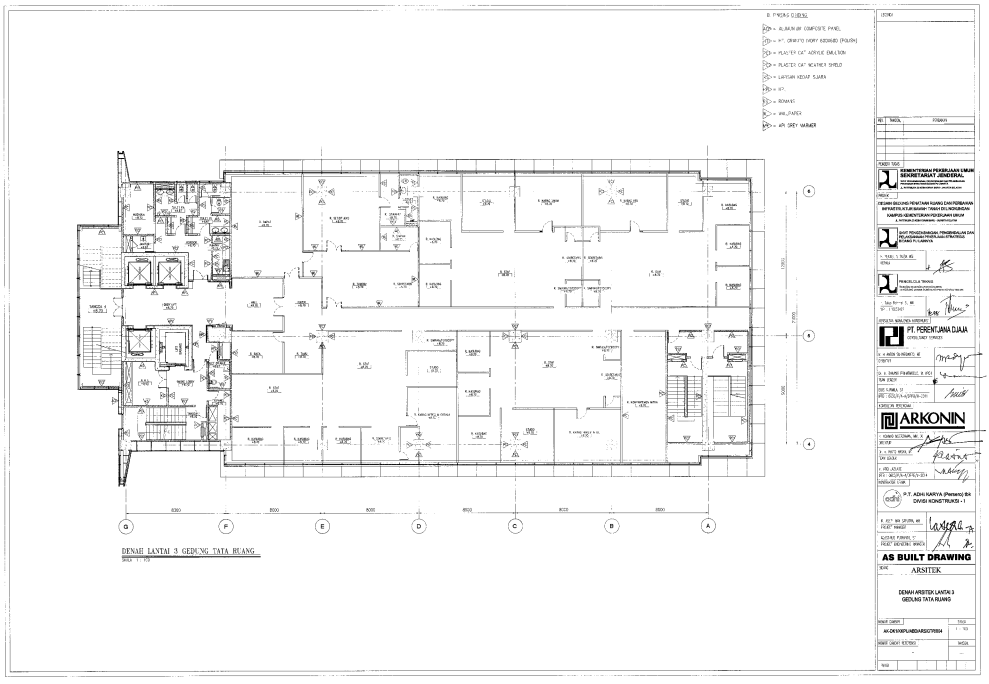
   Jawaban: Estimasi biaya adalah sebesar 15-25% dari biaya awal pembangunan gedung.

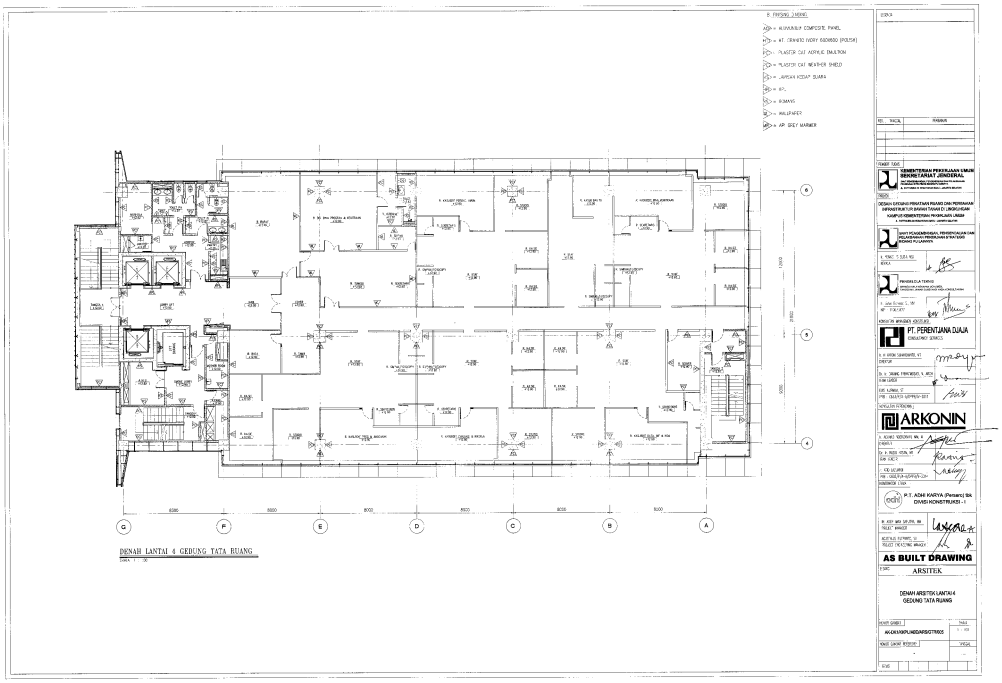
Lampiran 7 Gambar Denah Gedung G/BPIW

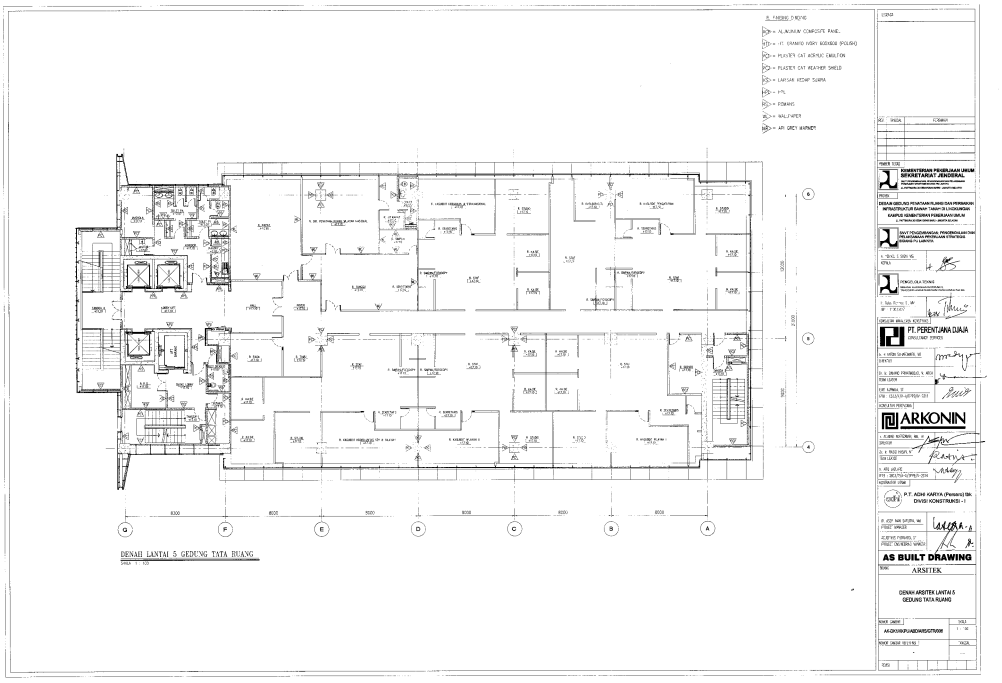


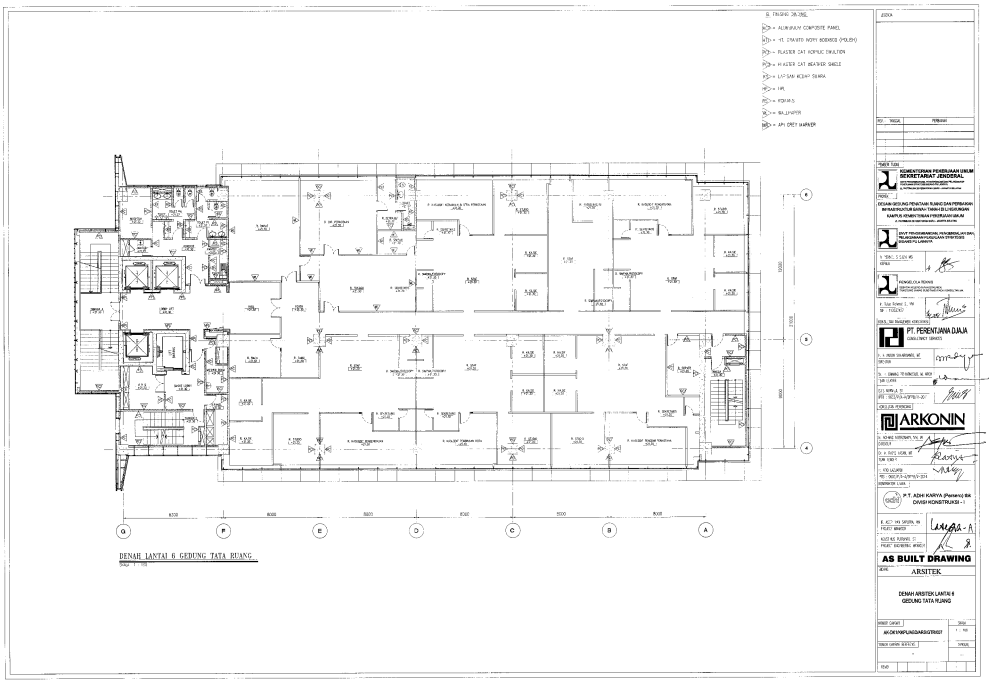


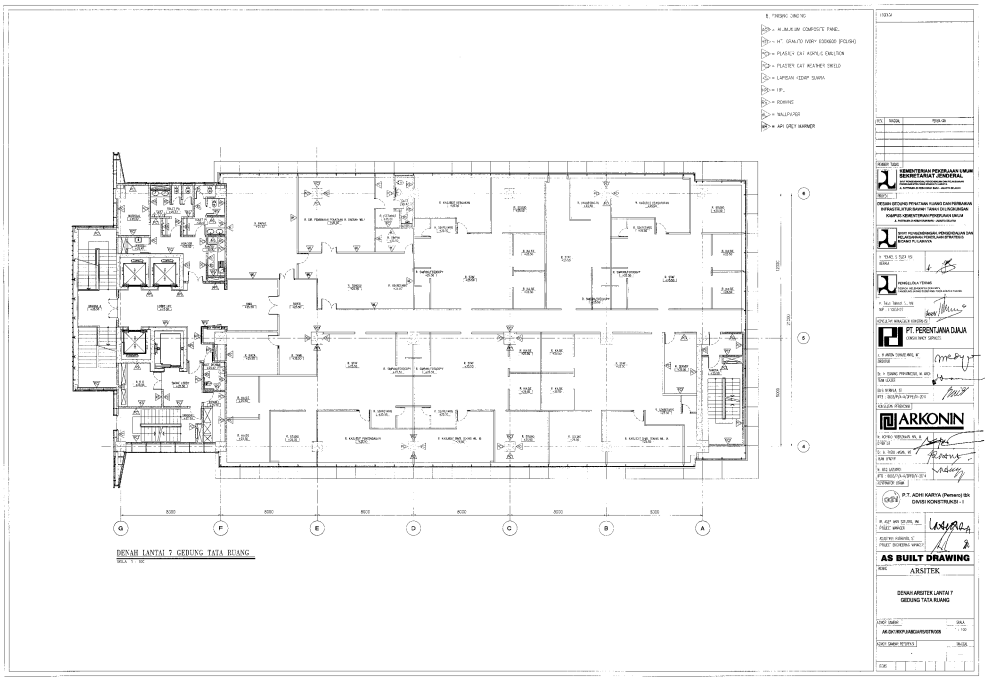

DENAH LANTAI 2 GEDUNG TATA RUANG
AS BUILT DRAWING
ARSITEK
DENAH ARSITEK LANTAI 2
GEDUNG TATA RUANG

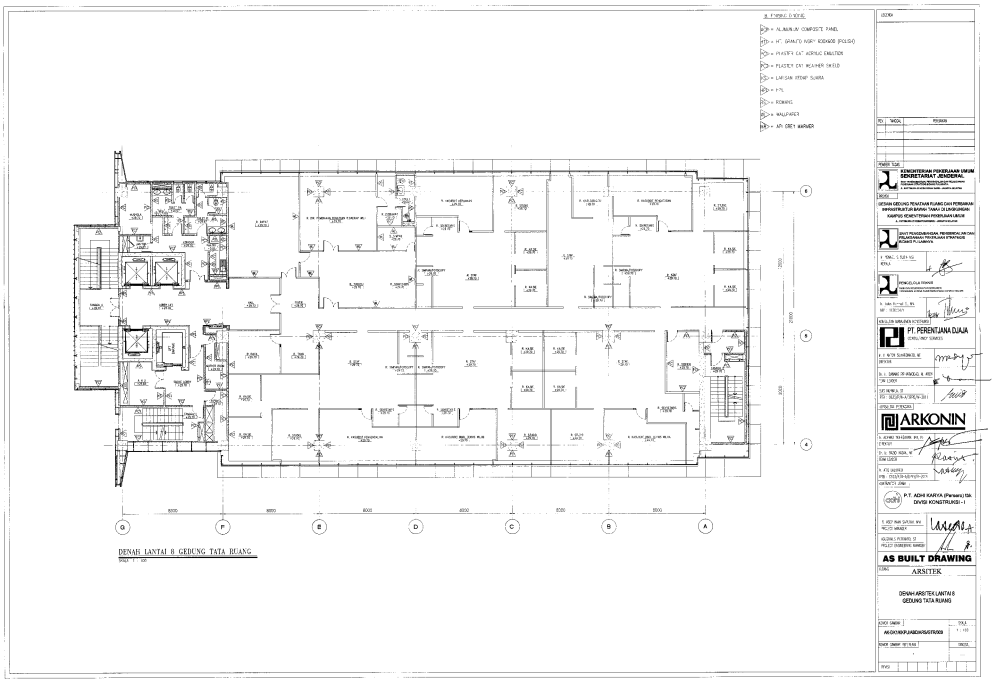

DENAH LANTAI 3 GEDUNG TATA RUANG
AS BUILT DRAWING
ARSITEK
DENAH ARSITEK LANTAI 3
GEDUNG TATA RUANG


DENAH LANTAI 4 GEDUNG TATA RUANG
AS BUILT DRAWING
ARSITEK
DENAH ARSITEK LANTAI 4
GEDUNG TATA RUANG

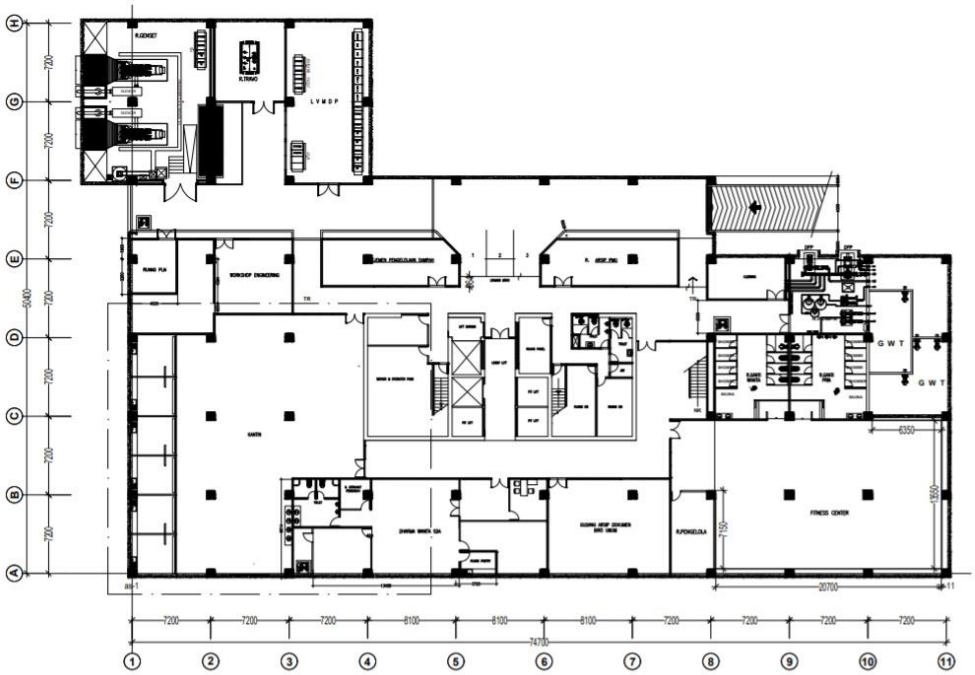

DENAH LANTAI 5 GEDUNG TATA RUANG
AS BUILT DRAWING
ARSITEK
DENAH ARSITEK LANTAI 5
GEDUNG TATA RUANG


DENAH LANTAI 6 GEDUNG TATA RUANG
AS BUILT DRAWING
ARSITEK
DENAH ARSITEK LANTAI 6
GEDUNG TATA RUANG
ARKONIN
PT. PERENTJANA DJAJA
P.T. ADHI KARYA (Persero) tbk
DIVISI KONSTRUKSI - I

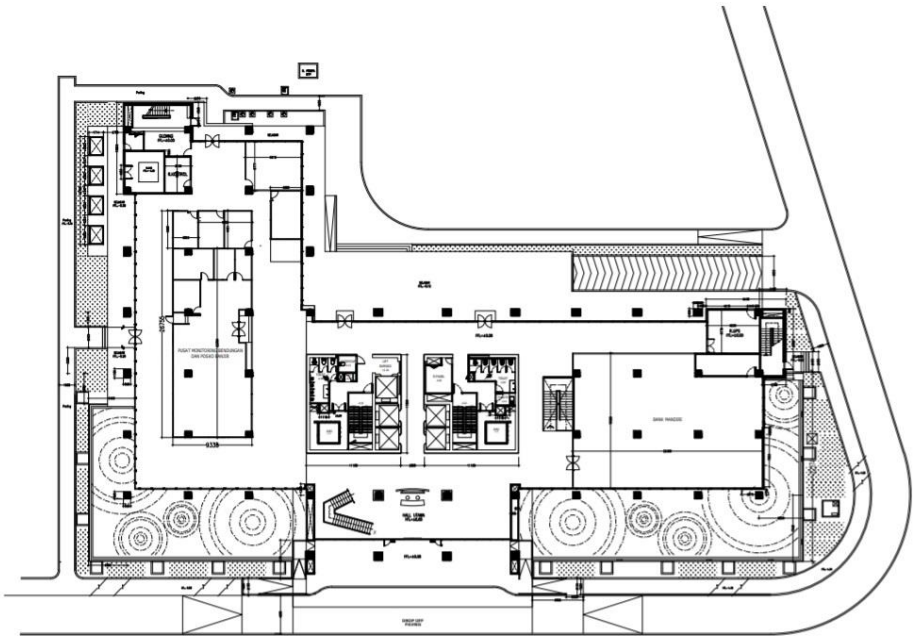

DENAH LANTAI 7 GEDUNG TATA RUANG
AS BUILT DRAWING
ARSITEK
DENAH ARSITEK LANTAI 7
GEDUNG TATA RUANG
ARKONIN
PT. PERENTJANA DJAJA
P.T. ADHI KARYA (Persero) tbk
DIVISI KONSTRUKSI - I


DENAH LANTAI II GEDUNG TATA RUANG
AS BUILT DRAWING
ARSITEK
DENAH ARSITEK LANTAI II
GEDUNG TATA RUANG

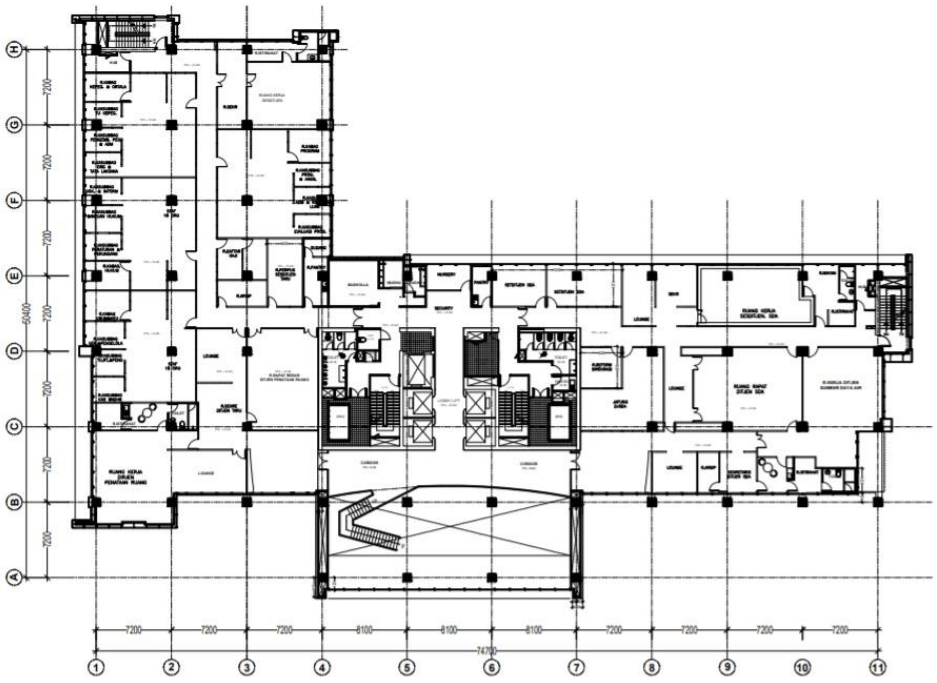
Lampiran 8 Gambar Denah Gedung Ditjen SDA



D E N A H BASEMENT
SKALA 1 : 300

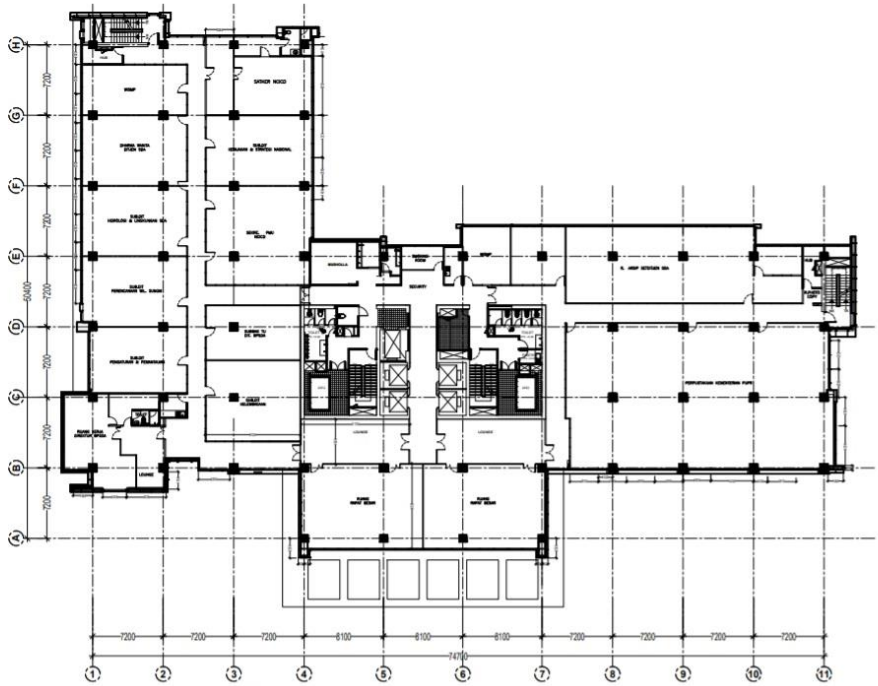


DENAH LANTAI DASAR
SKALA 1 : 350



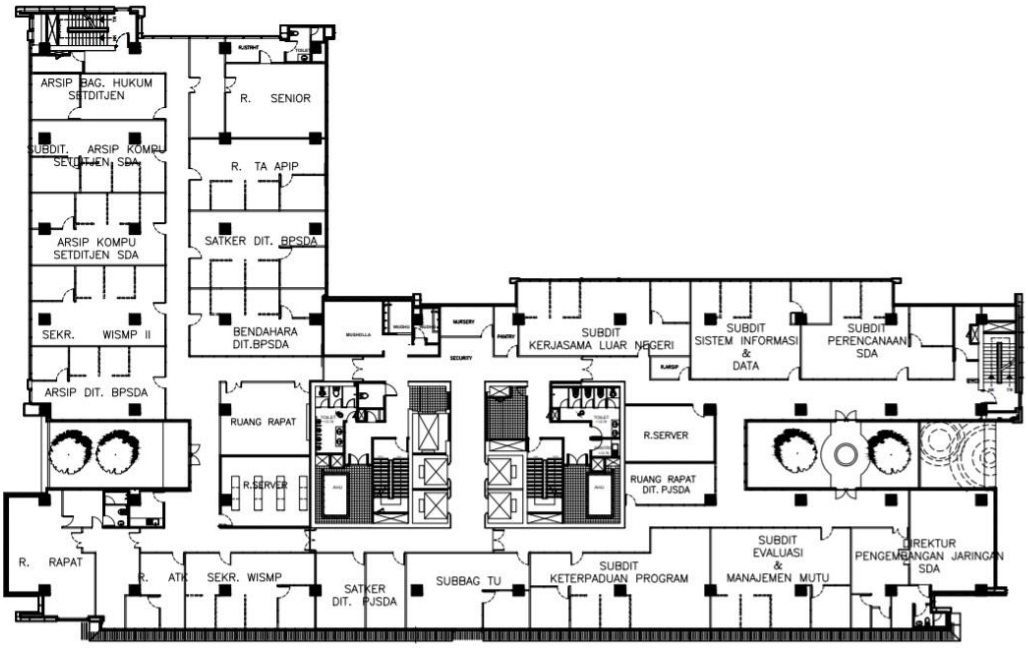
DENAH LT. 2

SKALA 1 : 300

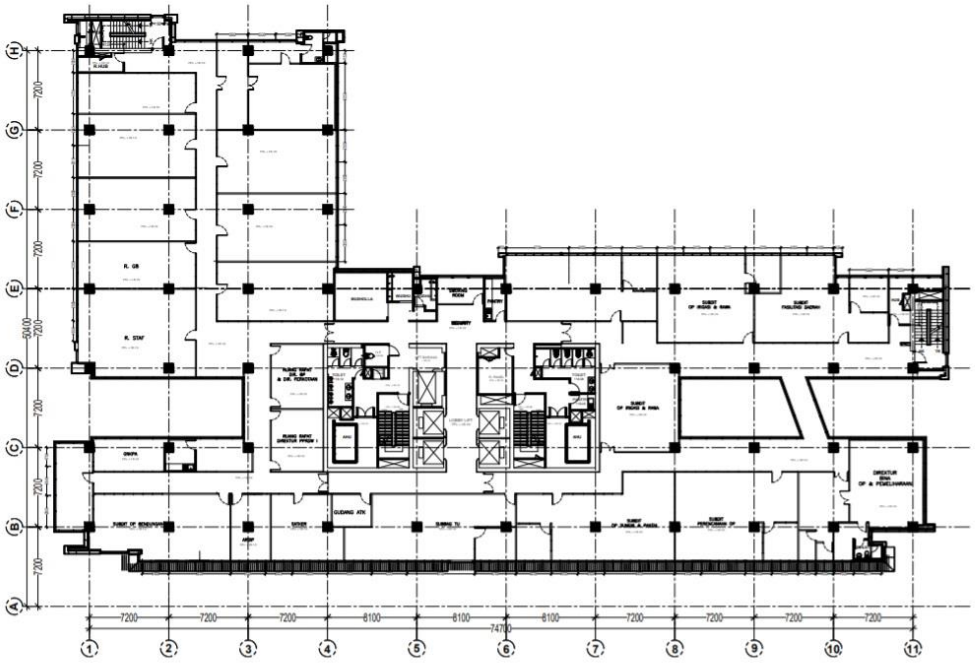


DENAH LT. 3

SKALA 1 : 300

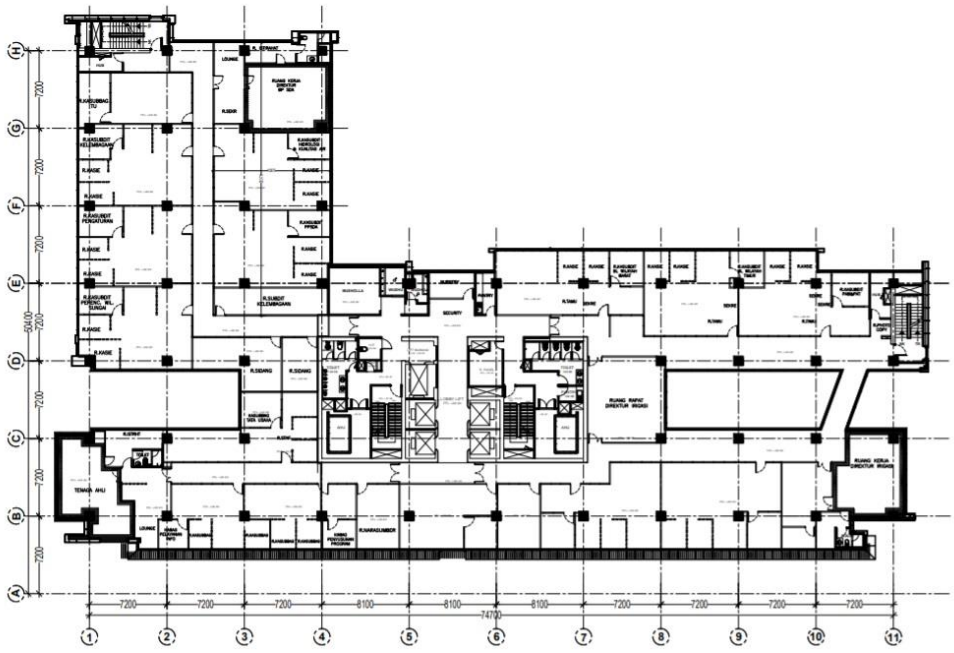


DENAH LANTAI 4



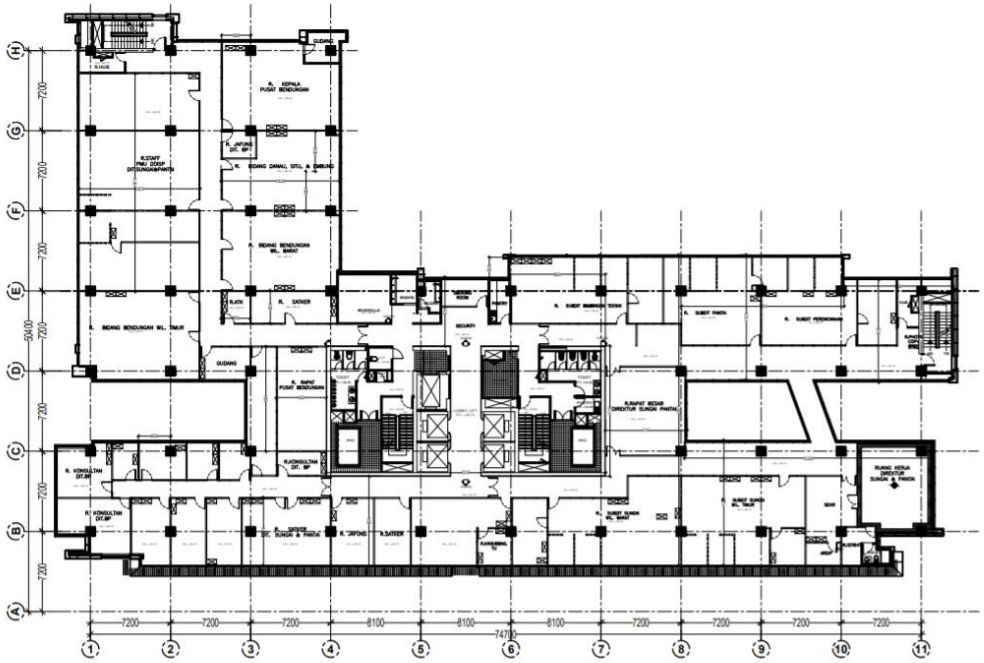
DENAH LANTAI 5

SKALA 1 : 500



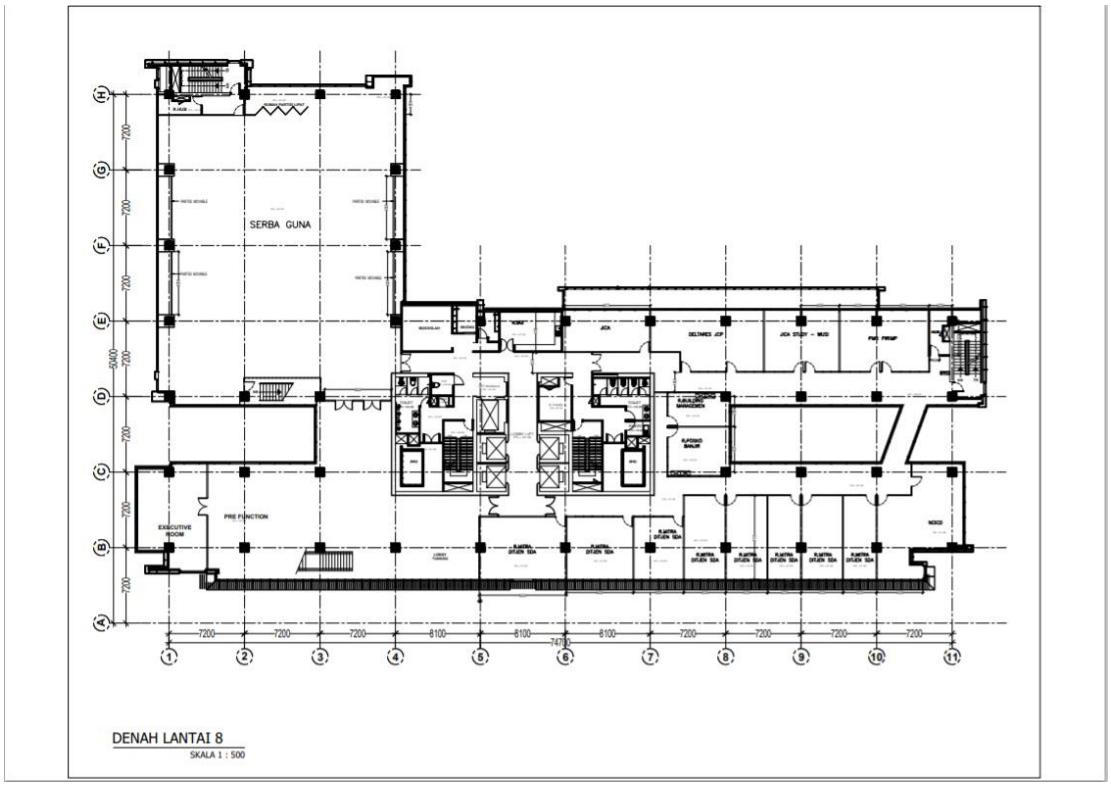
DENAH LANTAI 6

SKALA 1 : 500



DENAH LANTAI 7

SKALA 1 : 350


SERBA GUNA
PRE FUNCTION
EXECUTIVE ROOM
DENAH LANTAI 8
SKALA 1 : 500

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS

Domenico Adi Nugroho, lahir pada 18 Juli 1985 di Temanggung, Jawa Tengah. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Pangudi Utami Temanggung (1991-1997), SMP Negeri 2 Temanggung (1997-200), SMA Negeri 1 Temanggung (2000-2003), dan mengambil pendidikan terakhir Sarjana di Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (2003-2008).

Penulis memulai karir sebagai PNS di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat pada tahun 2010. Pada saat tulisan ini dibuat penulis ditempatkan pada unit organisasi Biro Umum, Sekretariat Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sebagai Perencana Jaringan Utilitas. Penulis berkesempatan melaksanakan tugas belajar untuk melanjutkan pendidikan formal melalui Program Karyasiswa dari Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat pada tahun 2018 pada Program Studi Magister Manajemen Aset Infrastruktur, Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tesis ini merupakan bentuk pengaplikasian ilmu yang didapatkan selama masa perkuliahan. Tulisan ini diharapkan dapat memberikan sumbangan terhadap ilmu pengetahuan bidang manajemen aset infrastruktur terutama pada bangunan gedung untuk instansi terkait serta masyarakat umum. Untuk keperluan korespondensi, penulis dapat dihubungi melalui email domenico.nugroho@gmail.com