



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PERANCANGAN
ARSITEKTUR BERKELANJUTAN TERHADAP
KUALITAS EKONOMI BANGUNAN**

TESIS

RETNO WINDRAYANI P

0806477503

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KEKHUSUSAN MANAJEMEN PROYEK**

JAKARTA

JUNI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PERANCANGAN
ARSITEKTUR BERKELANJUTAN TERHADAP
KUALITAS EKONOMI BANGUNAN**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

RETNO WINDRAYANI P

0806477503


**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

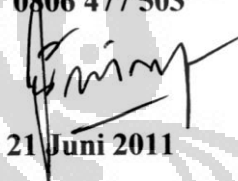
JAKARTA

JUNI 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**



Nama : Retno Windrayani P
NPM : 0806 477 503
Tanda Tangan : 
Tanggal : 21 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Retno Windrayani P
NPM : 0806 477 503
Program Studi : Teknik Sipil bidang Manajemen Teknik
Judul Tesis : Pengaruh Perancangan Arsitektur Berkelanjutan Terhadap Kualitas Ekonomi Bangunan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir.Antony Sihombing,MPD,Phd (.....)
Pembimbing 2 : Dr.Mohammed Ali Berawi,M Eng.Sc (.....)
Penguji : Dr.Ir. Yusuf Latief, MT (.....)
Penguji : Dr. Ir. Ismeth S Abidin, MT (.....)
Penguji : Ir. Eddy Subiyanto, MM,MT (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 21 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan setelah saya dapat menyelesaikan Tesis ini. Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ir. Antony Sihombing,MPD,Phd, selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tesis ini;
- (2) DR. Mohammed Ali Berawi,M Eng.Sc, selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, masukan dan semangat kepada saya dalam penyusunan Tesis ini;
- (3) Prof. Dr. Ir. Emirhadi Suganda M.Sc., selaku Dosen Teknik Arsitektur yang telah memberikan masukan, dan diskusi-diskusi yang berharga dalam penyusunan tesis ini.
- (3) Orang tua penulis, Bapak Indra Tri Buana, dan Ibu Retno Kustiah, yang telah memberikan kasih sayang dan doa yang tulus, serta adik-adik yang selalu memberikan semangat. Suami penulis, Argo Primiandha, dan putra tercinta Andra Budi Hutomo yang telah memberikan bantuan baik moril dan materil, serta pengertian yang tiada tara
- (5) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan Tesis ini.

Akhir kata, saya berharap seluruh kebaikan dan jasa-jasa dari pihak yang telah membantu penulis, dapat menjadi amal baik bagi yang terkait. Semoga Tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Salemba, 21 Juni 2011

Penulis


Retno Windrayani P.

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Retno Windrayani P
NPM : 0806477503
Program Studi : Manajemen proyek
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul

**“PENGARUH PERANCANGAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN
TERHADAP KUALITAS EKONOMI BANGUNAN”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama.


Saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 21 Juni 2011

Yang menyatakan


(Retno Windrayani P)

ABSTRAK

Nama : Retno Windrayani P
Program Studi : Teknik Sipil bidang Manajemen Proyek
Judul : Pengaruh Perancangan Arsitektur berkelanjutan Terhadap Kualitas Ekonomi Bangunan

Berdasarkan kajian ilmiah yang dipaparkan pada KTT Perubahan Iklim di Copenhagen tahun 2009, lebih dari 70% emisi karbon berasal dari industri bangunan. Industri bangunan merupakan industri yang terus berkembang di Indonesia, terutama DKI Jakarta. Salah satu cara untuk mengatasi kerusakan alam yang disebabkan industri bangunan, adalah dengan perancangan arsitektur berkelanjutan. Konsep bangunan berkelanjutan masih belum dapat diterima di Indonesia. Kualitas bangunan berkelanjutan, terutama dalam aspek ekonomi, masih diragukan oleh para *stake holder*, sehingga konsep ini masih sering ditolak pada saat perancangan gedung.

Penelitian dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor dominan dalam perancangan arsitektur berkelanjutan, pengalaman para *stake holder* industri bangunan di Indonesia, dalam perancangan arsitektur berkelanjutan dan konsep-konsep perancangan arsitektur berkelanjutan, serta tingkat pengaruh perancangan arsitektur berkelanjutan terhadap kualitas ekonomi bangunan. Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda survey, dengan menggunakan kuesioner yang didistribusikan kepada *stake holder* industri bangunan. Kuesioner tersebut disusun berdasarkan parameter-parameter analisis yang dibutuhkan dan relevan dengan maksud dan tujuan dari penelitian ini, dan hasilnya menjadi dasar dalam studi kasus yang akan dipilih.

Hasil dari survey menunjukkan bahwa responden sangat menitikberatkan perancangan arsitektur berkelanjutan terhadap aspek lingkungan, dibandingkan dengan aspek ekonomi dan sosial, dan didapat bahwa faktor dominan yang menjadi isu utama dalam perancangan arsitektur berkelanjutan adalah energi. Perancangan arsitektur berkelanjutan bukanlah konsep baru di Indonesia, tetapi pendekatan berkelanjutan untuk bangunan modern merupakan fenomena baru di Indonesia, sehingga hanya sebagian kecil saja profesional di Indonesia yang memiliki pengalaman dan teknologi di bidang bangunan hijau. Studi kasus yang diambil adalah perhitungan *Life Cycle Cost* (LCC) pada penerapan *Photovoltaic* (PV) Gedung Perpustakaan Universitas Indonesia. Berdasarkan temuan dan bahasan pada studi kasus tersebut, dapat disimpulkan bahwa perancangan arsitektur berkelanjutan dengan konsep efisiensi energi pada studi kasus yang disebutkan diatas, belum dapat meningkatkan kualitas ekonomi bangunan dengan reduksi *Life Cycle Cost* (LCC)

Kata kunci : Arsitektur berkelanjutan, Kualitas Ekonomi bangunan, Life Cycle Cost (LCC)

ABSTRACT

Name : Retno Windrayani P
Study Program: Civil Engineering
Title : The Influence of Sustainable Architecture Planning on The Quality of Building Economics.

Based on scientific studies presented at the Climate Change Summit in Copenhagen in 2009, there are more than 70% of carbon emissions come from building industry. The building industry is a growing business in Indonesia, especially Jakarta. Sustainable architecture is one of many ways to overcome environmental damages caused by the building industry and its concept is still ignored in Indonesia. Its quality, especially from economic point of view, is still a hesitation for the shareholders and undesirable at the designing stage.

The study is carried out to analyze the dominant factors in sustainable architecture design, the practice of stakeholders in Indonesia as designing sustainable architecture, and the sustainable architecture design's degree of influence on the quality of building economy. The method used in this research is survey using questionnaire distributed to the building industry stakeholders. The questionnaire is prepared based on the analysis of required and relevant parameters of this research, and its results will be the basis for selected case studies.

Rather than economic and social aspect, the outcome shows that sustainable architectural design on environments aspect more important for respondents. It is also found that the dominant factor in sustainable architecture design is energy. Sustainable architecture is not a new concept in Indonesia; however the approach of sustainable to modern building is a new phenomenon in Indonesia. Therefore, there are only a few professional involved in the area of green building in Indonesia. The model for Life Cycle Cost (LCC) calculation on the application of photovoltaic (PV) is The University of Indonesia's Library Building. Based on the fact findings and discussion during research, it comes to a result that the design of sustainable architecture with the concept of energy efficiency is yet to improve the economic quality buildings with reduced Life Cycle Cost (LCC).

Key Word : Sustainable Architecture, Building Economical Quality, Life Cycle Cost (LCC)

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH..... | v |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvi |
| | |
| 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2 PERUMUSAN MASALAH | 2 |
| 1.2.1 Identifikasi Masalah | 2 |
| 1.2.2 Signifikasi Masalah | 3 |
| 1.2.3 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 TUJUAN PENELITIAN | 3 |
| 1.4 BATASAN PENELITIAN | 4 |
| 1.5 MANFAAT PENELITIAN | 4 |
| 1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN | 5 |
| | |
| 2 LANDASAN TEORI | 7 |
| 2.1 PENDAHULUAN | 7 |
| 2.2 ARSITEKTUR BERKELANJUTAN | 12 |
| 2.2.1 Pengertian Arsitektur Berkelanjutan | 12 |
| 2.2.2 Konsep dan Keunggulan Arsitektur Berkelanjutan | 13 |
| 2.2.2.1 Site (Lokasi)..... | 15 |
| 2.2.2.2 Energi..... | 17 |
| 2.2.2.3 Air..... | 18 |
| 2.2.2.4 Material..... | 18 |
| 2.2.2.5 Limbah..... | 19 |
| 2.2.3 Penerapan Arsitektur Berkelanjutan di Dunia..... | 20 |
| 2.2.4 Penerapan Arsitektur Berkelanjutan di Indonesia | 21 |
| 2.2.4.1 Tepat Guna Lahan | 23 |
| 2.2.4.2 Efisiensi Energi & Refrigeran..... | 24 |
| 2.2.4.3 Konservasi Air..... | 25 |
| 2.2.4.4 Sumber & Siklus Material..... | 26 |
| 2.2.4.5 Kualitas Udara & Kenyamanan Ruangan.. | 27 |
| 2.2.4.6 Manajemen Lingkungan Bangunan..... | 27 |
| 2.3. KUALITAS EKONOMI BANGUNAN..... | 28 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.3.1 | Definisi Kualitas Ekonomi Bangunan | 30 |
| 2.3.2 | Faktor-Faktor Penentu Kualitas Ekonomi | 31 |
| 2.3.3 | Tahap-Tahap Perhitungan <i>Life Cycle Cost</i> | 35 |
| 2.3.4 | | 36 |
| 2.3.5 | Cara Perhitungan <i>Life Cycle Cost</i> | 43 |
| | Manfaat Pengukuran Kualitas Ekonomi Bangunan | 43 |
| 2.4 | PENGUKURAN KUALITAS EKONOMI BANGUNAN DENGAN PERENCANAAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN | 44 |
| 2.6 | HIPOTESA PENELITIAN | 46 |
| 2.7 | KERANGKA PEMIKIRAN..... | 47 |
| 3 | METODE PENELITIAN | 48 |
| 3.1 | PENDAHULUAN | 48 |
| 3.2 | RUMUSAN MASALAH DAN STRATEGI PEMILIHAN METODE PENELITIAN | 50 |
| 3.2.1 | Rumusan Masalah | 50 |
| 3.2.2 | Strategi Penelitian | 50 |
| 3.3 | PROSES PENELITIAN | 52 |
| 3.3.1 | Alur Penelitian Survei dan Studi Kasus | 52 |
| 3.3.2 | Perumusan Variabel Penelitian | 54 |
| 3.3.3 | Penyusunan Instrumen Penelitian..... | 54 |
| 3.3.4 | Pengumpulan Data dan Teknik Sampling | 56 |
| 3.3.5 | Tabulasi Data..... | 57 |
| 3.3.6 | Studi Kasus..... | 60 |
| 3.4 | KESIMPULAN | 60 |
| 4 | DESKRIPSI PROYEK | 61 |
| 4.1 | GAMBARAN UMUM PROYEK DAN KONSEP PERANCANGAN BANGUNAN..... | 61 |
| 4.2 | LATAR BELAKANG PROYEK..... | 62 |
| 4.3 | KONSEP ARSITEKTUR BERKELANJUTAN YANG DITERAPKAN DI GEDUNG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS INDONESIA..... | 63 |
| 4.4 | PENERAPAN ENERGI TERBARUKAN DENGAN PHOTOVOLTAIC (SEL SURYA)..... | 69 |
| 5 | ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN | 72 |
| 5.1 | PENDAHULUAN | 72 |
| 5.2 | VERIFIKASI DAN VALIDASI VARIABEL | 73 |
| 5.3 | INFORMASI UMUM RESPONDEN | 85 |
| 5.3.1 | Tingkat Responden Terhadap Kuesioner..... | 85 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.3.2 | Data Responden..... | 85 |
| 5.3.2.1 | Perusahaan Tempat Responden Bekerja | 86 |
| 5.3.2.2 | Pendidikan Terakhir | 87 |
| 5.3.2.3 | Jabatan..... | 88 |
| 5.3.2.4 | Lama Bekerja/Pengalaman Kerja | 89 |
| 5.4 | ANALISA DAN PEMBAHASAN..... | 90 |
| 5.4.1 | Pemahaman Arsitektur Berkelanjutan..... | 90 |
| 5.4.2 | Pengalaman Penerapan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan | 102 |
| 5.4.3 | Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 108 |
| 5.4.4 | Studi Kasus Penerapan Photovoltaic (PV) pada Gedung Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia..... | 133 |
| 5.5.4.1 | Data Umum Perhitungan Life Cycle Cost (LCC) Gedung Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia | 137 |
| 5.5.4.2 | Alternatif Pertama dengan Penggunaan Listrik Konvensional dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan Lampu <i>Fourcent</i> | 139 |
| 5.5.4.3 | Alternatif Kedua dengan Menggunakan Photovoltaic (PV) dan Lampu <i>Fluorescent</i> | 143 |
| 5.5.4.4 | Alternatif ketiga dengan Menggunakan Photovoltaic (PV) dan Lampu Light Emmitter Diode (LED) | 147 |
| 5.5.4.5 | Perbandingan dan Pembahasan Life Cycle Cost (LCC) Semua Alternatif yang Digunakan | 150 |
| 6 | KESIMPULAN DAN SARAN | 1 |
| 6.1 | KESIMPULAN | 159 |
| 6.1 | SARAN | 160 |
| | DAFTAR ACUAN..... | 162 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 167 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|--|------------|
| Gambar 2.1 | Konsumsi energi dan emisi yang dihasilkan dari bangunan..... | 9 |
| Gambar 2.2 | Kerangka Landasan Teori..... | 11 |
| Gambar 2.3 | Hubungan Aspek Sustainability..... | 12 |
| Gambar 2.4 | Integrasi Mikro, Meso dan Makro untuk Pencapaian Arsitektur berkelanjutan | 14 |
| Gambar 2.5 | Proses Perancangan Arsitektur Berkelanjutan | 19 |
| Gambar 2.6 | Model Pengambilan Keputusan | 28 |
| Gambar 2.7 | Langkah-Langkah Perhitungan Life Cycle Cost (LCC) | 42 |
| Gambar 2.8 | Kerangka Pemikiran..... | 47 |
| Gambar 3.1 : | Alur Penelitian Metode Survey..... | 52 |
| Gambar 3.2 : | Alur Penelitian Metode Studi Kasus | 53 |
| Gambar 3.3 : | Contoh Grafik Efisiensi Biaya | 59 |
| Gambar 5.1 : | Perusahaan Tempat Responden Bekerja | 142 |
| Gambar 5.2 : | Pendidikan Terakhir Responden | 144 |
| Gambar 5.3 : | Jabatan Responden | 145 |
| Gambar 5.4 : | Pengalaman Kerja Responden | 148 |
| Gambar 5.5 : | Konsep Dasar Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 149 |
| Gambar 5.6 : | Tujuan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 150 |
| Gambar 5.7 : | Tujuan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan | 152 |
| Gambar 5.8 : | Sustainability dan Life Cycle Engineering (LCE) | 154 |
| Gambar 5.9 : | Hubungan Perancangan denganLife Cycle Engineering (LCE) | 155 |
| Gambar 5.10: | Keterlibatan Responden dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan | 157 |
| Gambar 5.11: | Kategori Bangunan yang Dirancang oleh Responden | 159 |
| Gambar 5.12: | Sertifikasi Green Building..... | 161 |
| Gambar 5.13: | Jenis Sertifikasi yang Dimiliki Responden | 162 |
| Gambar 5.14: | Penerapan konsep tata guna lahan dalam perancangan arsitektur berkelanjutan | 163 |

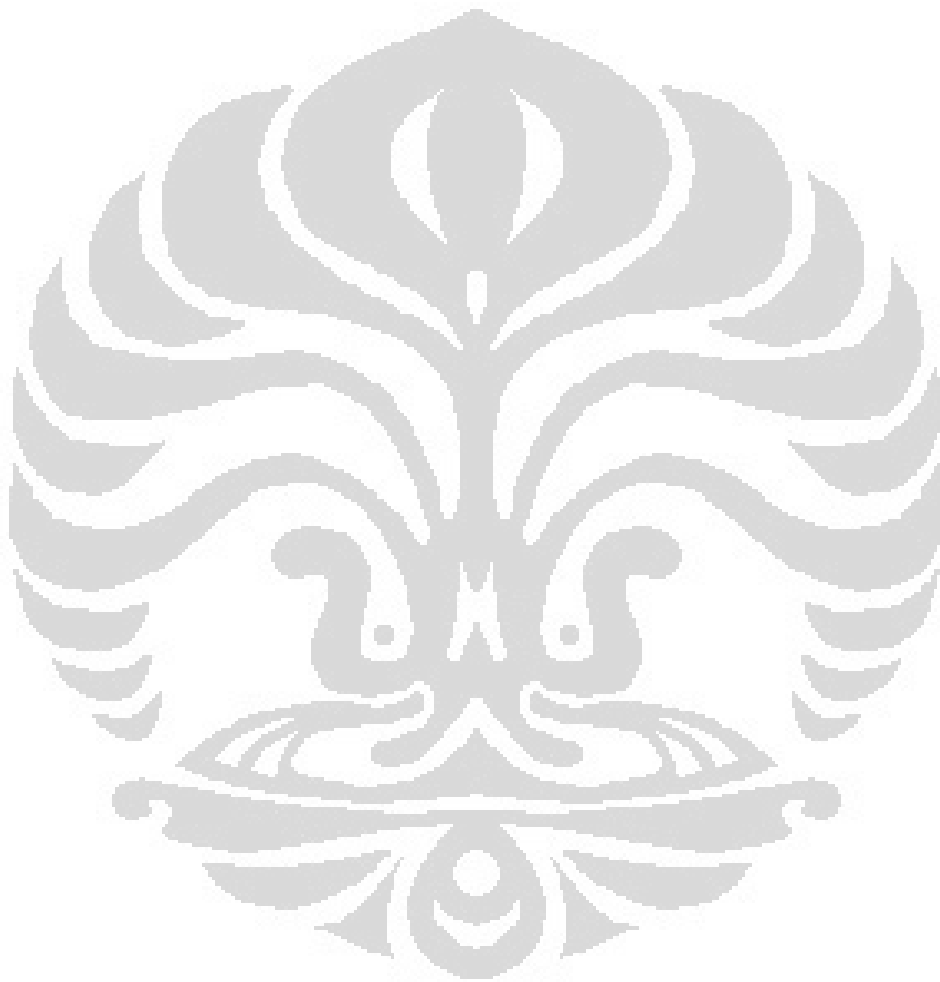
| | |
|---|-----|
| Gambar 5.15: Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Perancangan Tepat Guna Lahan..... | 165 |
| Gambar 5.16: Penerapan Konsep Efisiensi Energi dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 166 |
| Gambar 5.17: Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Konsep Efisiensi Energi | 167 |
| Gambar 5.18: Penerapan konservasi air dalam perancangan | 169 |
| Gambar 5.19: Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Konsep Konservasi Air..... | 170 |
| Gambar 5.20: Penerapan Perencanaan Sumber dan Siklus Material..... | 172 |
| Gambar 5.21: Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Konsep Perencanaan Sumber dan Siklus Material..... | 173 |
| Gambar 5.22: Penerapan Perencanaan Kualitas Udara dan Kenyamanan Ruang | 174 |
| Gambar 5.23: Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Konsep Perencanaan Kualitas Udara dan Kenyamanan Ruang | 176 |
| Gambar 5.24: Penerapan Manajemen Lingkungan Bangun..... | 177 |
| Gambar 5.25: Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Penerapan Manajemen Lingkungan Bangun..... | 179 |
| Gambar 5.26: Total Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 180 |
| Gambar 5.27: KecenderunganEfisiensi Biaya dengan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 185 |
| Gambar 5.28: Perbandingan Initial Expenses, Future Expenses, dan Salvage Value untuk Semua Alternatif..... | 189 |
| Gambar 5.29: Arah Kebijakan Energi Indonesia | 180 |
| Gambar 5.30: Transformasi Paradigma Manajemen Energi Nasional | 185 |
| Gambar 5.31: Hubungan Tingkat Polusi, Kesehatan Bangunan dan Reduksi Biaya Pengobatan | 189 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tabel 2.1 | 20 Negara Penyumbang Emisi Karbon Terbesar di Dunia..... | 7 |
| Tabel 2.2 | Carbon Footprint..... | 9 |
| Tabel 2.3 | Tujuan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 15 |
| Tabel 2.4 | Konsep Pengelolaan Site..... | .16 |
| Tabel 2.5 | Jenis-Jenis Data Perhitungan Life Cycle Cost (LCC)..... | 35 |
| Tabel 2.6 | Keuntungan dan Kerugian dari Metode Evaluasi Ekonomi Life Cycle Cost (LCC)..... | 37 |
| Tabel 3.1: | Strategi Penelitian | 51 |
| Tabel 3.2: | Contoh Tabulasi Data | 57 |
| Tabel 3.3: | Contoh Tabulasi Data | 58 |
| Tabel 3.4: | Contoh Tabulasi Data | 59 |
| Tabel 4.1: | Perancangan Green Building yang diterapkan pada bangunan Perpustakaan Universitas Indonesia | 65 |
| Tabel 5.1: | Instrumen Penelitian Arsitektur Berkelanjutan | 74 |
| Tabel 5.2: | Instrumen Penelitian Kualitas Ekonomi Bangunan..... | 88 |
| Tabel 5.3: | Tingkat Respon terhadap Kuesioner | 85 |
| Tabel 5.4: | Perusahaan Tempat Responden Bekerja | 86 |
| Tabel 5.5: | Pendidikan Terakhir Responden | 87 |
| Tabel 5.6: | Jabatan Responden..... | 88 |
| Tabel 5.7: | Pengalaman Kerja Responden | 90 |
| Tabel 5.8: | Konsep Dasar Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 91 |
| Tabel 5.9: | Tujuan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan | 93 |
| Tabel 5.10: | Hubungan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan dengan Life Cycle Engineering (LCE)..... | 96 |
| Tabel 5.11: | Pemahaman Arsitektur Berkelanjutan Responden | 98 |
| Tabel 5.12: | Keterlibatan Responden dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan | 102 |
| Tabel 5.13: | Kategori Bangunan yang Dirancang oleh Responden | 103 |
| Tabel 5.14: | Sertifikasi GreenBuilding | 104 |

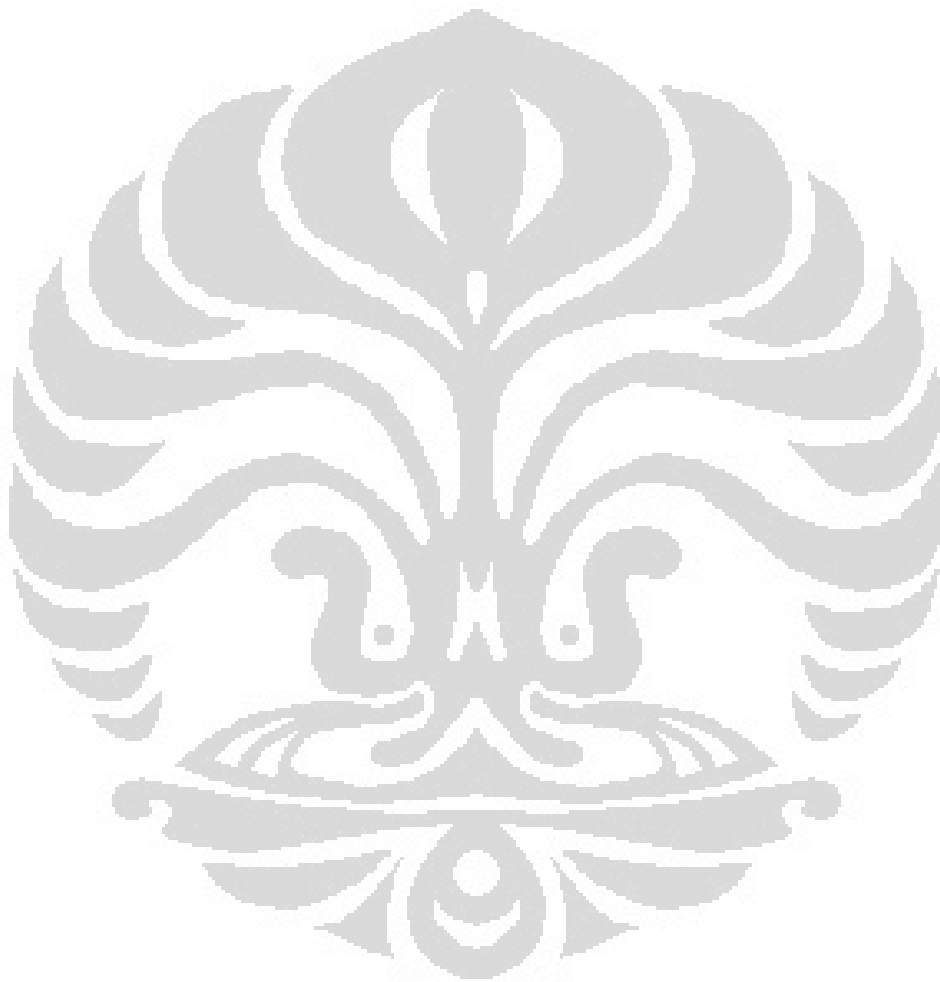
| | | |
|-------------|---|-----|
| Tabel 5.15: | Jenis Sertifikasi yang Dimiliki Responden | 105 |
| Tabel 5.16: | Penerapan Konsep Tata Guna Lahan dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 109 |
| Tabel 5.17: | Urutan Biaya yang Dapat Diefisiensi dengan Tata Guna Lahan..... | 111 |
| Tabel 5.18: | Penerapan Konsep Efisiensi Energi dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan | 113 |
| Tabel 5.19: | Urutan Biaya yang dapat Diefisiensi dengan Perancangan Efisiensi Energi dan Refrigerant..... | 115 |
| Tabel 5.20: | Penerapan Konservasi Air dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 117 |
| Tabel 5.21: | Urutan Biaya yang Dapat Diefisiensi dengan Konservasi Air | 119 |
| Tabel 5.22: | Penerapan Perancangan Sumber dan Siklus Matrial dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan..... | 121 |
| Tabel 5.23: | Urutan Biaya yang dapat diefisiensi dengan perencanaan sumber dan siklus matrial | 123 |
| Tabel 5.24: | Penerapan Kualitas Udara dan Kenyamanan Ruang..... | 125 |
| Tabel 5.25: | Urutan Biaya yang dapat diefisiensikan dengan Perencanaan Kualitas Udara dan Kenyamanan Ruang..... | 128 |
| Tabel 5.26: | Penerapan Managemen Lingkungan Bangun..... | 129 |
| Tabel 5.27: | Pemahaman 41 Responden Terhadap Arsitektur Berkelanjutan | 132 |
| Tabel 5.28: | Asumsi dan Eskalasi untuk Perhitungan Life Cycle Cost (LCC)..... | 139 |
| Tabel 5.29: | Perhitungan LCC Alternatif 1 (Listrik Konvensional PLN)..... | 141 |
| Tabel 5.30: | Perhitungan Future Expenses Alternatif 1 (Listrik Konvensional PLN)..... | 142 |
| Tabel 5.31: | Perbandingan VE Standar dengan <i>Intensive VE</i> | 146 |
| Tabel 5.32: | Perhitungan Future Expenses Alternatif 2 Photovoltaic (PV) dengan Lampu Flourecent | 147 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tabel 5.33: | Perhitungan LCC Alternatif 3 Photovoltaic (PV) dengan LED..... | 149 |
| Tabel 5.34 | Asumsi dan Eskalasi untuk Perhitungan Life Cycle Cost (LCC)..... | 150 |
| Tabel 5.35: | Perbandingan LCC Seluruh Alternatif | 141 |



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kuesioner
- Lampiran 2 Kuisisioner
- Lampiran 3 Perhitungan *Life Cycle Cost* (LCC)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada dekade terakhir ini, isu lingkungan demikian marak dibicarakan dari berbagai disiplin ilmu. Diawali dengan *Bruntland Our Common Future* (1987), Selanjutnya Kyoto Protocol (1997), dan yang terakhir adalah isu tentang perubahan iklim, COP 15 (15th *Conference of Parties United Nations Framework Convention on Climate Change*) Copenhagen 2009. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyimpulkan bahwa, sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia melalui efek rumah kaca, yang menghasilkan emisi karbon.

Salah satu kota terbesar di Indonesia, dengan tingkat emisi karbon yang tinggi adalah Kota Jakarta. Emisi CO₂ yang dihasilkan adalah 3,55 ton/capita, pada tahun 2000, dan meningkat setiap tahunnya (Aumnad Phdungsilp : 2009). [1]

Mengatasi meningkatnya emisi Co₂ di Kota Jakarta, pemerintah melakukan berbagai usaha, antara lain dengan menjadikan Jakarta sebagai salah satu kota yang mendukung pengurangan emisi karbon. Jakarta ikut berpartisipasi dalam *Carbon Finance Capacity Building Programe* (Aisa Tobing : 2009). [2] Salah satu cara untuk mengurangi emisi CO₂ di Kota Jakarta adalah dengan merencanakan bangunan gedung dengan konsep arsitektur berkelanjutan.

Arsitektur berkelanjutan adalah istilah umum yang menggambarkan desain sadar lingkungan di bidang arsitektur. Arsitektur berkelanjutan dibentuk dari diskusi tentang konsep berkelanjutan, dan isu-isu politik dan ekonomi di dunia. Dalam konteks luas, arsitektur berkelanjutan berupaya untuk meminimalkan dampak negatif bangunan pada lingkungan dengan meningkatkan efisiensi dan moderasi dalam penggunaan bahan, energi, dan pengembangan ruang.

Menurut (Carl-Alexander Graubner : 2009) [3], konsep arsitektur berkelanjutan dapat diukur dengan beberapa penilaian, yaitu dengan mengukur *ecological quality* (kualitas ekologi), *social quality* (kualitas sosial) dan *economical quality* (kualitas ekonomi). Berdasarkan *German Sustainable Quality Label*, kualitas ekonomi dibagi menjadi 2 (dua) kriteria, yaitu *reduction of life cycle cost* (reduksi LCC) dan *preservation of economic value*, (mempertahankan nilai ekonomi bangunan).

Kualitas ekonomi bangunan penting untuk diteliti, hal ini dikarenakan industri bangunan merupakan industri besar bernilai US\$ 4,6 trilyun, yang melibatkan ratusan juta orang dalam industri konstruksi global (Kevin Hydes : 2008) [4] Hal ini memberikan gambaran, bahwa industri bangunan adalah industri dengan nilai investasi yang tinggi. Separuh bangunan yang akan dibangun berada di Asia, termasuk Indonesia sebagai negara berkembang.

Data yang diberikan Berita Resmi Statistik Provinsi DKI Jakarta No.40/11/31Th.XI, 10 November 2009, perekonomian DKI Jakarta pada tahun 2009 mengalami peningkatan di segala sektor, salah satunya adalah sektor konstruksi yang meningkat sebesar 6,64% dibandingkan tahun sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa investasi di bidang konstruksi di DKI Jakarta menunjukkan peningkatan dalam 1 tahun terakhir, dan Indonesia sebagai negara berkembang tentunya akan terus melakukan pembangunan di berlanjut di tahun-tahun berikutnya.

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

1.2.1 Deskripsi Masalah

Berdasarkan kajian ilmiah yang dipaparkan pada KTT Perubahan Iklim di Copenhagen tahun 2009, lebih dari 70% emisi karbon berasal dari industri bangunan. Penelitian yang dilakukan *High Performance Building Congressional Caucus Coalition* (HPBCCC) menyatakan bahwa bangunan mengkonsumsi 70% dari listrik nasional, sebagian besar bahan material, air, dan sampah. Rumah,

kantor sekolah dan bangunan-bangunan lainnya mengkonsumsi 40 % dari energi, 70 % dari listrik dan 12 % air bersih di Amerika setiap tahunnya.

Industri bangunan merupakan merupakan industri yang terus berkembang di Indonesia, terutama di DKI Jakarta. Perkembangan industri bangunan tidak disertai dengan kepedulian para *stake holder* tentang pentingnya menjaga keseimbangan alam. Pemerintah dan pihak swasta yang berperan dalam pembangunan gedung di Indonesia masih memiliki kesadaran yang rendah terhadap pentingnya bangunan yang bersahabat dengan lingkungan.

1.2.2 Signifikansi Masalah

Konsep bangunan berkelanjutan masih belum dapat diterima di Indonesia. Kurangnya pengetahuan tentang kualitas bangunan berkelanjutan, membuat pemerintah maupun pihak swasta yang berperan dalam pembangunan gedung di Indonesia, khususnya DKI Jakarta masih sulit untuk menerima konsep bangunan berkelanjutan. *Stake holder* masih memiliki persepsi bahwa bangunan berkelanjutan menghabiskan biaya yang lebih mahal dibandingkan dengan bangunan konvensional (Gregory H Kats : 2003). [5]

1.2.3 Rumusan Masalah

Kualitas bangunan bangunan berkelanjutan, terutama dalam aspek ekonomi, masih diragukan oleh para *stake holder*, sehingga konsep ini sering kali ditolak pada saat perancangan. Oleh karenanya, untuk menjelaskan permasalahan tersebut di atas, berikut pertanyaan penelitian yang akan dijawab :

Bagaimana pengaruh perancangan arsitektur berkelanjutan terhadap kualitas ekonomi bangunan ?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Setelah melihat latar belakang dan identifikasi masalah dari penelitian ini, maka pengukuran kualitas ekonomi bangunan yang menggunakan perancangan arsitektur berkelanjutan perlu dilakukan, adapun maksud dan tujuannya adalah:

Menilai pengaruh perancangan Arsitektur berkelanjutan terhadap kualitas ekonomi bangunan gedung

1.4. BATASAN PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dengan menganalisis hasil pengumpulan data, baik data primer maupun sekunder, yang diperoleh antara lain dengan kuisioner, wawancara, pengamatan di lapangan, dan studi literatur.

Metoda pengukuran kualitas ekonomi bangunan (*economical quality*) yang akan digunakan adalah metoda *Life Cycle Cost* (LCC). Sesuai dengan tujuan dari perancangan *arsitektur berkelanjutan*, dalam konteks kualitas ekonomi bangunan (*economical quality*), yaitu reduksi *Life Cycle Cost* (LCC) dari gedung yang akan dibangun.

Studi kasus dalam penelitian ini adalah perhitungan *Life Cycle Cost* (LCC) penggunaan Photovoltaic (PV) untuk Gedung Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi masyarakat umum, masyarakat industri, dan masyarakat ilmiah. Adapun manfaat penelitian secara lebih spesifik adalah sebagai berikut :

- a. Menjadi alternatif penyelesaian isu pemanasan global dan emisi karbon yang tinggi, yang dihasilkan bangunan.
- b. Menjadi pertimbangan dalam perancangan industri bangunan dalam mendesain bangunan yang memiliki kualitas ekonomi (*economical quality*) yang baik.
- c. Menjadi pertimbangan bagi para *stake holder* dalam suatu proyek pembangunan gedung, untuk menggunakan perancangan arsitektur berkelanjutan
- d. Menambah wawasan dan pengetahuan penulis dalam memahami dan menerapkan perancangan arsitektur berkelanjutan

- e. Mengetahui kualitas ekonomi bangunan yang direncanakan dengan konsep arsitektur berkelanjutan, berdasarkan *Life Cycle Cost* (LCC) bangunan tersebut.

1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN

Untuk memudahkan dan melakukan analisis terhadap permasalahan yang ada perlu dilakukan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab II memuat teori-teori yang mendukung dan menjadi dasar penelitian yang dilakukan pada penulisan tesis ini yaitu mengenai teori arsitektur berkelanjutan, penerapan arsitektur berkelanjutan, teori kualitas ekonomi bangunan, dan pengukuran kualitas ekonomi bangunan dengan perancangan arsitektur berkelanjutan, dengan metode *Life Cycle Cost* (LCC)

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metodologi penelitian yang digunakan dalam penulisan tesis secara rinci tentang bahan atau materi penelitian, alat atau instrumen penelitian dan langkah-langkah penelitian mulai dari persiapan penelitian sampai dengan penyajian data serta kesulitan-kesulitan yang timbul selama penelitian dan pemecahannya.

BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

Bab ini menguraikan mengenai pengumpulan data dan analisis data (baik kuantitatif maupun kualitatif) terhadap data primer dan sekunder yang diperoleh hasil survei.

BAB V STUDI KASUS PENERAPAN *SUSTAINABLE ARCHITECTURE* DI INDONESIA

Menyajikan contoh pelaksanaan perancangan dan penerapan arsitektur berkelanjutan, dan masalah-masalah yang timbul pada saat perancangan dan pelaksanaan proyek. Perhitungan *Life Cycle Cost* (LCC) pada gedung x sebagai studi kasus.

BAB VI TEMUAN DAN BAHASAN

Bab ini menguraikan mengenai temuan hasil analisis data dilanjutkan dengan pembahasan atas temuan-temuan tersebut untuk diperoleh kesimpulan.

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

Menguraikan mengenai kesimpulan yang diperoleh dari analisis pada bab-bab sebelumnya dan penyusunan saran atas beberapa hal penting yang dijumpai dalam penelitian untuk dijadikan pertimbangan tindak lanjut terhadap hasil yang diperoleh dalam penelitian ini

BAB 2

TINJAUAN PUSAKA

2.1 PENDAHULUAN

Peningkatan suhu bumi dan perubahan iklim merupakan gejala yang sedang berlangsung dan dapat dirasakan berupa penurunan kondisi lingkungan akibat kegiatan manusia tanpa mempertimbangkan prinsip pembangunan yang memperhatikan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam memelihara kelestarian lingkungan. Penurunan kondisi lingkungan secara global yang telah diteliti, merupakan peringatan bagi manusia, bahwa pemanasan global akan semakin parah setiap tahunnya. Berikut data 20 negara penyumbang emisi CO₂ terbesar di dunia :

Tabel 2.1 20 Negara penyumbang emisi karbon terbesar di dunia

| Country | Total Emissions (Million Metric Tons of CO ₂) | Per Capita Emissions(Tons/Capita) | |
|---------|--|-----------------------------------|-------|
| 1 | China | 6534 | 4.91 |
| 2 | United States | 5833 | 19.18 |
| 3 | Russia | 1729 | 12.29 |
| 4 | India | 1495 | 1.31 |
| 5 | Japan | 1214 | 9.54 |
| 6 | Germany | 829 | 10.06 |
| 7 | Canada | 574 | 17.27 |
| 8 | United Kingdom | 572 | 9.38 |
| 9 | Korea, South | 542 | 11.21 |
| 10 | Iran | 511 | 7.76 |
| 11 | Saudi Arabia | 466 | 16.56 |
| 12 | Italy | 455 | 7.82 |
| 13 | South Africa | 451 | 9.25 |
| 14 | Mexico | 445 | 4.04 |
| 15 | Australia | 437 | 20.82 |
| 16 | Indonesia | 434 | 1.83 |
| 17 | Brazil | 428 | 2.18 |
| 18 | France | 415 | 6.48 |
| 19 | Spain | 359 | 8.86 |
| 20 | Ukraine | 350 | 7.61 |

(Sumber : Union of Concerned Scientists for Environmental) www.ucsusa.org

Salah satu penyebab utama percepatan penurunan kondisi lingkungan, adalah konsumsi energi yang tidak dapat diperbaharui seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Hasil pembakaran dari minyak bumi, gas alam, dan batu bara adalah emisi karbon. Dalam 20 tahun terakhir, penggunaan minyak bumi, gas alam, dan batu bara meningkat setiap tahunnya, dan peningkatan penggunaan terbesar adalah negara berkembang, yang sedang melakukan pembangunan di segala bidang. (Jatmika Adi Suryabrata : 2005) [6]

Indonesia menjadi sebagai salah satu negara berkembang, berkontribusi dalam pemanasan global karena konversi lahan, penggundulan hutan, pembakaran batubara, pertanian, dan aktivitas lainnya yang menghasilkan emisi CO₂. Studi oleh para ahli PBB menunjukkan bahwa permukaan laut diperkirakan meningkat sekitar 89 sentimeter, atau 35 inci, pada tahun 2030 yang berarti bahwa sekitar 2.000 pulau kecil tidak berpenghuni sebagian besar akan terendam. Pada tahun 2050 diprediksi Indonesia akan mencapai pemanasan 2°C sehingga ribuan pulau akan tenggelam.

Industri bangunan adalah salah satu pengguna energi terbesar yang dihasilkan oleh bahan bakar minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Konsumsi energi pada bangunan, dapat dibagi menjadi empat komponen (Jatmika Adi Suryabrata : 2005) [7] :

1. Energi yang digunakan pada waktu memproduksi material bangunan
2. Energi yang digunakan untuk transportasi dari tempat produksi ke lokasi proyek.
3. Energi yang digunakan pada saat konstruksi.

Di seluruh dunia, bangunan memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap kerusakan bumi. Emisi karbon dioksida dari bangunan dihasilkan dengan konsumsi energi, yang pada gilirannya semakin meningkat dengan penduduk dan pendapatan. Meningkatnya pendapatan telah menyebabkan bangunan pemukiman yang lebih besar dan kepemilikan alat rumah tangga meningkat. Pada saat beroperasinya bangunan, indikator konsumsi energi listrik dalam satuan kWh dikonversikan kedalam produk kg CO₂. Cara konversi atau ekivalensi suatu produk kedalam satuan emisi gas rumah kaca, yakni kedalam kgCO₂, dinyatakan sebagai "carbon footprint".

Tabel 2.2 Carbon Footprint

| Produk / Kegiatan | Satuan | Kg ekuivalen CO2 |
|--|----------|------------------|
| Listrik (interkoneksi dengan dominan PLTA) | kWh | 0,54 |
| Elpiji (LPG) | Liter | 1,5 |
| Bensin (kendaraan) | Liter | 2,33 |
| Solar (kendaraan) | Liter | 2,67 |
| Batubara | kg | 2,34 |
| Listrik PLTU (Batubara) | kWh | 0,97 |
| Air | m3 | 0,3 |
| Minyak Bakar | liter | 3 |
| Limbah Karton & Kertas | kg | 1,5 |
| Limbah Plastik | kg | 2 |
| Limbah Aluminium Foils | kg | 10 |
| Limbah Tekstil | kg | 8 |
| Sampah Taman | kg | 1 |
| Limbah dapur | kg | 4,5 |
| Aneka Limbah padat rumah tangga | kg | 1,5 |
| Pembuatan Batu Bata Tanah Liat | kg | 0,19 |
| Pembuatan Semen | kg | 0,97 |
| Pembuatan/ Pengolahan/ Pemotongan Besi | kg | 0,352 |
| Pembuatan Gypsum | kg | 0,22 |
| Pembuatan PVC | kg | 4,35 |
| Pembuatan Lembar Aluminium | kg | 6,2 |
| Pembuatan Kaca | kg | 1,73 |
| Pembuatan Stainless Steel | kg | 5,4 |
| Pupuk Fosfat | kg | 4,1 |
| Pestisida | kg | 26 |
| Daging Sapi/ Domba | kg | 36,4 |
| Pernafasan Manusia kerja santai | org/hari | 2,4 |

(Sumber : seminar nasional green building, sangkertadi)

Dari seluruh emisi CO₂ yang ada di dunia, 1/3 bagian dihasilkan oleh bangunan. Sebesar 30-40% energi yang ada di dunia dihabiskan untuk bangunan. Sedangkan untuk air bersih, bangunan mengkonsumsi 17% dari keseluruhan air bersih yang ada di dunia. Berikut persentasi konsumsi energi dan emisi yang dihasilkan dari bangunan :

**Gambar 2.1 Konsumsi energi dan emisi yang dihasilkan dari bangunan**

Sumber : Majalah Techno Konstruksi

Salah satu upaya alternatif untuk memelihara kelestarian lingkungan dengan efisiensi energi adalah dengan merencanakan bangunan gedung dengan konsep arsitektur berkelanjutan. Pilihan untuk mengurangi emisi karbon dioksida bangunan baru dan eksisting, yaitu dengan efisiensi material, desain pasif untuk memberikan kenyamanan termal, pencahayaan yang dikondisikan untuk mengurangi konsumsi energi. Praktik terbaik saat ini dapat mengurangi emisi dari bangunan oleh sekurang-kurangnya 60% untuk kantor dan 70% untuk rumah.

Seperti yang telah dijelaskan dalam Bab I, bahwa konsep arsitektur berkelanjutan dapat diukur dengan beberapa penilaian berdasarkan kualitas bangunan tersebut, salah satunya adalah dengan cara mengukur kualitas ekonomi bangunan (*building economical quality*). Kualitas Ekonomi bangunan menjadi penting untuk diperhatikan, dan tentu saja menjadi salah satu bahan pertimbangan utama, bagi para stake holder proyek yang akan berjalan. Terutama dari sisi owner yang menginvestasikan dana yang tidak sedikit dalam pekerjaan proyek tersebut.

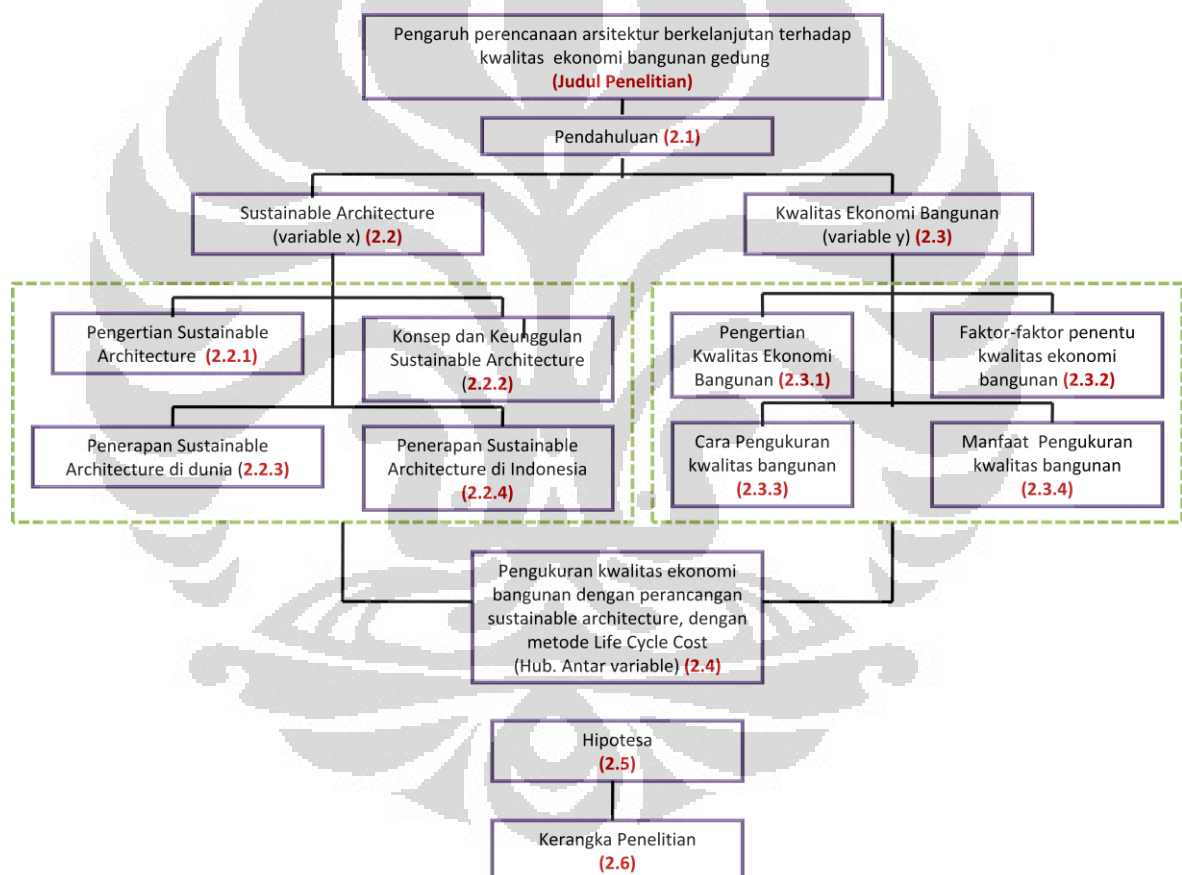
Pertimbangan dalam manajemen proyek, bahwa dari segi teknis, ukuran keberhasilan proyek dikaitkan dengan sejauh mana sasaran proyek dapat tercapai. Adapun sasaran proyek yang dimaksud adalah biaya, mutu, dan waktu. Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran, dengan waktu pengerjaan yang tidak melebihi kurun waktu yang telah ditetapkan, dan mutu yang sesuai dengan spesifikasi dan kriteria yang telah ditetapkan (Imam Soeharto :1995) [8]

Proyek perancangan bangunan tidak dapat dilihat secara sempit, hanya dalam proses tender, perancangan, dan output berupa dokumen gambar. Pengukuran kualitas perancangan, seharusnya dilihat secara lebih luas. Hal terpenting dalam dalam pengukuran kualitas perancangan bangunan adalah kepuasan pemberi tugas dimana permintaan dan kebutuhan dapat terpenuhi, sesuai dengan apa yang mereka pikirkan dan rasakan.(Daniel Castro-LLacoutre, Karthik Ramkrishnan : 2008) [9]

Bab ini menyampaikan uraian landasan teori, baik berupa tinjauan pustaka maupun teori dan aplikasi, yang terbagi dalam beberapa bagian, yaitu arsitektur berkelanjutan, dilihat dari konsep dan keunggulannya, penerapan arsitektur berkelanjutan di dunia dan penerapan arsitektur berkelanjutan di Indonesia.

Sedangkan dari sisi kualitas ekonomi bangunan diterangkan faktor-faktor penentu kualitas ekonomi bangunan, cara pengukuran kualitas bangunan, dan manfaat pengukuran kualitas bangunan. Pengukuran kualitas ekonomi bangunan dengan perancangan *Arsitektur berkelanjutan* sendiri dilakukan dengan metode *Life Cycle Cost (LCC)*, sesuai dengan batasan proyek yang telah dijelaskan dalam batasan penelitian.

Kerangka landasan teori penelitian tentang pengaruh perancangan *Arsitektur berkelanjutan* terhadap kualitas ekonomi bangunan dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.2 Kerangka Landasan Teori

Sumber : Hasil Olahan

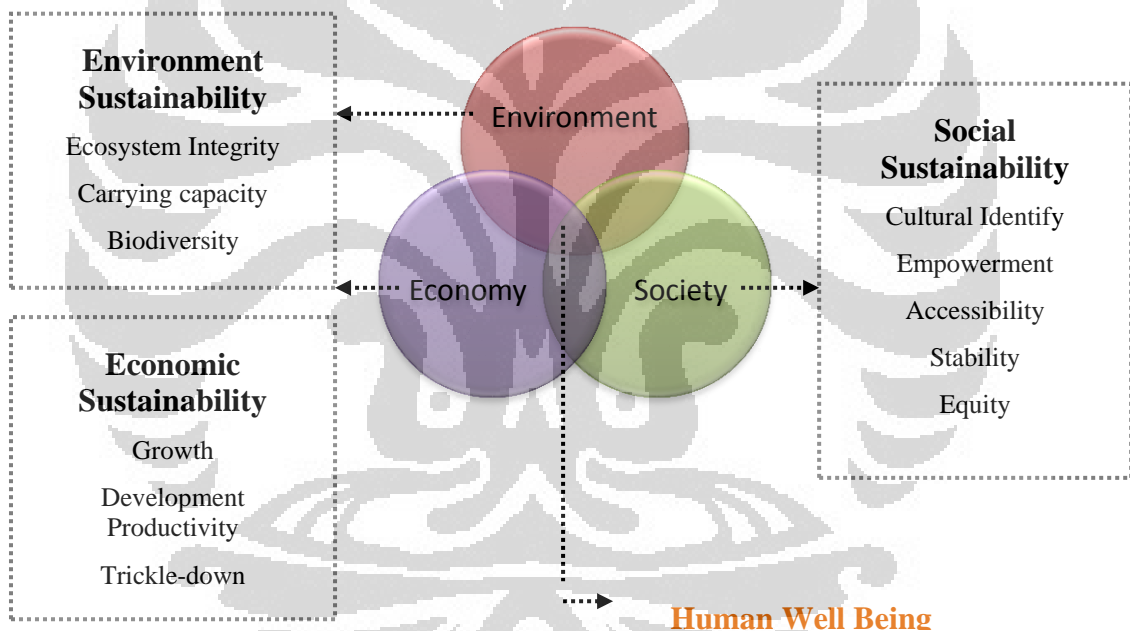
2.2 ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

2.2.1 Pengertian Arsitektur berkelanjutan

Definisi pembangunan berkelanjutan menurut Bruntland Our Common Future (1987) :

"Sustainable development is development which meets the needs of the present without compromising the ability of future generation to meet their own needs"

Banyak cara yang dilakukan untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan, salah satunya adalah di bidang industri bangunan, yaitu dengan perancangan arsitektur berkelanjutan. Berikut adalah gambar hubungan antar aspek dari *sustainability*, beserta penjelasannya :



Gambar 2.3 Hubungan Aspek Sustainability

Sumber : <http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain-weblinks.htm#weblinks>

Tiga aspek yang menjadi pilar utama dari *sustainability*, yaitu aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Ide keberlanjutan lingkungan adalah untuk menjadikan bumi sebagai tempat yang lebih baik bagi generasi mendatang. Mengurangi limbah dan emisi lingkungan, penggunaan bahan baku terbarukan, penggunaan bahan bebas racun, adalah beberapa hal yang dapat dilakukan manusia untuk keberlanjutan lingkungan.

Hal ini akan berimbas pula pada kehidupan manusia yang secara langsung berhubungan dengan bumi, sebagai sumber kehidupan. Aspek sosial dititik beratkan pada aspek manusia itu sendiri, dampak pada masyarakat, kualitas dan kenyamanan hidup, sedangkan aspek ekonomi dalam ide keberlanjutan adalah pengurangan biaya melalui peningkatan efisiensi dan energi, serta penciptaan nilai tambah. (Sam C M Hui : 2002) [10]. Ide keberlanjutan ini akan tercapai tujuannya, dan terasa manfaatnya apabila semua aspek, baik aspek ekologi, ekonomi, maupun sosial diterapkan secara terintegrasi dengan baik.

Green building intinya sama, mengusung konsep *sustainability*, bagaimana bangunan dirancang, dibangun dan diaplikasikan dengan memperhatikan dampak pada lingkungan. Green building dengan menerapkan green building rating system mendorong perubahan untuk mencapai tingkat *sustainability*. Green building rating system akan meningkat penilaiannya, ketika satu tingkatan telah dicapai, dengan kata lain semakin lama persyaratan yang harus dipenuhi semakin tinggi, cara ini diharapkan akan mencapai *sustainability*. (Tondy O Lubis :2010) [11]

2.2.2 Konsep dan Keunggulan *Arsitektur berkelanjutan*

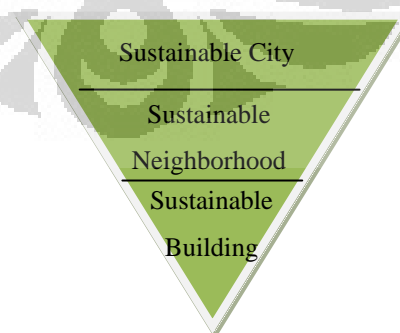
Secara sederhana, arsitektur berkelanjutan dapat didefinisikan sebagai desain arsitektur yang berwawasan lingkungan. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, pendekatan arsitektur berkelanjutan ini terkait dengan pembangunan berkelanjutan yang diungkapkan dalam *Report of the Worls Commissioning on Environment and Development* tahun 1987. (Emirhadi Suganda: 2010) [12]

Arsitektur berkelanjutan bertujuan untuk meminimalisasi dampak negatif bangunan terhadap lingkungan dengan meningkatkan efisiensi dan kebijaksanaan dalam penerapan matrial, energi dan pengaturan ruang. Kesadaran tentang pentingnya desain arsitektur yang berwawasan lingkungan sangat diperlukan, karena bangunan yang kita bangun sekarang akan dipergunakan dan memiliki dampak bagi generasi yang akan datang. (Sam C M Hui : 2002) [13]

Beberapa kerangka arsitektur berkelanjutan telah disampaikan oleh berbagai pihak, tetapi yang dapat dijadikan pedoman ialah yang diungkapkan oleh UIA

atau *International Union of Architects* pada deklarasi Copenhagen pada 7 Desember 2009. UIA (*Union Internationale des Architects*) adalah organisasi asosiasi arsitek non-profit yang mewakili lebih dari satu juta arsitek di 124 negara. UIA pada Deklarasi Copenhagen menyampaikan betapa bangunan dan industri konstruksi berdampak pada perubahan iklim yang terjadi saat ini. Berbagai dampak ini dapat dikurangi dengan membentuk sistem lingkungan binaan (*built environment*). UIA berkomitmen untuk mengurangi dampak yang ada melalui *Sustainable by Design Strategy* atau Strategi Desain Berkelanjutan, yang akan diadopsi lebih lanjut pada kongres UIA di Tokyo pada tahun 2011.

Konsep Sustainable dimulai pada tahap awal proyek dan melibatkan komitmen seluruh *stake holder* dari proyek. Semua aspek harus terintegrasi dalam konstruksi dan penggunaannya di masa depan berdasarkan *Full Life Cycle Analysis and Management* atau biasa disingkat LCCA. Mengoptimalkan efisiensi melalui perancangan yang tepat dapat mengurangi biaya dari *Life Cycle Cost* (LCC) bangunan. Penggunaan energi yang dapat diperbaharui, teknologi modern dan ramah lingkungan harus diintegrasikan dalam praktek penyusunan konsep proyek tersebut. Pendekatan arsitektur berkelanjutan perlu diterapkan secara menyeluruh dengan melihat seluruh daur hidup dari bangunan tersebut. UIA mengingatkan perlunya integrasi antara mikro, meso, dan makro untuk mencapai Arsitektur berkelanjutan (Gunawan Tanuwidjaja : 2009) [14]. Berikut adalah gambar integrasi antara mikro, meso, dan makro dalam arsitektur berkelanjutan :



Gambar 2.4 Integrasi Mikro, Meso dan Makro untuk Pencapaian Arsitektur berkelanjutan

Sumber : Gunawan Tanuwidjaja, (2002). Arsitektur berkelanjutan Betapa Hijau Rumahku

Perancangan arsitektur berkelanjutan dapat didefinisikan sebagai praktek-praktek pembangunan, yang berusaha untuk kualitas yang tidak terpisahkan (termasuk ekonomi, kinerja sosial dan lingkungan) dalam cara yang sangat luas. Dengan demikian, penggunaan rasional sumber daya alam dan pengelolaan yang tepat dari bangunan akan memberikan kontribusi untuk menghemat sumber daya yang tidak dapat diperbaharui, mengurangi konsumsi energi (konservasi energi), dan perbaikan kualitas lingkungan. Adapun tujuan sustainable building antara lain Efisiensi Sumber Daya, Efisiensi Energi (termasuk pengurangan emisi gas rumah kaca), Pencegahan Polusi (termasuk ruangan kualitas udara dan pencegah kebisingan), Harmonisasi dengan lingkungan (termasuk penilaian lingkungan), Pendekatan terpadu dan sistemik, termasuk sistem manajemen lingkungan (Sam C M Hui : 2002) [15]

Tabel 2.3 Tujuan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

| Tema | Lingkungan | Ekonomi | Sosial |
|----------|---|--|---|
| Sub-tema | - Global - Lokal dan site - Internal | - Konstruksi - Material - Infrastruktur | - Kebijakan - Komunitas |
| Isu | - Perubahan Iklim - Sumber Daya - Lingkungan Internal - Lingkungan Eksternal - Margasatwa | - Profitabilitas - Pekerjaan - Produktivitas - Transportasi dan utilitas - Nilai bangunan (economic value) | - Kemiskinan - Minoritas - Dalam kota - Transportasi - Komunikasi |

Sumber : <http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain-weblinks.htm#weblinks>

Arsitektur berkelanjutan memiliki 5 isu penting yang menjadi landasan dan kriteria dalam mendesain, yaitu site atau lokasi, energi, air, matrial dan limbah.

2.2.2.1 Site (Lokasi)

Pemilihan site yang tepat bagi suatu bangunan, dapat meminimalkan dampak negatif dampak yang ditimbulkan dari suatu proyek. Kebijakan dalam pemilihan dan pengelolaan site yang tepat, dapat menekan biaya awal proyek, biaya oprasional, dan biaya sumber daya manusia (GSA LEED : 1999) [16] Arsitektur

berkelanjutan harus mempertimbangkan banyak faktor dalam isu site (lokasi), antara lain lingkungan yang ada di sekitar site, termasuk iklim mikro, desain site, efisiensi infrastruktur, tata guna lahan, transportasi, dan energi yang terdapat dalam site. (ASHRAE : 1996) [17]. Setiap faktor di atas, apabila diolah dengan baik, maka dapat memberikan hasil maksimal dalam efisiensi biaya proyek, baik biaya awal (*initial cost*), biaya oprasional (*operation, maintenance, and repair cost*), dan *non monetary benefit or cost*. Isu pemilihan dan pengelolaan site dalam perancangan, merupakan salah satu faktor penting dalam pencapaian desain Arsitektur berkelanjutan. Untuk penjelasan lebih lanjut, dijelaskan dalam tabel 2.4

Tabel 2.4 Konsep Pengelolaan Site

| | | |
|---|---|--|
| <p style="text-align: center;">Iklim mikro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Topografi • Light-colored surfacing • Vegetasi pendingin • Penyaluran angin • Pendinginan evaporative | <p style="text-align: center;">Desain Site</p> <ul style="list-style-type: none"> • Orientation Matahari • Orientasi Pedestrian • Orientasi Transit • Iklim Mikro / penentuan tapak | <p style="text-align: center;">Efisiensi Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penyediaan dan pemanfaatan air • Penampungan Air Limbah • Storm drainage • Penerangan jalan • Lampu Lalu lintas • Fasilitas daur ulang |
| <p style="text-align: center;">Tata Guna Lahan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Use density • Use mix • Activity concentration | <p style="text-align: center;">Transportasi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terintegrasi, mulimodal jaringan jalan • Pedestrian • Sepeda • Transit • High-occupancy vehicles High • Minimisasi Perkerasan • Meminimalkan area parkir | <p style="text-align: center;">Energi Sumber Daya Dalam Site</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geothermal/ait tanah • Air Permukaan • Angin • Tenaga surya • District heating pendinginan • Cogeneration • Penyimpanan Thermal • Bahan bakar listrik |

Sumber : <http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain-weblinks.htm#weblinks>

Mengintegrasikan penggunaan lahan, transportasi dan perancangan lingkungan hidup adalah penting untuk mengurangi kebutuhan transportasi dan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas transportasi, termasuk berjalan. Ada empat cara utama untuk mempengaruhi efisiensi sistem transportasi dan konsumsi energi:

- Perkotaan dan perancangan penggunaan lahan
- modal mix (cars, trucks, rail, air, etc)
- Perilaku dan aspek operasional (hunian kendaraan, perilaku pengemudi, karakteristik sistem) dan
- Efisiensi kendaraan dan pilihan bahan bakar.

2.2.2.2 Energi

Keuntungan dari desain bangunan yang menggunakan konsep efisiensi energi, salah satunya adalah keuntungan secara ekonomi (*saving money*), sosial (*reducing resource exploitation and emissions*), dan ekologis (*reducing resource exploitation and emissions*). Setiap perkembangan baru idealnya harus memiliki strategi energi eksplisit, mengatur bagaimana cara ini keuntungan tersebut akan dicapai. (Sam C M Hui : 2002) [18]

Simulasi energi digunakan untuk menilai efektivitas mereka dalam konservasi energi, dan biaya konstruksi. Biasanya, pemanasan dan pendinginan pengurangan beban dari kaca yang lebih baik, isolasi, lampu hemat, alami dan langkah-langkah lain memungkinkan lebih kecil dan lebih murah peralatan HVAC dan sistem, sehingga sedikit atau tidak ada kenaikan biaya konstruksi dibandingkan dengan desain konvensional.

Isu energi dapat diselesaikan dengan efektifitas dalam penggunaannya, dan penggunaan energi alternatif yang dapat diperbaharui, untuk menggantikan energi yang berbahan dasar fosil seperti minyak bumi atau bahan tambang lainnya yang tidak dapat diperbaharui, dan akan habis apabila digunakan secara terus menerus. Energi alternatif yang dapat diperbaharui, merupakan isu yang sering diperbincangkan, tetapi belum dapat diimplementasikan secara luas dalam kehidupan kita. Sumber energi yang dapat diperbaharui, dan dapat diterapkan dalam industri bangunan adalah tenaga matahari, angin, air, biomassa (ASHRAE : 2006) [19]

2.2.2.3 Air

Bumi kita terdiri dari 70% air, dimana 97 % merupakan air laut, dan lebih dari 2 % dalam bentuk es. Saat ini, di beberapa tempat, air mengalami kerusakan karena polusi yang begitu parah, sehingga dapat disimpulkan bahwa hanya 0,003 % air yang dapat digunakan untuk air minum. (ASHRAE : 2006) [20]

Cara yang dilakukan untuk melakukan penghematan air antara lain dengan mengukur penggunaan air bersih, melakukan pengurangan penggunaan air, dan mengolah kebutuhan air dengan desain dan teknologi yang baik. (GBI Indonesia : 2010) [21]

2.2.2.4 Material

Jumlah energi yang dibutuhkan oleh semua aktivitas yang berhubungan dengan proses produksi, termasuk energi yang dikonsumsi di seluruh kegiatan dengan akuisisi sumber daya alam dan berbagi energi yang digunakan dalam pembuatan peralatan dan fungsi pendukung lainnya baik energi langsung maupun tidak langsung. (James Steele :1997) [22]

Mengurangi penggunaan material baru tanpa mengorbankan umur bangunan dan efisiensi, dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut (Sam C M Hui : 2002) [23] :

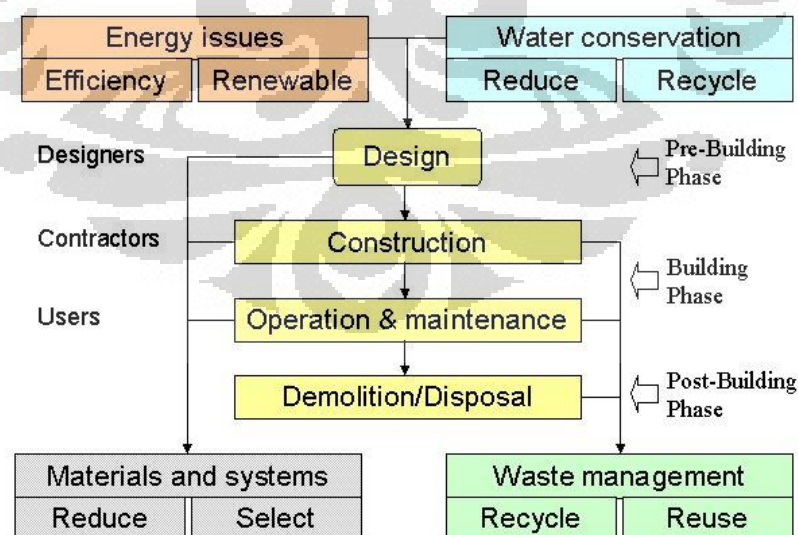
- Penggunaan bangunan eksisting dan strukturnya semaksimal mungkin, dapat mengurangi energi dan cost proyek
- Desain bangunan yang memiliki umur panjang (*life time*), dengan pemeliharaan (*maintenance*) yang mudah dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan kebutuhan
- Pembangunan gedung dan infrastruktur menggunakan material lokal se maksimal mungkin.
- mengurangi proporsi tinggi, pembangunan bangunan masa tunggal maupun multi masa
- Desain mekanikal yang meminimalkan panjang pipa utilitas
- Membuat strategi

2.2.2.5 Limbah

Berdasarkan kajian ilmiah yang dipaparkan pada KTT Perubahan Iklim di Copenhagen tahun 2009, lebih dari 70% emisi karbon berasal dari industri bangunan. Bangunan mengkonsumsi 70% dari listrik nasional, sebagian besar bahan material, air, dan sampah. (Gregory H Kats : 2003) [23]. Sampah merupakan salah satu masalah yang perlu diperhatikan dan dikelola dalam suatu proyek pembangunan gedung. Pengelolaan sampah mulai diperhatikan pada saat perancangan, pekerjaan konstruksi, operasional dan pemeliharaan (*maintenance*) bangunan. Strategi pengelolaan sampah, dapat dibagi menjadi 4 cara, yaitu:

- Pencegahan, bertujuan untuk meminimalisasi produksi sampah proyek bangunan
- Penggunaan ulang (*recycle*) struktur dan material bangunan
- Architectural reuse (include adaptive reuse, conservative disassembly, and reusing salvaged materials)
- Desain untuk memperbaiki material (daya tahan, pembongkaran, *reuse adaptif*)

Proses perancangan *arsitektur berkelanjutan* dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Proses Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

Sumber : <http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain-weblinks.htm#weblinks>

Tahap-tahap yang dilalui untuk membangun *sustainable building* adalah tahap awal (desain), tahap konstruksi, tahap operasional *maintenance*, dan *demolition*. Setiap tahapan memiliki karakteristik dan permasalahan yang berbeda-beda, tetapi memiliki tujuan yang sama, dan saling berkaitan dalam proses pencapaiannya. sehingga diperlukan kesungguhan dan kerja sama antar *stake holder* yang terlibat dalam proyek tersebut. (Sam C M Hui : 2002) [24]

2.2.3 Penerapan Arsitektur Berkelanjutan di Dunia

Sepanjang tahun 1960-an dan 1970-an konsep keberlanjutan mulai berkembang di seluruh dunia. Namun konsep berkelanjutan masih menjadi bagian kecil (marginal), sebagai bagian dari pengendalian terhadap pembangunan. Pada dekade terakhir ini, isu lingkungan demikian marak dibicarakan dari berbagai disiplin ilmu. Diawali dengan *Brundtland Our Common Future* (1987), Selanjutnya Kyoto Protocol (1997), dan yang terakhir adalah isu tentang perubahan iklim, COP 15 (15th *Conference of Parties United Nations Framework Convention on Climate Change*) Copenhagen 2009.

Beberapa terakhir tahun telah terjadi evolusi kesadaran sehingga keberlanjutan, konsep berkelanjutan sekarang identik dengan pengendalian terhadap pembangunan yang tidak memperhatikan keberlanjutan. Pengendalian ini bertujuan untuk peningkatan kualitas hidup untuk semua. Walaupun konsep ini sudah ada sejak 30 tahun yang lalu, tetapi konsep ini masih terbilang konsep awal yang masih perlu dikembangkan dan disempurnakan. Isu keberlanjutan merupakan isu yang sangat penting untuk diperhatikan. Lingkungan binaan memberikan banyak bukti bahwa terdapat hubungan antara ekonomi, lingkungan dan masyarakat, dan banyak kesempatan untuk memperkuat hubungan positif antara aspek-aspek tersebut, yang dapat menghasilkan keuntungan bagi semuanya.

Kerusakan lingkungan telah membuat semua manusia waspada, dan mulai memperbaiki diri. Krisis energi telah dialami dunia, baik di negara maju maupun negara berkembang. Isu lingkungan telah menjadi isu dunia, dan berbagai disiplin ilmu.

Industri bangunan adalah salah satu industri yang memiliki peranan dalam suatu konsep keberlanjutan. Saat ini memang bangunan konvensional masih lebih banyak, dan bangunan dengan konsep sustainable menjadi sesuatu yang baru. Bidang arsitektur telah merumuskan konsep perancangan ramah lingkungan, yaitu perancangan arsitektur berkelanjutan sebagai kepedulian terhadap lingkungan.

Berbagai negara telah membuat rumusan tentang konsep-konsep *sustainable building*, antara lain *Leadership in Energi and Environment Design* (LEED) di USA, *Building Research Establishment Environmental Assessment* (BREEM) di UK, *Green Buildings Tools* (GB Tools) di Canada, *Practical Evaluation Comprehensive Assessment System of Building Evaluation Efficiency* (CASBEE) di Japan, dan *Building Environmental Assessment Methods* (BEAM) di Hongkong. Adanya rotasi bumi, menyebabkan keadaan alam di setiap lokasi di bumi berbeda-beda. Penerapan arsitektur berkelanjutan akan berbeda di setiap lokasi, karena setiap lokasi memiliki karakteristik tersendiri, dalam aspek lingkungan, sosial, maupun ekonomi. Rating sistem yang digunakan dalam mengukur green building adalah salah satu cara untuk mengkuantifikasi perancangan dan penerapan arsitektur berkelanjutan pada sebuah bangunan, tetapi bukan merupakan hal yang mutlak, karena keterbatasan rating tersebut tidak dapat digunakan pada setiap jenis, fungsi, lokasi bangunan yang sangat beragam dan berbeda.

2.2.4 Penerapan Arsitektur Berkelanjutan di Indonesia

Pemanasan global telah merubah iklim dunia, termasuk Indonesia. Indonesia adalah negara yang memiliki 2 musim, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Sejak 3-5 tahun lalu, iklim di Indonesia mulai berubah, dan menjadi tidak menentu. Hujan datang tidak dapat diduga, tidak sesuai musim. Musim kemarau memiliki periode lebih panjang dari seharusnya (Susiaty puspari : 2009) [25]

Melihat gejala-gejala alam, dan beberapa penelitian tentang perubahan iklim, isu lingkungan, pembangunan, dan hubungan pembangunan bangunan gedung terhadap gejala-gejala yang terjadi pada alam, pemerintah dan pihak swasta mulai peduli dengan pembangunan yang ramah lingkungan, dan berkelanjutan (*sustainable development*). Industri bangunan gedung sendiri, telah memulai

dengan konsep-konsep arsitektur berkelanjutan, dan *sustainable construction*. Suatu konsep yang baru, tentu saja perlu dukungan dari pemerintah berupa kebijakan.

Pemerintah telah mengeluarkan peraturan tentang bangunan gedung dan pengelolaan lingkungan hidup, peraturan yang ditetapkan pemerintah untuk mengatur industri bangunan gedung dan hubungannya dengan kelestarian lingkungan adalah sebagai berikut :

1. Undang-undang Republik Indonesia No.28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung
2. Undang-undang Republik Indonesia No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup
3. Undang-undang republik Indonesia No. 26 tahun 2007 tentang penataan ruang
4. Peraturan pemerintah terkait yang merupakan turunan UU RI di atas,

Pemprov DKI Jakarta akan segera menetapkan Peraturan Gubernur (Pergub) tentang gedung ramah lingkungan pada pertengahan tahun 2010. Pergub ini merupakan implementasi dari PP No.36/2005 tentang peraturan pelaksanaan Bangunan Gedung (UUGB) No.28/2002. Peraturan tidak hanya ditetapkan kepada gedung yang sudah lama berdiri, dan menjadi salah satu persyaratan dalam penerbitan Ijin Mendirikan Bangunan (IMB) (Depkominfo : 2009) [26]

Pada tahun 2009, mengacu pada kebijakan pemerintah tentang bangunan gedung dan kelestarian lingkungan, *Green Council Indonesia* (2010) telah menyusun kerangka penilaian untuk bangunan hijau di Indonesia Sistem rating greenship dikelompokkan dalam 6 kategori rating, masing-masing (GBC Indonesia : 2010) [27]

1. Tepat Guna Lahan (*appropriate site development /ASD*)
2. Efisiensi energi dan refrigeran (*energi efisiensi dan refrigeran /EER*)
3. Konservasi air (*water konservation /WAC*)
4. Sumber dan siklus material (*material resources and cycle/ MRC*)
5. Kualitas udara dan kenyamanan ruangan (*indor air health /IAC*)

6. Manajemen lingkungan bangunan (*building and environment management* BEM)

Masing-masing kategori merupakan pembedaan dari aspek-aspek yang dinilai secara signifikan harus menjadi perhatian utama dalam konsep bangunan hijau untuk kelestarian lingkungan dan pembangunan yang berkesinambungan (*sustainability*).

2.2.4.1 Tepat Guna Lahan

Tepat guna lahan dapat dicapai dengan pemilihan tapak, manajemen air limpasan hujan, transportasi masal, fasilitas untuk pengguna sepeda, lansekap pada lahan, dan mengurangi pengaruh *heat island*. Pemilihan dan perancangan pembangunan tapak yang mempertimbangkan prinsip-prinsip ekologi dan mengikuti ilmu guna lahan dan bangunan dapat mengurangi dampak negatif pada lingkungan.

Menghindari pembangunan yang berdampak besar pada lingkungan, dan mempertimbangkan keberlangsungan ekosistem dengan pemilihan lokasi pembangunan. Lokasi yang ada di kawasan siap bangun, dengan pengertian seluruh infrastruktur telah tersedia, misalnya jalan, perkerasan, dan infrastruktur lainnya yang menunjang bangunan. Selain itu, pembangunan di lokasi lahan yang bernilai negatif dan tidak terpakai, seperti lahan bekas gedung yang sudah tidak terpakai, lahan bekas tempat pembuangan akhir (TPA), lahan bekas pompa bensin juga dapat mengurangi dampak pembangunan yang selalu membuka lahan baru.

Permasalahan drainase saat ini menjadi permasalahan di kawasan perkotaan.

Drainase yang tidak baik membuat banjir, dan luapan air, terutama pada saat hujan. Walaupun sebenarnya permasalahan ini lebih pada skala drainase kota, tetapi dapat dimulai dengan perancangan dalam skala yang lebih kecil, yaitu pada perancangan drainase pada lahan bangunan. Mengurangi beban jaringan drainase kota akan limbah air hujan baik secara kualitas maupun kuantitas, dengan sistem manajemen air hujan secara terpadu. Air hujan yang dapat di tampung oleh tapak bangunan baik dengan sumur resapan, maupun penampungan air hujan dapat mengurangi permasalahan luapan air dan banjir pada kawasan.

Penghasil CO₂ terbesar di Indonesia adalah kebakaran hutan dan transportasi. Transportasi masal yang baik, mendorong para pengguna bangunan untuk menggunakan kendaraan umum, sehingga dapat mengurangi penggunaan kendaraan bermotor pribadi. Transportasi masal merupakan bagian dari infrastruktur kota, sehingga terkadang menjadi *given* bagi lahan, tetapi apabila gedung yang di bangun berada di satu kawasan yang terdiri dari berbagai gedung, maka dapat diupayakan dengan menyediakan transportasi bagi kawasan tersebut. Fasilitas bagi pengguna sepeda berupa tempat parkir sepeda yang aman, tempat penyimpanan barang (locker), tempat ganti bagi pengguna sepeda, dapat meningkatkan minat para pengguna sepeda, sebagai pengganti kendaraan bermotor.

Landscape pada lahan kadang kala kurang diperhatikan pada saat perancangan, fokus utama adalah pada bangunan, padahal penggunaan jenis tanaman dapat mengoptimalkan fungsi gedung, seperti mengurangi heat island, meningkatkan penyerapan air hujan, reduksi CO₂, pencegahan erosi, konservasi lahan dan penanganan polusi serta beragam fungsi lainnya. Heat island juga dapat dikurangi dengan menggunakan berbagai material dengan albedo (daya refleksi panas matahari). Permukaan yang berbentuk padat memberikan nilai albedo yang lebih besar dibandingkan dengan permukaan yang bersifat lembut.

2.2.4.2 Efisiensi Energi & Refrigeran

Konsumsi energi terbesar pada bangunan dialokasikan pada pengkondisian suhu ruangan dalam gedung, berupa pendingin ruangan (AC) transportasi vertikal dan penerangan. Pengoperasian sistem tersebut dengan menggunakan teknologi dan cara yang tidak efisien memiliki dampak besar pada perubahan iklim dan pemanasan global karena efek rumah kaca. Efisiensi energi tidak terbatas hanya dalam lingkup konsumsi, tetapi juga perlu mempertimbangkan dampak lingkungan berupa gas buangan dan hasil sampingan lainnya berupa sumber polusi, seperti panas, suara, dan pencahayaan yang berlebihan.

Konsumsi energi yang berlebihan terutama untuk mengkondisikan udara, terkadang tidak diperlukan, mengingat kondisi iklim di Indonesia cukup nyaman.

Demikian juga dengan pencahayaan, mengingat cahaya matahari sebagai sumber cahaya dan energi tersedia sepanjang tahun. Untuk memerangi perubahan iklim, perlu adanya praktek-praktek baru sejak tahap desain hingga pengoperasian gedung, sehingga efisiensi konsumsi energi dapat meningkat, dan jejak karbon, potensi pemanasan global, serta potensi penipisan lapisan ozon berkurang.

Efisiensi energi dan Refrigerasi bertujuan untuk mendorong konservasi sumber-sumber energi dengan menyadari bagaimana dampaknya bagi lingkungan hidup. Efisiensi energi dan refrigerasi dapat dilakukan dengan mendesain selubung bangunan dengan baik, pencahayaan alami yang maksimal memenuhi semua kebutuhan bangunan, dapat mengurangi energi yang dikeluarkan. Pencahayaan buatan harus didesain dengan tepat dengan perhitungan kebutuhan bangunan, dan aplikasi teknologi yang ada. Penghawaan pada bangunan dapat meningkatkan kesehatan penggunanya.

Aplikasi refrigerasi yang direncanakan dengan efisien, mengoptimalkan ventilasi dan infiltrasi untuk penghawaan alami akan sangat membantu untuk mengurangi konsumsi energi. Penggunaan teknologi dengan alat-alat yang menggunakan energi yang dapat diperbaharui akan berdampak positif bagi lingkungan, dan konsumsi energi.

2.2.4.3 Konservasi Air

Konservasi air mendorong upaya penghematan penggunaan air dalam mewujudkan kesinambungan penyediaan air bersih untuk masa depan. Siklus iklim dan curah hujan di Indonesia menjadi terganggu dengan terjadinya perubahan iklim, pemanasan global, pembalakan hutan, konversi lahan hijau, dan perusakan wetland yang tidak terkendali.

Saat ini kebutuhan total air di Indonesia mencapai $8,903 \times 10^6 \text{ m}^3$ dengan kenaikan sekitar 10% pertahun. Di kawasan urban, pemenuhan kebutuhan ini mengandalkan sumber air olahan dari PDAM dan eksploitasi air tanah. Penggunaan air bersih secara umum dan irigasi lanskap. Pola konsumsi air dalam kondisi urban seperti Jakarta memerlukan 150 liter/jiwa/hari sedangkan menurut kajian *Pacific Institute* (2006), kebutuhan air rata-rata Indonesia adalah sekitar 80

liter/jiwa/hari. Angka-angka ini sangat boros apabila dibandingkan dengan angka konsumsi air ideal, yaitu 50 liter/jiwa/hari. (GBC Indonesia : 2010) [28]

Lansekap hemat air, mengurangi pemakaian air, pemilihan alat pengatur keluaran air, pengolahan air hujan adalah beberapa konsep desain yang dapat dilakukan agar dapat melakukan efisiensi penggunaan air, demi kelestarian air di lingkungan.

2.2.4.4 Sumber & Siklus Material

Bertujuan mengoptimalkan penggunaan suatu material sehingga dapat memperpanjang daur hidupnya. Dengan memperpanjang daur hidup melalui konservasi dan efisiensi, maka carbon footprint, jejak ekologis dan limbah akhir yang dihasilkan akan berkurang.

Proses ini dimulai dari tahap eksploitasi produk, pengolahan dan produksi, desain bangunan dan aplikasi yang efisien (*reduce*), hingga upaya memperpanjang masa akhir pakai produk material. Pada tahap eksploitasi dan transportasi material perlu diperhatikan jejak ekologis dan carbon footprint yang ditinggalkan. Untuk itu minimisasi carbon footprint dapat dilakukan dengan menggunakan produk lokal setempat. Dalam pemilihan material, perlu diperhatikan dampaknya pada manusia dan lingkungan hidup, dengan tidak menggunakan Bahan Beracun dan Berbahaya (B3). Untuk memperpanjang daur produk material diperlukan upaya penggunaan kembali (*reuse*) atau proses daur ulang (*recycle*).

Penggunaan kembali gedung dan matrial bekas, dengan menggunakan bangunan lama atau matrial bekas bangunan lain untuk mengurangi penggunaan bahan mentah yang baru, sehingga dapat mengurangi limbah pada pembuangan akhir dan memperpanjang usia pemakaian suatu bahan matrial. Produk yang pembuatannya ramah lingkungan, matrial yang tersedia di tempat yang dekat dengan lokasi proyek, dan penggunaan kayu yang dapat dibudidayakan (GBC Indonesia : 2010) [29]

2.2.4.5 Kualitas Udara & Kenyamanan Ruangan

Kualitas udara dalam ruang sangat mempengaruhi kesehatan manusia, karena hampir 90% hidup manusia berada dalam ruangan. Kualitas udara yang buruk mengakibatkan menurunnya kondisi lingkungan dan kesehatan manusia (ASHARE :1996) [30]

Selain zat pencemar dari luar gedung, kualitas udara dalam ruang juga dipengaruhi oleh pengkondisian udara. Pada umumnya suhu udara di Indonesia tinggi yaitu antara 25⁰ – 35⁰ C dengan kelembaban udara yang juga relatif tinggi yaitu 44 - 98% (GBC Indonesia : 2010) [31]

Pengendalian kualitas udara dalam ruang memerlukan strategi yang baik sehingga produktivitas manusia serta tingkat okupansi gedung dapat berlangsung secara optimal.

2.2.4.6 Manajemen Lingkungan Bangunan

Secara umum proses manajemen prinsip POAC (Planning, Organizing, Actuating, Controlling), yaitu mencakup kegiatan Perancangan, Organisasi, Pelaksanaan dan Pengendalian / pengawasan. Dalam merencanakan operasional gedung yang ramah lingkungan harus sudah dipikirkan sejak tahap perancangan desain. Cakupannya adalah berkelanjutan, kejelasan informasi (data), dan penanganan dini yang membantu pemecahan masalah termasuk manajemen sumber daya manusia dalam penerapan konsep Bangunan Hijau untuk mendukung penerapan tujuan pokok dari kategori lain. (GBC Indonesia : 2010) [32]

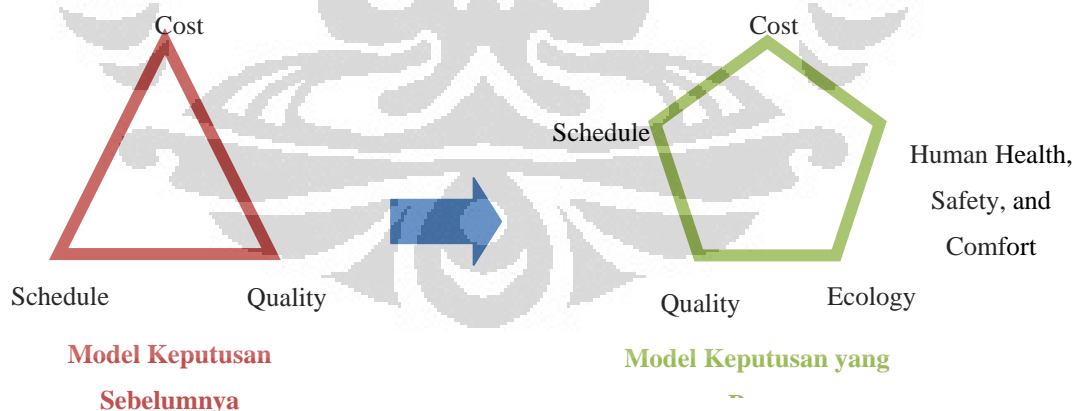
Adanya kategori ini juga memberikan penekanan pada pentingnya faktor manusia sebagai salah satu sumber daya yang memegang peranan penting dalam keberlangsungan suatu Bangunan Hijau. Suku bangsa di Indonesia terdiri lebih dari 300 kelompok etnik dengan bahasa dua kali lipat dari jumlah kelompok itu. Adanya luasan geografis yang besar, bentang alam yang beragam serta pembangunan dan standar pendidikan yang belum merata menyebabkan perbedaan cara dan standar kerja dari tiap manusia.

Pengelolaan sampah, survey kepada pengguna gedung, penyerahan data IKE ke data base, komisioning sistem yang baik, manajemen aktivitas konstruksi dan melibatkan accredited professional sejak tahap perancangan, dapat mempengaruhi lingkungan bangun yang baik bagi suatu proyek.

2.3 KUALITAS EKONOMI BANGUNAN

Sustainable desain proses yang menuntut setiap produk, proses, dan prosedur ditinjau dari perspektif baru, yang meliputi dampak ekologis dan kesehatan manusia dalam keputusan desain. Hal ini dapat meningkatkan kualitas lingkungan yang substansial, dan juga dapat meningkatkan lingkungan yang baik dan produktif bagi pengguna, dan pemilik.

Model keputusan yang sebelumnya didasarkan pada keseimbangan antara biaya (*cost*), jadwal (*schedule*), dan kualitas (*quality*), tetapi efek dari perancangan dan keputusan yang diambil akan berpengaruh terhadap lingkungan dan kehidupan manusia. Model keputusan yang baru mengintegrasikan model keputusan sebelumnya, yaitu biaya (*cost*), jadwal (*schedule*), dan kualitas (*quality*), dengan kesehatan, keselamatan dan kenyamanan bagi manusia, serta ekologi sebagai pertimbangan pengambilan keputusan. (Sandra Mendler, AIA : 2006) [33]



Gambar 2.6 Model Pengambilan Keputusan

Sumber : Sandra Mendler, AIA (2006), The Guide to Sustainable Design

Saat ini kompleksitas sistem semakin meningkat, dan banyak dari sistem yang digunakan saat ini tidak memenuhi kebutuhan pengguna dalam jangka waktu kinerja, efektivitas, dan biaya keseluruhan. Situasi ekonomi saat ini menjadi lebih rumit karena beberapa masalah lain yang berkaitan dengan penentuan sistem atau biaya produk sistem cost. Total biaya sering dianggap tidak *visible*, terutama yang biaya yang terkait dengan sistem operasi. Visibilitas masalah biaya dapat berhubungan dengan "efek gunung es" (*iceberg effect*). Seseorang tidak hanya harus memperhitungkan biaya sistem akuisisi, tetapi juga biaya lainnya.

Konsep arsitektur berkelanjutan dapat diukur dengan beberapa penilaian, salah satunya adalah dengan cara *economical quality* (Kualitas Ekonomi). Berdasarkan *German Sustainable Quality Label*, *economical quality* dibagi menjadi 2 (dua) kriteria, yaitu *reduction of life cycle cost* (reduksi LCC) dan *preservation of economic value*, (mempertahankan nilai ekonomi bangunan). (Carl-Alexander Graubner : 2009) [34]

Economical quality bangunan penting untuk diteliti, hal ini dikarenakan industri bangunan merupakan industri besar bernilai \$4,6 trilyun, yang melibatkan ratusan juta orang dalam industri konstruksi global. Hal ini memberikan gambaran, bahwa industri bangunan adalah industri dengan nilai investasi yang tinggi. Separuh bangunan yang akan dibangun berada di Asia, termasuk Indonesia sebagai negara berkembang. (Kevin Hydes : 2008) [35]

Sustainable building melibatkan mempertimbangkan siklus hidup seluruh bangunan, kualitas lingkungan, kualitas fungsional dan masa depan. Beberapa tahun belakangan ini, perancangan bangunan difokuskan terhadap trend arsitektur yang ada di dunia, dan kualitas bangunan itu sendiri menjadi tidak terlalu dipertimbangkan. Hal ini kadang kala menjadi masalah, karena tidak semua trend cocok dengan lingkungan yang ada di sekitar bangunan tersebut.

Seiring berjalannya waktu, kualitas dirasa semakin penting oleh para *stake holder* di dunia industri bangunan. Kebijakan pemerintah mendukung perkembangan arsitektur berkelanjutan, yang memberikan kontribusi pada keberlanjutan praktek-praktek pembangunan akan dilaksanakan, dengan memberikan

keringanan dan kemudahan dalam pembangunan berkelanjutan. Hal ini telah diterapkan di berbagai negara di dunia.

Seperti yang telah disebutkan dalam batasan penelitian, kualitas ekonomi bangunan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah kualitas bangunan berdasarkan *Life Cycle Cost* (LCC, secara sederhana dapat dikatakan bahwa kualitas ekonomi suatu bangunan dinilai baik apabila *Life Cycle Cost* suatu bangunan dinilai rendah. Semakin rendah *Life Cycle Cost* bangunan, maka kualitas bangunan tersebut semakin tinggi kualitas ekonomi bangunannya (*economical quality*).

2.3.1 Definisi Life Cycle Cost (LCC)

Definisi Life Cycle Cost berdasarkan business directori adalah jumlah dari semua biaya dalam rentang hidup tertentu (periode) suatu barang, jasa, struktur, atau sistem, mencakup biaya awal, biaya instalasi, biaya operasional, pemeliharaan (*maintenance*) dan perubahan biaya, dan nilai sisa (*salvage value*) pada akhir kepemilikan atau masa manfaatnya. *Life Cycle Cost* (LCC) adalah cara paling sederhana dan mudah-menginterpretasikan mengukur evaluasi ekonomi, apakah bangunan tersebut memiliki kualitas ekonomi yang baik atau tidak. (Sieglinde Fuller : 2009) [36]

Pada awalnya, fokus dari para *stake holder* adalah meminimalisasi biaya pembangunan (biaya awal/*initial cost*). Pemikiran ini belakangan berubah, saat ini pemikiran para *stake holder* adalah biaya yang digunakan (*cost in use*), *Life Cycle Cost* (LCC), *Whole Life Costing* (WLC) dan *Whole Life Appraisal* (WLA).

Life Cycle Cost Analysis (LCCA) adalah metode untuk menilai biaya total kepemilikan fasilitas. Ini memperhitungkan semua biaya untuk memperoleh, memiliki, dan membuang sebuah bangunan atau membangun sistem. LCCA ini berguna terutama ketika proyek alternatif yang memenuhi persyaratan kinerja yang sama, tetapi berbeda pada biaya awal dan biaya operasional. Sebagai contoh, LCCA akan membantu menentukan apakah performa dari HVAC tinggi atau sistem kaca, yang dapat meningkatkan biaya awal tapi hasilnya dalam

mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan secara signifikan. (Sieglinde Fuller : 2009) [37]

Beberapa cara lain yang biasa dilakukan untuk mengukur kualitas ekonomi bangunan adalah *Net saving* atau *Net Benefit*, *Saving to Investment Ratio*, *Internal Rate of Return* dan *Pay Back Periode*. Cara-cara tersebut memiliki kesamaan cara ukur dan evaluasi yang sama dengan LCC jika mereka menggunakan parameter dan lama masa studi yang sama. Ekonomi Bangunan, spesialis nilai bersertifikat, *cost engineers*, arsitek, quantity surveyor, peneliti operasi, dan profesi lain, mungkin menggunakan salah satu atau beberapa teknik-teknik untuk mengevaluasi proyek. Pendekatan untuk membuat pilihan efektifitas biaya terkait proyek pembangunan dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan *cost estimating*, *value engineering*, atau *economic analysis*.

Pengalaman menunjukkan bahwa persentase terbesar dari biaya total untuk sistem banyak merupakan akibat langsung dari kegiatan yang terkait dengan operasi dan dukungan dari sistem, sedangkan komitmen biaya ini adalah berdasarkan keputusan teknik dan manajemen yang dibuat pada awal konseptual dan desain awal tahapan dari siklus kehidupan.

Sekitar 60% dari biaya daur-hidup diproyeksikan pada akhir dari tahap perancangan sistem dan desain konseptual, walaupun pengeluaran proyek yang sebenarnya masih relatif minim pada saat desain konseptual, namun pengaruhnya sangat besar terhadap total biaya LCC. (Benjamin. S. Blanchard hal 566 : 1991) [38]

2.3.2 Faktor-Faktor Penentu Kualitas Ekonomi Bangunan

Pengukuran LCC sebagai metode evaluasi ekonomi bertujuan untuk menentukan dampak ekonomi alternatif desain bangunan dan sistem bangunan dan untuk mengukur efek ini dan merubahnya menjadi nilai nominal (mata uang).

Faktor-faktor penentu yang digunakan untuk menghitung LCC sebagai salah satu cara mengukur kualitas ekonomi bangunan adalah biaya yang terkait dengan pembelian, pengoperasian, pemeliharaan, dan membuang sebuah bangunan atau

membangun sistem. Adapun biaya yang timbul pada proyek bangunan gedung, dibagi menjadi beberapa kategori, antara lain (Sieglinde Fuller : 2009) [39]:

- Biaya awal - Pembelian, Akuisisi, Biaya Konstruksi
(*Initial cost-purchase, acquisition, cost construction*)
- Biaya Bahan Bakar (*Fuel cost*)
- Operasi, Pemeliharaan, dan Biaya Perbaikan
(*Operational, maintenance, and repair cost*)
- Penggantian Biaya (*Replacement cost*)
- Nilai-nilai sisa- nilai jual atau nilai sisa
(*Residual value-resale or salvage value or disposal cost*)
- Beban Keuangan - Pembayaran Bunga Pinjaman
(*Finance charges- loan interest payment*)
- Manfaat atau Biaya Non-Moneter (*Non-Monetary Benefit or Cost*)

Metode LCCA mengeskalisasi semua nilai pada waktu yang akan datang (tahun-tahun berikutnya) menjadi nilai sekarang.

Biaya awal, terdiri dari biaya investasi dan penggantian modal. Biaya pembebasan tanah, pengembangan, konstruksi, atau renovasi dan peralatan yang dibutuhkan untuk mengoperasikan fasilitas, biaya perijinan, dan biaya operasional dan contingency, adalah elemen-elemen minimal yang digunakan untuk mengukur biaya awal atau *initial cost* (Thorbojern Mann : 1992) [40]

Perkiraan biaya konstruksi rinci tidak diperlukan untuk analisis ekonomi awal desain bangunan alternatif atau sistem. Estimasi tersebut biasanya tidak tersedia sampai desain cukup maju dan kesempatan untuk mengurangi biaya perubahan desain. LCCA dapat diulang selama proses desain jika informasi biaya yang lebih rinci tersedia. Pada awalnya, biaya konstruksi diperkirakan dengan mengacu pada data historis dari fasilitas serupa. Detil perkiraan biaya disusun pada tahap

submittal desain (biasanya sebesar 30%, 60%, dan 90%) berdasarkan perhitungan jumlah take-off. (Sieglinde Fuller : 2009) [41]

Biaya energi, air dan utilitasnya, dihitung berdasarkan konsumsi harga saat ini, dan proyeksi harga. Biaya Energi biaya seringkali sulit untuk diprediksi secara akurat dalam tahap desain proyek. Asumsi harus dibuat tentang jenis bangunan, tingkat hunian, jadwal, dan semua yang mempengaruhi konsumsi energi. (Sieglinde Fuller :2009) [42]. Penawaran harga energi saat ini dari pemasok lokal harus memperhitungkan tingkat jenis, struktur tarif, musim, tingkat blok, dan biaya permintaan untuk memperoleh perkiraan sedekat mungkin dengan biaya energi yang sebenarnya. Proyeksi harga energi harus memperhitungkan asumsikan kenaikan atau penurunan pada tingkat yang berbeda dari inflasi harga umum. Energi ini eskalasi harga diferensial harus dilakukan bila memperkirakan biaya energi masa depan. Biaya Air harus ditangani seperti biaya energi. Biasanya ada dua jenis biaya air, yaitu biaya penggunaan air dan biaya pembuangan air.

Biaya operasional non-bahan bakar, pemeliharaan dan perbaikan (OM & R) seringkali lebih sulit untuk diperkirakan. Jadwal dan standar operasi pemeliharaan bervariasi pada setiap bangunan. Ada variasi besar dalam biaya-biaya tersebut bahkan untuk bangunan dari jenis dan usia yang sama. Oleh karena itu sangat penting untuk menggunakan penilaian rekayasa ketika memperkirakan biaya-biaya tersebut. Biaya yang termasuk dalam biaya operasional non bahan bakar adalah biaya pengelolaan sampah, penjagaan gedung, lahan, biaya sewa, dan asuransi. (Jutta Schade :2007) [43]

Supplier mengutip dan menerbitkan panduan untuk memperkirakan dan memberikan informasi tentang pemeliharaan dan biaya perbaikan. Beberapa panduan estimasi biaya data-data berasal dari hubungan statistik data historis (Means , BOMA) dan laporan, misalnya, biaya operasi meter persegi, dengan umur bangunan, lokasi geografis, sejarah bangunan, dan jumlah meter persegi di gedung.

Penggantian Biaya (*Replacement cost*), jumlah dan waktu penggantian modal membangun sistem tergantung pada taksiran umur sistem dan panjang masa studi. Gunakan sumber-sumber yang sama yang memberikan perkiraan biaya untuk investasi awal untuk mendapatkan perkiraan biaya penggantian dan masa manfaat yang diharapkan. Titik awal yang baik untuk memperkirakan biaya penggantian masa depan adalah dengan menggunakan biaya mereka pada tanggal dasar. Metode LCCA akan mengeskalisasi jumlah dasar-tahun sampai waktu terjadinya masa depan.

Nilai sisa dari suatu sistem (atau komponen) adalah nilai sisa pada akhir masa studi. Nilai sisa dapat didasarkan pada nilai di tempat, nilai jual kembali, atau nilai sisa bersih dari setiap penjualan, konversi, atau biaya pembuangan. Sebagai aturan praktis, nilai sisa dari suatu sistem dengan masa manfaat yang tersisa di tempat yang dapat dihitung dengan linier prorating biaya awal. Sebagai contoh, untuk sistem dengan masa manfaat yang diharapkan dari 15 tahun, yang dipasang 5 tahun sebelum akhir masa studi, nilai sisa adalah sekitar $2/3 (= (15-10) / 15)$ dari yang awal biaya.

Biaya Lain-lain, termasuk beban keuangan dan pajak., Biaya non moneter atau biaya yang terkait efek proyek yang tidak dapat diukur dengan uang. Contoh efek non-moneter mungkin manfaat yang berasal dari sistem HVAC tenang terutama atau dari yang diharapkan, tapi sulit mengukur produktivitas keuntungan karena pencahayaan ditingkatkan. Secara alami mereka, efek-efek ini di luar LCCA, tetapi jika mereka signifikan mereka harus dipertimbangkan dalam keputusan investasi akhir dan termasuk dalam dokumentasi proyek.

Untuk memastikan masuknya biaya non-moneter atau keuntungan dalam pembuatan keputusan, dapat menggunakan analisis hirarki proses (AHP), yang merupakan salah satu dari serangkaian analisa keputusan multi-atribut (MADA) metode yang menganggap atribut non-moneter (kualitatif dan kuantitatif) di samping untuk umum langkah-langkah evaluasi ekonomi ketika mengevaluasi alternatif proyek.

2.3.3 Tahap-Tahap Perhitungan Life Cycle Cost

Data yang diperlukan untuk perhitungan LCC dikelompokkan menjadi beberapa bagian, data ini dikelompokkan berdasarkan tahapan dari siklus biaya yang ada.

Tabel 2.5 Jenis-Jenis Data Perhitungan *Life Cycle Cost* (LCC)

| <u>Type of Life Cycle Data</u> | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <u>Cost Data</u> | <u>Occupancy data</u> | <u>Physical Data</u> | <u>Performance Data</u> | <u>Performance Data</u> |
| Acquisition cost | Occupancy profile | Superficial floor area | Maintenance cycle | Maintenance cycle |
| Capital cost | Functionality | Type of boiler/heating system | Cleaning cycle | Cleaning cycle |
| Taxes | Hours of life | Window area | Thermal conductivity | Thermal conductivity |
| Inflation | Particular feature | Function area | Occupancy time | Occupancy time |
| Discount rate | | Number of occupants | Electricity | Electricity |
| Management cost | | Walls and ceiling | Gas | Gas |
| Replacement cost | | Number of sanitary fittings | | |
| Maintenance cost | | | | |
| Operating cost | | | | |
| Cleaning cost | | | | |
| Dimolition cost | | | | |
| Insurance | | | | |

(Sumber : Erika Levander, Jutta Schade and Lars Stehn, 2005, *Life Cycle Cost Calculation Models for Buildings*)

Ada tiga sumber utama untuk memperoleh data yang akan digunakan untuk menghitung LCC, yaitu :

1. pemasok produsen, kontraktor dan spesialis pengujian;
2. data historis, dan
3. data dari teknik modeling.

Data dari produsen, pemasok, kontraktor dan spesialis pengujian merupakan data dengan perkiraan yang terbaik. Mereka memiliki pengetahuan yang terperinci dari kinerja, karakteristik material dan komponen, tetapi tidak memiliki pengetahuan untuk menentukan bahan, desain, dan fasilitas yang akan.

Namun, pengetahuan yang luas dan pengalaman produsen spesialis dan supplier merupakan sumber berharga bagi data life cycle. Apabila data yang diperlukan tidak tersedia, maka teknik pemodelan dapat digunakan. Model Matematis dapat dikembangkan untuk menganalisis biaya. Statistik teknik dapat dimasukkan untuk mengatasi ketidakpastian. Data dari bangunan yang ada digunakan sebagai data historis. Beberapa dari mereka yang diterbitkan sebagai BMI (Building Maintenance Information). Sumber-sumber lain termasuk klien, surveyor, dan jurnal (Flanagan et al, : 1989) [44]

2.3.4 Cara Pengukuran Kualitas Ekonomi Bangunan

Menurut Fuller (2009) Pengukuran kualitas ekonomi bangunan dengan sistem *Life Cycle Cost* adalah sebagai berikut :

$$LCC = I + Repl - Res + E + W + OM \& R + O \dots\dots\dots(2.1)$$

LCC = Total LCC dalam nilai sekarang (PV) dolar diberikan alternatif

I = biaya investasi PV

Repl = PV penggantian biaya modal

Res = PV nilai sisa (nilai jual kembali, nilai sisa) dikurangi biaya pembuangan

E = PV biaya energi

W = PV biaya air

OM & R = PV dari operasi non-bahan bakar, perawatan dan perbaikan biaya

O = PV biaya lainnya (misalnya, biaya untuk kontrak)

Sebagai input perhitungan LCC, semua biaya dikonversikan dalam bentuk *present value*, dengan menggunakan tingkat suku bunga yang sesuai. Periode analisis dipilih, dan metode evaluasi ekonomi yang akan digunakan. Penelitian sebelumnya menyebutkan, bahwa ada 5 jenis metode evaluasi ekonomi yang digunakan untuk menghitung LCC. Setiap metode memiliki tujuan dan kegunaan masing-masing, serta memiliki kelebihan dan kekurangan dalam perhitungan LCC. Tabel 2.6 akan menjelaskan secara terstruktur metoda evaluasi ekonomi yang digunakan untuk menghitung LCC.

Tabel 2.6 Keuntungan dan Kerugian dari Metode Evaluasi Ekonomi untuk LCC

| Metode | Tujuan Perhitungan | Kelebihan | Kekurangan | Peruntukan |
|--------------------------------------|--|--|---|--|
| Simple Payback | Menghitung waktu yang diperlukan untuk mengembalikan awal investasi. Investasi dengan pengembalian terpendek waktu adalah yang paling menguntungkan (Flanagan et al., 1989). | Cepat dan mudah perhitungannya. Hasil mudah untuk dibaca dan disimpulkan. (Flanagan et al, 1989.). | Tidak memperhitungkan inflasi, bunga dan arus kas dalam perhitungan. (Öberg, 2005, Flanagan et al, 1989).. | Investasi kasar untuk melihat apakah investasi menguntungkan atau tidak. (Flanagan et al, 1989.). |
| Discount Payback Method (DPP) | Dasarnya sama sebagai metode pengembalian modal sederhana, tetapi DPP memasukan unsur waktu dalam perhitungannya. (Flanagan et al, 1989).. | Memperhitungkan unsur waktu dalam perhitungannya. (Flanaga et al, 1989.). | Mengabaikan seluruh arus kas di luar payback period. (Flanagan et al., 1989) | Hanya digunakan sebagai perangkat screening, bukan sebagai keputusan dan saran (Flanagan et al, 1989).. |
| Net Present Value (NPV) | NPV merupakan hasil dari penerapan diskon faktor, berdasarkan suatu tingkat pengembalian yang diperlukan untuk masing-masing tahun proyeksi arus kas, baik dalam dan luar, sehingga arus kas diproyeksikan dalam bentuk present value. Pada umumnya, jika NPV positif maka investasi dinilai baik (Smullen dan Tangan, 2005). Tetapi fokus dalam LCC adalah pada biaya, bukan pada | Memasukan time value of money kedalam perhitungan Menghitung pengembalian modal yang dipengaruhi rate of interest, dengan menggunakan seluruh data yang tersedia. (Flanagan et al., 1989). | Tidak dapat digunakan untuk melakukan perhitungan dengan membandingkan alternatif yang memiliki rentang waktu hidup yang berbeda, karena tidak mudah untuk menginterpretasikan hasil perhitungan. (Kishk et al., 2003). | Sebagian besar LCC menggunakan metode (Kishk et al., 2003). Tidak dapat digunakan apabila alternatif yang akan dihitung memiliki rentang masa hidup yang berbeda. (Flanagan et al., 1989). |

| | | | | |
|--------------------------------------|---|---|--|---|
| | pendapatan, biasanya perhitungan yang dilakan dengan memperlakukan biaya sebagai positif dan pendapatan sebagai negatif. Akibatnya, pilihan terbaik diantara beberapa alternatif adalah alternatif dengan NPV minimum (Kishk et al, 2003.) | | | |
| Equivalent annual cost (ECA) | Metode ini menggunakan NPV satu waktu dari beberapa alternatif sebagai annual cost setiap tahunnya sama. Untuk itu dibutuhkan factor present worth of annuity (Kishk et al, 2003.) | Perbedaan alternatif yang memiliki perbedaan rentang waktu hidup (life length) dapat dibandingkan. (ISO, 2004). | Hanya memberikan nilai rata-rata. Tidak menunjukkan biaya setiap tahun yang sebenarnya dalam periode LCC (ISO,2004) | Membandingkan alternatif yang memiliki rentang masa hidup yang berbeda-beda.(ISO,2004) |
| Internal Rate of Return (IRR) | IRR adalah kriteria discounted cash flow yang menentukan rata-rata pengembalian dengan mengacu kondisi bahwa nilainya berkurang menjadi nol pada titik awal waktu (Mol dan Terry, 1997). Hal ini digunakan untuk menghitung discount rate pengujian yang akan menghasilkan NPV sebesar nol. Alternatif dengan IRR tertinggi adalah alternatif terbaik (ISO, | Hasil perhitungan dalam bentuk persen (%)sehingga memberikan interpretasi yang lebih jelas terhadap hasil perhitungan. (Flanagan et al., 1989). | Perhitungan membutuhkan uji coba (trial and error). IRR hanya dapat dihitung jika investasi akan menghasilkan pendapatan. (Flanagan et al, 1989.). | Hanya dapat digunakan apabila investasi akan menghasilkan pendapatan. Dalam bidang konstruksi tidak semua investasi mengasilkan pendapatan, sehingga kadang kala tidak dapat dihitung dengan IRR. |

| | | | | |
|------------------------|--|--|--|---|
| | 2004). | | | |
| Net saving (NS) | Net saving dihitung berdasarkan selisih antara present worth income dengan investasi awal. Alternatif dengan net saving paling tinggi menjadi alternatif terbaik. (Kishk et al., 2003) | Teknik penilaian investyasi yang mudah dipahami. (Kishk et al., 2003). | | Dapat digunakan untuk membandingkan pilihan investasi (ISO,2004). Tapi hanya jika investasi menghasilkan penghasilan. (Kishk et al, 2003.). |

(Sumber : Erika Levander, Jutta Schade and Lars Stehn, 2005, Life Cycle Cost Calculation Models for Buildings)

Setelah melihat keuntungan dan kerugian dari metode evaluasi ekonomi untuk LCC, maka dapat disimpulkan bahwa model ekonomi yang biasa digunakan untuk menghitung LCC adalah *Net Present Value* (NPV). NPV adalah metode menghitung nilai bersih (netto) pada waktu sekarang (*present*). Asumsi present yaitu waktu awal perhitungan bertepatan dengan saat evaluasi dilakukan pada periode tahun ke-nol (0) dalam perhitungan cash flow investasi. Dengan demikian, metoda NPV pada dasarnya memindahkan cash flow yang menyebar sepanjang umur investasi ke waktu awal investasi.

Pemilihan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif dengan metode NPV, umur setiap alternatif harus sama. Jadi nilai NPV dari setiap alternatif belum bisa dipakai sebagai indikator perbandingan antara alternatif, kecuali jika umur setiap alternatif sama. Oleh karena itu sebelum analisis dilakukan perlu terlebih dahulu diperhatikan umur dari masing-masing alternatif. Ada tiga (3) kategori umur alternatif, yaitu umur masing-masing alternatif sama, umur masing-masing alternatif berbeda, umur alternatif tidak berhingga.

Menurut Barringer, Paul (2003), perhitungan LCC mencakup seluruh biaya selama umur bangunan, yang disesuaikan dengan perubahan yang berbeda pada setiap kasus. . . Langkah-langkah tersebut adalah:

Langkah 1-Mengidentifikasi apa yang harus dianalisis dan periode waktu untuk mempelajari kehidupan proyek bersama dengan keuangan yang sesuai kriteria.

Langkah 2-Fokus pada fitur-fitur teknis dengan konsekuensi ekonomi yang akan terjadi untuk mencari solusi alternatif.

Langkah 3-Mengembangkan rincian biaya dengan mempertimbangkan periode waktu untuk struktur biaya.

Langkah 4-Pilih model biaya yang sesuai

Langkah 5-Memperoleh rincian biaya.

Langkah 6-Menghitung langkah biaya tahunan.

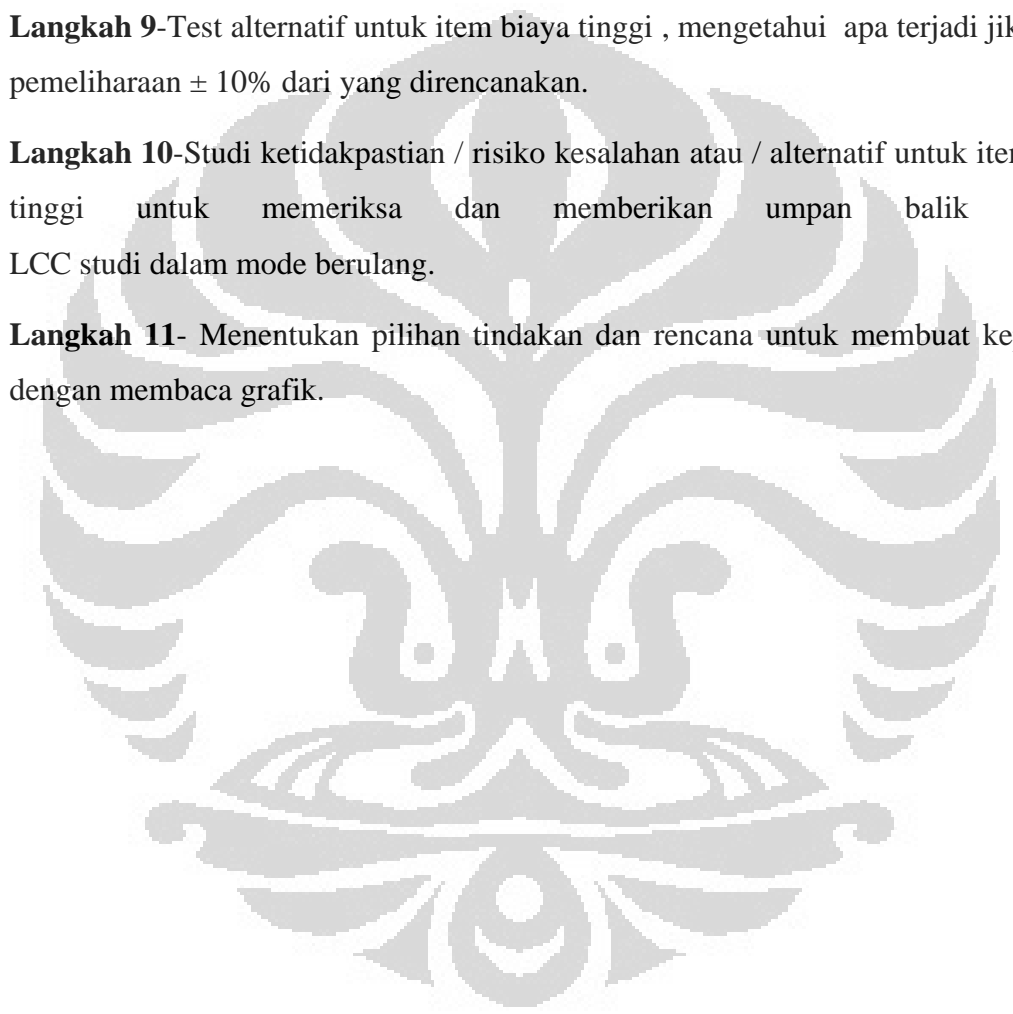
Langkah7-Mencari faktor-faktor utama, untuk membuat grafik-grafik titik impas, dan menyederhanakan rincian waktu dan uang.

Langkah 8-Mengurutkan item biaya yang besar menjadi distribusi pareto mempertimbangkan kembali studi selanjutnya.

Langkah 9-Test alternatif untuk item biaya tinggi , mengetahui apa terjadi jika biaya pemeliharaan $\pm 10\%$ dari yang direncanakan.

Langkah 10-Studi ketidakpastian / risiko kesalahan atau / alternatif untuk item biaya tinggi untuk memeriksa dan memberikan umpan balik kepada LCC studi dalam mode berulang.

Langkah 11- Menentukan pilihan tindakan dan rencana untuk membuat keputusan dengan membaca grafik.





Gambar 2.7 Langkah-Langkar Perhitungan *Life Cycle Cost* (LCC)

(sumber : Barringer, Paul (2003) *Life Cycle Cost Summary*, Pert: International Conference of Maintenance Societies)

2.3.5 Manfaat Pengukuran kualitas bangunan

Industri bangunan memiliki peranan besar dalam kehidupan kita, yaitu menyediakan kebutuhan dasar dari manusia akan tempat bernaung. Industri bangunan juga merupakan faktor yang dominan dalam perekonomian. Lingkungan bangun berpengaruh terhadap ekonomi, kesejahteraan individu dan masyarakat. Desain lingkungan bangun yang buruk berpengaruh langsung terhadap kesehatan, perilaku sosial, dan kerusakan lingkungan, hal ini akan memiliki efek dan kerusakan jangka panjang, dan membutuhkan kewajiban keuangan untuk membayar semua itu yang jumlahnya tidak sedikit.

Tahun 1960-1970, 1980 konservasi alam dilakukan secara sukarela, dan telah menunjukkan hasil yang positif. Maka setelah itu kebijakan semakin proaktif dan mendukung konservasi alam dalam industri bangunan yang berdampak terhadap sektor sosial dan ekonomi. Industri bangunan terkadang masih menganggap biaya adalah sesuatu yang tabu untuk diungkapkan. Informasi biaya dalam perancangan arsitektur berkelanjutan mulai menjelaskan tentang pentingnya faktor biaya, biaya yang dimaksud adalah biaya selama umur bangunan tersebut, kerang lebih selama 20 sampai dengan 50 tahun.

Tujuan pengukuran kualitas ekonomi bangunan dengan pengukuran LCC, adalah untuk memberikan sebuah metode yang relatif sederhana untuk mengukur seluruh bangunan biaya dan kinerja. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan beberapa alternatif, dicari alternatif yang memiliki biaya paling efektif selama rentang waktu hidup (umur bangunan).

Data yang dihasilkan dapat digunakan untuk menunjukkan manfaat arsitektur berkelanjutan, terutama, para pembuat keputusan keuangan, karena dengan metode LCC dapat dihitung biaya total yang dikeluarkan dari awal proyek, sampai dengan akhir umur bangunan tersebut. LCC meliputi kebutuhan biaya awal, dan dampak kinerja dari air, energi, pemeliharaan dan operasi, generasi limbah, pembelian,

kesehatan penghuni dan produktivitas sehingga dapat dilihat keuntungan ekonomi dari bangunan tersebut.

Analisis siklus hidup membandingkan biaya total dan manfaat dari siklus hidup komponen, sistem, atau materi bukan hanya berfokus pada biaya pertama. Hal ini memungkinkan biaya masa depan dan manfaat yang akan diambil dalam analisis, sehingga nilai kumulatif jangka panjang menjadi dasar untuk membuat keputusan. Namun, biaya siklus hidup tidak menangkap biaya non finansial atau keuntungan seperti kualitas, estetika, dan dampak lingkungan.

Pada intinya, biaya siklus hidup didasarkan pada beberapa konsep yang sangat mudah dan sangat sederhana untuk diterapkan. Namun demikian, beberapa tantangan signifikan dalam menerapkan dengan benar dan efektif, pada kesimpulan harus dilihat sebagai informasi penunjang pengambilan keputusan, bukan bukti matematis bahwa dengan biaya siklus hidup yang lebih rendah menjadi pilihan pasti pilihan yang terbaik.

2.4 PENGUKURAN KUALITAS EKONOMI BANGUNAN DENGAN PERANCANGAN SUSTAINABLE ARCHITECTURE MENGGUNAKAN METODA LIFE CYCLE COST (LCC)

Sustainable building dapat didefinisikan sebagai praktek-praktek pembangunan, yang berusaha untuk kualitas yang tidak terpisahkan (termasuk ekonomi, kinerja sosial dan lingkungan) dalam cara yang sangat luas. Dengan demikian, penggunaan rasional sumber daya alam dan pengelolaan yang tepat dari bangunan akan memberikan kontribusi untuk menghemat sumber daya yang tidak dapat diperbaharui, mengurangi konsumsi energi (konservasi energi), dan perbaikan kualitas lingkungan.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa arsitektur berkelanjutan adalah perancangan yang perlu dilakukan secara terintegrasi dari aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial. Setiap masalah dan keputusan dalam perancangan perlu dipecahkan secara terintegrasi pada saat konseptual oleh seluruh tim. Hal ini untuk

memastikan bahwa proyek dirancang sebagai suatu sistem, bukan bagian yang berdiri sendiri.

Seluruh aspek yang terintegrasi dalam perancangan arsitektur berkelanjutan akan berdampak pada aspek ekonomi bangunan tersebut, dan salah satu cara untuk mengukur kualitas ekonomi bangunan adalah dengan metoda LCC. Tujuan dari LCC adalah untuk memperkirakan biaya keseluruhan proyek dan alternatif untuk memilih desain yang menjamin akan memberikan biaya terendah secara keseluruhan kepemilikan tanpa mengurangi kualitas dan fungsi.

Pertimbangan pengukuran kualitas ekonomi gedung menggunakan metode LCC dengan LCC harus dilakukan pada awal proses desain sementara masih ada kesempatan untuk memperbaiki desain untuk memastikan pengurangan biaya siklus-hidup (LCC). Sesuai dengan penelitian yang dilakukan, yaitu pengaruh arsitektur berkelanjutan pada tahap perancangan.

Pengukuran kualitas ekonomi bangunan dengan sistem LCC adalah dengan menghitung semua biaya yang dikeluarkan, dimulai pada saat persiapan proyek, pembangunan, operasional dan maintenance, dan biaya-biaya lainnya yang dikeluarkan dari awal, sampai akhir kepemilikan atau masa manfaatnya.

Dalam persamaan LCC terdiri dari 2 (dua) kategori biaya utama, yaitu biaya masa kini (*initial expenses*) dan biaya masa depan (*future expenses*). Biaya awal atau *initial cost* adalah biaya dimana bangunan tersebut belum terbangun, dimulai dengan fase konseptual, preliminary, sampai dengan product desain. Biaya masa depan adalah biaya yang harus dikeluarkan pada saat bangunan selesai dibangun dan dapat digunakan sesuai fungsinya, sampai dengan bangunan tersebut dianggap habis masa guna bangunannya. (Benjamin S Blanchard : Third Edition) [45]

2.5 HIPOTESA

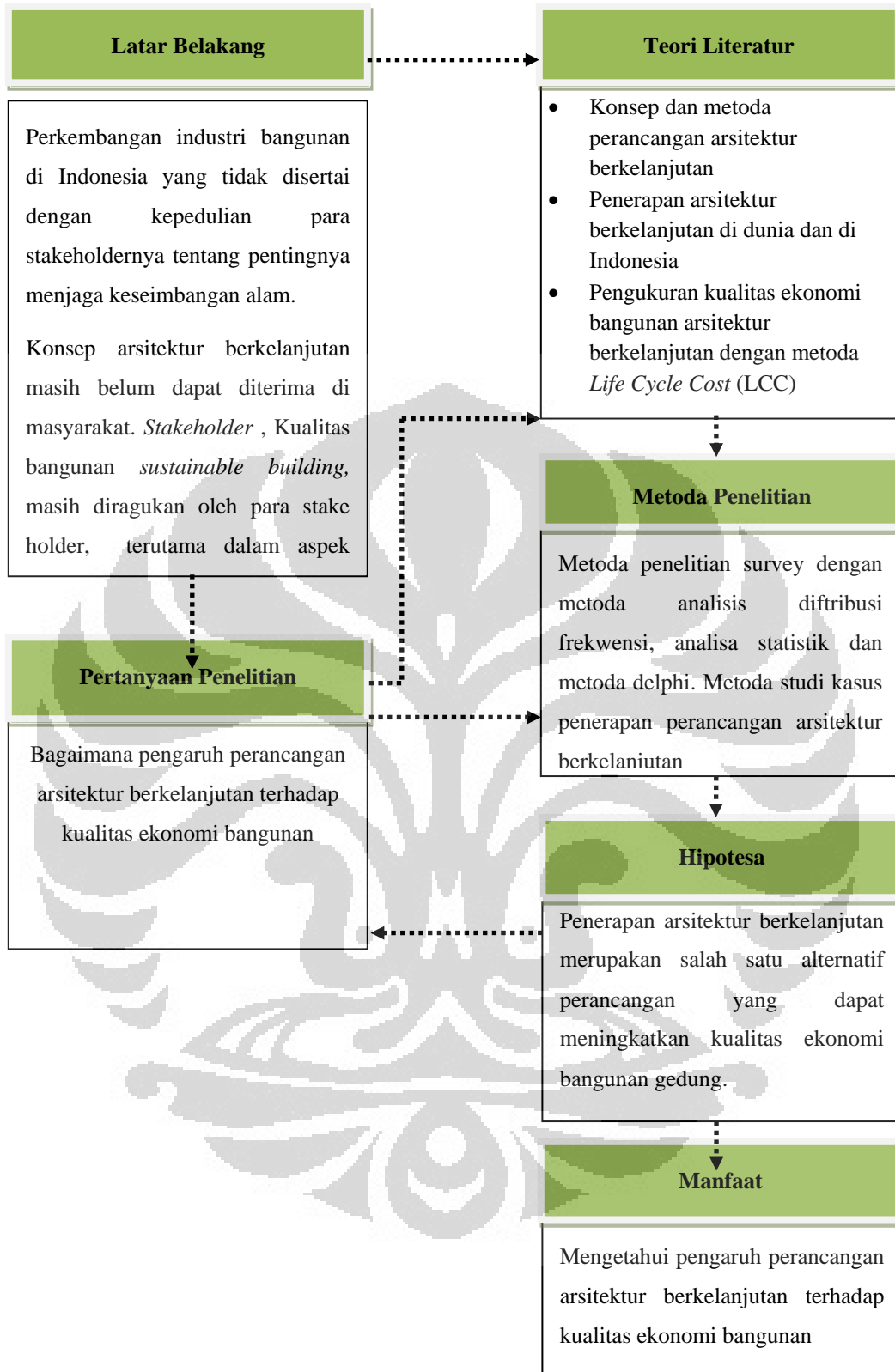
Berdasarkan kajian literatur, hipotesa penelitian dalam rangka penyusunan tesis ini adalah

Penerapan arsitektur berkelanjutan merupakan salah satu alternatif yang dapat meningkatkan kualitas bangunan, dengan reduksi Life Cycle Cost, apabila konsep perancangan arsitektur berkelanjutan dilakukan dengan tepat dan menyeluruh.

2.6 KERANGKA PEMIKIRAN

Sebagaimana telah diuraikan pada bab sebelumnya, bahwa penelitian ini dilatar belakangi oleh isu lingkungan yang telah marak belakangan ini di berbagai bidang, salah satunya adalah industri bangunan. Perkembangan industri bangunan di Indonesia yang tidak disertai dengan kepedulian para stakeholdernya tentang pentingnya menjaga keseimbangan alam. Konsep arsitektur berkelanjutan masih belum dapat diterima di masyarakat. *Stakeholder*, Kualitas bangunan *sustainable building*, masih diragukan oleh para stake holder, terutama dalam aspek ekonomi, sehingga konsep ini sering kali ditolak pada saat perancangan proyek gedung.

Atas permasalahan tersebut, penelitian dilakukan dengan melakukan studi literatur yang terkait dan merumuskan permasalahan menjadi *research question* (RQ), yang selanjutnya dilakukan metode yang sesuai untuk menjawab hipotesa yang telah ditetapkan sebelumnya. Penelitian mengenai pengaruh perancangan arsitektur berkelanjutan terhadap kualitas ekonomi bangunan gedung yang akan dilakukan ini akan mengikuti alur kerangka berpikir sebagaimana pada gambar



Gambar 2.8 Perangka Pemikiran

(Sumber : Hasil Olahan)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai metodologi penelitian yang digunakan dalam penulisan tesis secara rinci tentang bahan atau materi penelitian, alat atau instrumen penelitian dan langkah-langkah penelitian mulai dari persiapan penelitian sampai dengan penyajian data serta kesulitan-kesulitan yang timbul selama penelitian dan pemecahannya.

Penelitian dilakukan untuk menilai pengaruh perancangan arsitektur berkelanjutan terhadap kualitas ekonomi bangunan agar dapat menjadi pertimbangan dalam perancangan industri bangunan dalam mendesain bangunan yang memiliki kualitas ekonomi (*economical quality*) yang baik.

Pada bab ini akan diuraikan mengenai perancangan penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan dalam penulisan ini yang terdiri dari kerangka penelitian, pertanyaan penelitian, strategi penelitian, proses penelitian, variabel-variabel penelitian, instrumen penelitian, proses pengumpulan data serta metode analisisnya.

Penelitian yang akan dilakukan adalah bersifat deskriptif. Penelitian deskriptif dilakukan dengan tujuan untuk membuat pencandraan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat populasi atau daerah tertentu. Penelitian kuantitatif dengan format deskriptif bertujuan untuk menjelaskan, meringkaskan berbagai kondisi, situasi, atau berbagai variabel yang timbul di masyarakat yang menjadi objek penelitian berdasarkan apa yang terjadi. Tipe yang paling umum dari penelitian deskriptif ini meliputi penilaian sikap atau pendapat terhadap individu, organisasi, keadaan ataupun prosedur. Desain deskriptif bertujuan untuk menguraikan tentang sifat-sifat atau karakteristik suatu keadaan serta mencoba untuk mencari suatu uraian yang menyeluruh dan teliti dari suatu keadaan.

Desain penelitian ini menguraikan sifat atau karakteristik suatu fenomena tertentu, maka tidak memberikan kesimpulan yang terlalu jauh atas data yang ada. Hal ini disebabkan karena desain ini hanya bertujuan untuk mengumpulkan fakta dan menguraikannya secara menyeluruh dan teliti sesuai dengan persoalan yang akan dipecahkan. Perancangan sangat dibutuhkan agar uraiannya dapat menghasilkan cakupan menyeluruh mengenai persoalan dan informasi yang diteliti. Data deskriptif pada umumnya dikumpulkan melalui daftar pertanyaan dalam survei, wawancara, ataupun observasi.

Penelitian explanatory adalah studi eksplorasi yang bertujuan mencari hubungan-hubungan baru yang biasanya dilakukan untuk pengujian terhadap hipotesis-hipotesis. Hipotesis ini didasarkan atas pengalaman masa lampau atau teori yang telah dipelajari sebelumnya. Akan tetapi seringkali hipotesis ini tidak bisa dibuat karena tidak ada dasar yang kuat baik mengenai teori maupun pengalaman-pengalaman waktu lampau sebab persoalan yang ditemukan masih baru (*exploring*).

Untuk menjawab pertanyaan penelitian maka pemilihan metode penelitian yang tepat adalah descriptive explanatory. Penelitian bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perancangan arsitektur berkelanjutan terhadap kualitas ekonomi bangunan.

Penelitian dimulai dengan merumuskan masalah dan judul penelitian yang didukung dengan suatu kajian pustaka. Setelah itu ditentukan konsep dan hipotesa penelitian yang menjadi dasar untuk memilih metode penelitian yang tepat. Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mungkin berpengaruh, maka dilakukan penyusunan instrumen penelitian berupa variabel-variabel yang dirumuskan dalam bentuk pertanyaan-pertanyaan (*questionnaire*) yang telah dimatangkan terlebih dahulu, baik melalui validasi/pendapat pakar maupun stakeholder tertentu sebagai representasi dari sampel penelitian.

Data yang telah terkumpul dilakukan analisis yang akan menghasilkan temuan. Selanjutnya dilakukan pembahasan atas temuan-temuan tersebut untuk ditarik kesimpulan, dan dilanjutkan wawancara/diskusi dengan para pakar/ahli atau dikenal dengan istilah delphi technique, dimana akan diperoleh kesimpulan dan saran.

3.2. RUMUSAN MASALAH DAN STRATEGI PEMILIHAN METODA PENELITIAN

3.2.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah sebagaimana diuraikan pada bab terdahulu, maka dirumuskan pertanyaan penelitian (*research question/RQ*) untuk diperoleh jawabannya. *Research question* (RQ) tersebut adalah:

Bagaimana pengaruh perancangan arsitektur berkelanjutan terhadap kualitas ekonomi bangunan?

Untuk menjawab RQ dilakukan identifikasi dan survei kepada responden atas faktor-faktor yang dominan yang membuat perancangan arsitektur berkelanjutan menjadi penting diterapkan pada perancangan bangunan berdasarkan studi literatur, studi kasus dan penelitian sejenis yang dilaksanakan sebelumnya.

3.2.2. Strategi Penelitian

Untuk memperoleh hasil penelitian yang dapat terfokus kepada tujuan yang hendak dicapai, maka perlu strategi penelitian yang tepat. Ada beberapa jenis strategi penelitian, yaitu eksperimen, survei, analisis, historis dan studi kasus. Masing-masing strategi diperlukan untuk menjawab pertanyaan penelitian tertentu. Yin menyatakan ada cara yang tepat untuk menjawab pertanyaan penelitian yang berupa kalimat siapa, apa, dimana dan berapa banyak yaitu dengan metode survei (Yin :2003). [47]

Strategi penelitian merupakan suatu metode atau pendekatan yang digunakan dalam mencari jawaban berdasarkan pada 3 hal (Yin :1994) [48] yaitu :

1. Tipe pertanyaan penelitian
2. Kontrol yang dimiliki peneliti terhadap peristiwa perilaku yang akan diteliti
3. Fokus terhadap fenomena penelitian

Tabel 3.1 Strategi Penelitian

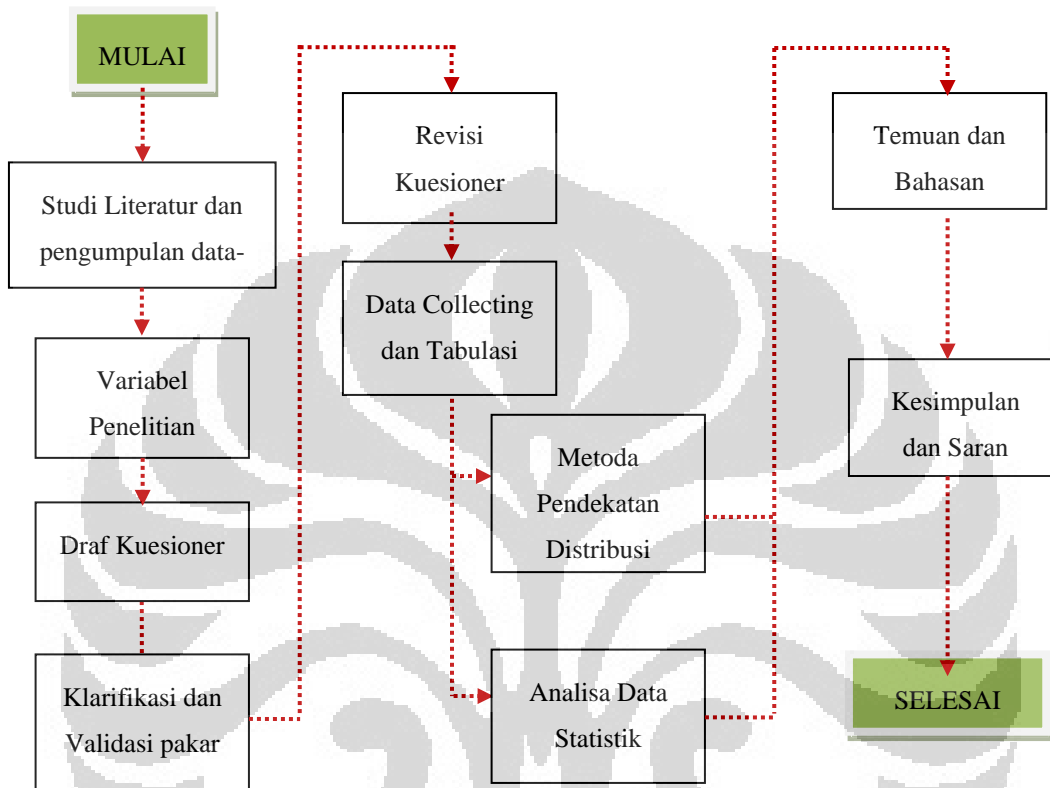
| Strategi | Bentuk Pertanyaan Penelitian | Kontrol dari peneliti dengan tindakan dari penelitian yang aktual | Tingkat fokus dari kesamaan penelitian yang lalu |
|--------------------|-----------------------------------|---|--|
| Eksperimen | Bagaimana, mengapa | Ya | Ya |
| Survei | Siapa, apa, dimana, berapa banyak | Tidak | Ya |
| Analisis | Siapa, apa, dimana, berapa banyak | Tidak | Tidak |
| Historis | Bagaimana, mengapa | Tidak | Tidak |
| Studi Kasus | Bagaimana, mengapa | Tidak | Ya |

(Sumber : Robert K. Yin, "Studi Kasus Desain dan Metode", Penerbit PT Rajagrafindo Persada, Jakarta, 2002, hal 7)

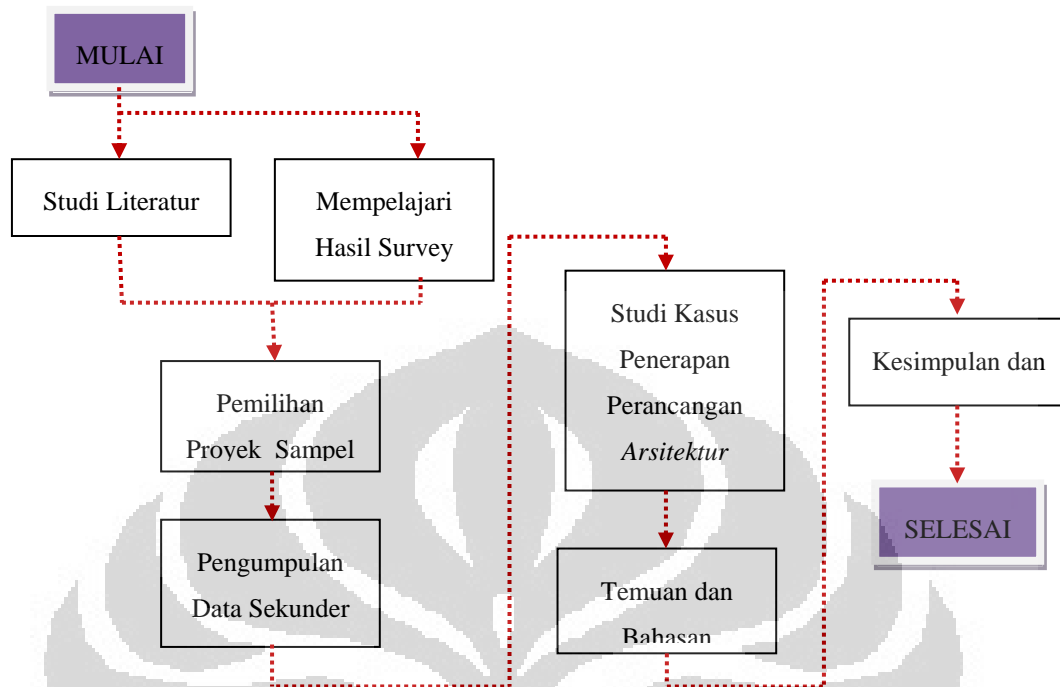
Penelitian dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor dominan dalam perancangan arsitektur berkelanjutan, pengalaman para stake holder industri bangunan di Indonesia, dalam perancangan arsitektur berkelanjutan dan konsep-konsep perancangan arsitektur berkelanjutan, serta tingkat pengaruh perancangan arsitektur berkelanjutan terhadap kualitas ekonomi bangunan. Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda survey, dengan menggunakan kuesioner yang didistribusikan kepada stake holder industri bangunan. Kuesioner tersebut disusun berdasarkan parameter-parameter analisis yang dibutuhkan dan relevan dengan maksud dan tujuan dari penelitian ini, dan hasilnya menjadi dasar dalam studi kasus yang akan dipilih.

3.3. PROSES PENELITIAN

3.3.1. Alur Penelitian Survei dan Studi Kasus



Gambar 3.1. Alur Penelitian Metode Survey
(sumber : hasil olahan)



Gambar 3.2. Alur Penelitian Metode Studi Kasus
(sumber : hasil olahan)

Mengacu pada strategi penelitian yang disarankan oleh Yin, maka pertanyaan penelitian dapat dijawab dengan pendekatan survai. Pendekatan survai menggunakan kuisisioner dan wawancara pakar terstruktur terhadap pakar perusahaan jasa konstruksi. Menurut Moh nazir :2006 , metode survai adalah penyelidikan yang dilakukan untuk memperoleh fakta-fakta dari gejala-gejala yang ada dan mencari keterangan keterangan secara faktual mengenai institusi sosial,ekonomi atau politik dari suatu kelompok atau suatu daerah.

Metode ini membedah dan menguliti serta mengenal masalah masalah serta mendapatkan pembenaran terhadap keadaan dan praktik praktik yang sedang berlangsung. Dalam metode ini juga dikerjakan evaluasi serta perbandingan terhadap hal hal yang telah dikerjakan orang dalam menangani situasi atau masalah yang serupa dan hasilnya dapat digunakan dalam pembuatan rencana dan pengambilan keputusan dimasa mendatang. Penyelidikan dilakukan dalam waktu yang bersamaan

terhadap sejumlah individu atau unit, baik secara sensus atau dengan penggunaan sampel.

3.3.2. Perumusan Variabel Penelitian

Penelitian dengan metode survei dimana penelitian tersebut untuk menjawab rumusan permasalahan yang pertama, maka berdasarkan data yang diperoleh dilakukan analisis dan penyusunan model matematika yang menunjukkan hubungan antara perancangan arsitektur berkelanjutan dengan kualitas ekonomi bangunan. Variabel yang merupakan instrumen penelitian, dirumuskan dengan menguraikan menjadi indikator dan sub indikator, untuk selanjutnya ditransformasikan menjadi pertanyaan-pertanyaan.

a. Variabel Bebas

Variabel dikatakan independen apabila variabel tersebut bertindak sebagai variabel *stimulus, input, predictor dan anticendent*. Variabel independen disebut juga sebagai variabel bebas atau variabel yang menjadi sebab timbulnya atau berubahnya variabel dependen (variabel terkait). Jadi variabel independen adalah variabel yang mempengaruhi. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perancangan arsitektur berkelanjutan.

b. Variabel Terikat

Suatu variabel dikatakan dependen apabila variabel tersebut merupakan variabel terikat yang dipengaruhi atau menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kualitas ekonomi bangunan.

3.3.3. Penyusunan Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian berupa kuesioner disusun dengan tahapan pelaksanaan sebagai berikut:

- a. Melakukan identifikasi variabel dan sub variabel berdasarkan studi literatur maupun data sekunder lainnya;

- b. Hasil identifikasi variabel dan sub variabel tersebut selanjutnya dibuat draft kuesioner. Dilakukan uji coba kuesioner dan klarifikasi, verifikasi, dan validasi kepada beberapa pakar yang terkait, dengan kriteria antara lain:
- 1) jumlah pakar setidaknya lima orang,
 - 2) berasal dari kalangan akademisi yang terkait dengan keahlian perancangan arsitektur berkelanjutan, dengan pendidikan minimal S2
 - 3) berasal dari kalangan praktisi yang terkait dengan keahlian perancangan arsitektur berkelanjutan, dengan pengalaman minimal 5 tahun
- c. Berdasarkan masukan dan pendapat dari beberapa pakar tersebut diakomodasikan ke dalam perbaikan/koreksi dan selanjutnya dilakukan revisi terhadap draft kuesioner.
- d. Selanjutnya dilakukan uji coba penelitian, dengan mendistribusikan kuesioner tersebut kepada sejumlah kecil responden tertentu dengan kriteria yang mirip dengan responden utama dalam penelitian. Responden jumlah kecil tersebut diambil dengan kriteria antara lain sebagai berikut:
- 1) Kalangan akademisi yang terkait dengan keahlian perancangan arsitektur berkelanjutan, dengan pendidikan minimal S2
 - 2) Kalangan praktisi yang terkait dengan keahlian perancangan arsitektur berkelanjutan, dan menjadi anggota Ikatan Arsitek Indonesia Jakarta (IAI Jakarta)
- e. Berdasarkan data, masukan, dan pendapat dari sejumlah responden tersebut dilakukan analisis konsistensi secara sederhana dan dilakukan perbaikan atas kuesioner tersebut
- f. Kuesioner hasil revisi terakhir tersebut dipergunakan sebagai instrumen pengumpulan data, yang didistribusikan kepada responden yang dapat mewakili populasi dan diambil secara *purposive*.

Skala pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengukuran ordinal, yaitu skala yang didasarkan pada ranking, diurutkan dari jenjang yang lebih tinggi

sampai jenjang yang terendah atau sebaliknya, dengan pilihan 1 sampai dengan 6 dan kriteria yang bervariasi sesuai dengan pertanyaan. Skala tersebut didesain sedemikian rupa, dimana jawaban terkecil (1) menunjukkan pilihan jawaban yang paling tinggi (paling mempengaruhi secara signifikan) dan terbesar (6) merupakan pilihan jawaban yang paling rendah (tidak mempengaruhi secara signifikan). Data yang diperoleh dari pengukuran ini disebut data ordinal. Uji statistik yang sesuai dengan data ordinal adalah modus, mean, median, distribusi frekwensi, dan analisis deskriptif.

3.3.5. Pengumpulan Data dan Teknik Sampling

Metode penelitian survei yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mendistribusikan kuesioner kepada responden, dimana kuesioner tersebut merupakan kuesioner final hasil revisi setelah dilakukan klarifikasi-verifikasi-validasi kepada pakar dan telah diujicobakan kepada sejumlah responden tertentu.

Terdapat dua jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Data Primer, yaitu data yang diperoleh dari hasil kuesioner hasil wawancara dan diskusi yang didistribusikan dan dilakukan dengan stake holder industri bangunan, yang terdiri dari pemilik bangunan (owner), perencana (konsultan perencana), Green Building Council Indonesia (GBC Indonesia), kontraktor, developer, lembaga penelitian/dosen, manajemen konstruksi, dan instansi pemerintah/BUMN. Data hasil kuesioner tersebut diolah dengan metode pendekatan distribusi frekuensi untuk menghasilkan prioritas faktor-faktor yang signifikan, sedangkan hasil wawancara dan diskusi akan dijadikan data untuk pengolahan studi kasus.
- b. Data sekunder, didapat dari hasil studi literatur seperti buku, referensi, jurnal dan penelitian lain yang terkait dengan penelitian ini.

Dalam penelitian ini, responden dipilih dengan menggunakan teknik *non probability sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel yang tidak member peluang/kesempatan yang sama bagi setiap unsur atau anggota populasi untuk dipilih menjadi sampel. *Sampling purposeive* adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu.

(Sugiyono : 2007) [49]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perancangan arsitektur berkelanjutan terhadap kualitas ekonomi bangunan, sehingga sample yang diambil hanya sebagian orang yang mengerti dan paham tentang hal itu, sehingga sample yang diambil dari populasi benar-benar representatif dan dapat mewakili populasinya.

3.3.6. Tabulasi Data

Berdasarkan data yang telah terkumpul dari kuesioner yang didistribusikan kepada responden sebagaimana diuraikan pada bab sebelumnya, maka dilakukan penabulasian data untuk lebih memudahkan dalam proses analisisnya. Tabulasi data dimaksudkan untuk memasukkan data dari tabel-tabel tertentu dan mengatur angkangka serta menghitungnya. Ada dua jenis tabel yang sering dipakai, yaitu tabel data dan tabel kerja. Tabel data adalah tabel yang dipakai untuk mendeskripsikan data sehingga memudahkan peneliti untuk memahami struktur dari sebuah data. Sedangkan tabel kerja adalah tabel yang dipakai untuk menganalisis data yang tertuang dalam tabel data. Contoh tabel data sebagaimana pada tabel 3.3, digunakan apabila kita hendak mendeskripsikan data mentah yang dihitung satu per satu dari responden.

Tabel 3.2 Contoh Tabulasi Data

| Responden | Tujuan yang diharapkan dari arsitektur berkelanjutan untuk aspek lingkungan-ekonomi-sosial | | | | | |
|-----------|--|--|-------------|--------------------------|---|------------------------------------|
| | Perlindungan terhadap lingkungan | Perlindungan terhadap sumber daya alam | Reduksi LCC | Preservasi Nilai Ekonomi | Kenyamanan dan kesehatan dalam bangunan | Preservasi Nilai sosial dan budaya |
| R1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| R2 | 1 | | | | 1 | |
| R3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| R4 | 1 | 1 | | 1 | 1 | |

Setelah dilakukan tabulasi data akan diketahui jumlah dari masing-masing variabel, dan dicari rata-rata jawaban, dan besar simpangan dari masing-masing variabel. Dasi

situ diketahui faktor dominan dari perancangan arsitektur berkelanjutan, dan besar penyimpangannya.

Tabel 3.3 Contoh Tabulasi

| Tujuan Perancangan Arsitektur berkelanjutan | | Jumlah | Persentase Faktor Dominan |
|---|---|--------|---------------------------|
| X24 | Perlindungan terhadap lingkungan | 37 | 90,2% |
| X25 | Perlindungan terhadap sumber daya alam | 33 | 80,5% |
| X26 | Reduksi Life Cycle Cost (LCC) | 26 | 63,4% |
| X27 | Preservasi nilai ekonomi | 17 | 41,5% |
| X28 | Kenyamanan dan kesehatan dalam bangunan | 30 | 73,2% |
| X29 | Preservasi nilai sosial | 21 | 51,2% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 167 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia, N | | 6 |
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | | 27,8 |
| Simpangan | Total Jumlah Respon X | | 164 |
| | Total Jumlah Respon Seharusnya | | 246 |
| | Persentase Penyimpangan | | 33,3% |
| | Total Responden | | 41 |

(Sumber : Hasil Olahan)

Pertanyaan tentang efisiensi biaya yang dapat dilakukan dengan perancangan arsitektur berkelanjutan, dibuat dengan tabulasi, dan data yang diolah adalah data ordinal.

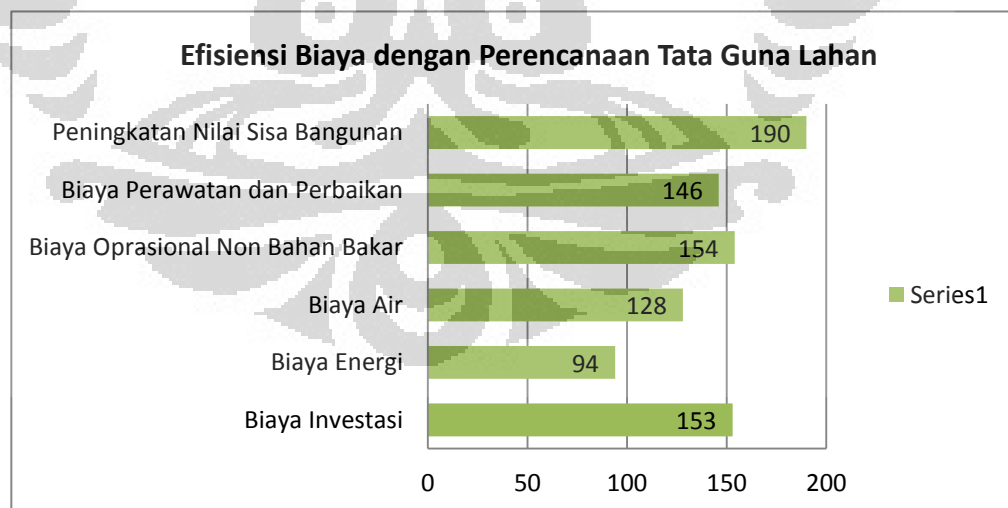
Tabel 3.4 Contoh Tabulasi Data

Tujuan Perancangan Arsitektur berkelanjutan

| Responden | Hubungan Tepat Guna Lahan Terhadap Biaya | | | | | |
|-----------|--|--------------|-----------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | Biaya Investasi | Biaya Energi | Biaya Air | Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | Biaya Perawatan dan Perbaikan | Peningkatan Nilai Sisa Bangunan |
| R1 | 6 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 |
| R2 | 1 | 6 | 5 | 4 | 2 | 3 |
| R3 | 1 | 3 | 5 | 4 | 2 | 6 |
| R4 | 6 | 1 | 2 | 4 | 6 | 5 |
| R5 | 6 | 4 | 1 | 3 | 2 | 5 |

(sumber : hasil olahan)

Setelah tabulasi data selesai diinput dan dihitung, akan diketahui urutan efisiensi biaya dari efisiensi biaya terendah sampai efisiensi biaya tertinggi, dan dapat dilihat dalam bentuk grafik

**Gambar : Contoh Grafik Efisiensi Biaya**

(sumber : hasil olahan)

3.3.7 Studi Kasus

Studi kasus yang dilakukan berdasarkan studi literatur dan hasil survey. Dimulai dengan pemilihan proyek sampel, pengumpulan data sekunder, perhitungan dengan life Cycle Cost (LCC). Hasil perhitungan akan dianalisa sehingga didapat kesimpulan dari hasil studi kasus tersebut

3.6. KESIMPULAN

Untuk identifikasi faktor-faktor yang membuat perancangan arsitektur berkelanjutan menjadi penting diterapkan pada perancangan bangunan yang kualitas ekonomi bangunan, metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode survei dengan menggunakan kuesioner yang didistribusikan kepada Stake holder Industri bangunan. Berdasarkan hasil pengumpulan data yang telah dilakukan, maka dilakukan analisis-analisis deskriptif, yang selanjutnya akan menghasilkan pokok-pokok temuan. Dari temuan-temuan tersebut selanjutnya dikembangkan dan dilakukan pembahasan dan studi kasus, sehingga akan diperoleh kesimpulan penelitian dan disampaikan saran yang diperlukan.

BAB 4

GAMBARAN UMUM PROYEK

4.1 GAMBARAN UMUM PROYEK DAN KONSEP PERANCANGAN BANGUNAN

Bangunan Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia dibangun diatas 2,5 hektar lahan dengan luas 30.000 m², perpustakaan ini dapat menyimpan 2-5 juta judul buku, menampung sekitar 10.000 pengunjung dalam waktu bersamaan. Gedung ini menerapkan prinsip-prinsip arsitektur hijau, didesain dengan konsep sustainable building. Adapun data Proyek Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia adalah sebagai berikut :

| | |
|----------------------|---|
| Nama proyek | : Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia |
| Pemilik | : Universitas Indonesia |
| Lokasi | : Universitas Indonesia, Kampus Utama-Depok |
| Pemenang Sayembara | : DCM- PT. Duta Cermat Mandiri |
| Arsitek Utama | : Ir. Budiman Hendropurnomo, FRAIA IAI Ir. Dicky Hendrasto |
| Arsitek Pengembangan | : PT. Arkonin |
| Desainer Interior | : DCM- PT. Duta Cermat Mandiri |
| Konsultan Lansekap | : DCM- PT. Duta Cermat Mandiri |
| Konsultan Struktur | : PT. Arkonin |
| Konsultan ME | : PT. Arkonin |
| Kontraktor Utama | : PT. Waskita Karya |
| Luas Bangunan | : 28.900 m ² |
| Luas Lahan | : 1 Hektar |
| Lama Konstruksi | : 9 Bulan |

Air hujan ditampung dalam kolam-kolam utilitas, air kotor yang dihasilkan gedung juga tidak langsung dibuang ke dalam danau, dan saluran air yang lain, tapi sebisa mungkin diolah terlebih dahulu. Lingkungan gedung dibuat seasri

mungkin, kondisi tapak dipertahankan, dan pohon-pohon besar berusia 25 tahun di sekitar tapak diusahakan tidak ditebang, dan dijadikan bagian dari lansekap gedung. Sebagian dari atap bangunan ditutup dengan tanaman, sehingga menyerupai bukit, diharapkan dapat menurunkan suhu bangunan, suhu juga diharapkan akan stabil dan nyaman bagi pengguna bangunan. Sebagian atap bangunan dibuat transparan dengan menggunakan material kaca. Atap kaca diharapkan dapat membantu pencahayaan alami bangunan ini di siang hari, sehingga dapat terjadi penghematan pencahayaan buatan pada bangunan di siang hari.

4.2 LATAR BELAKANG PROYEK

Desain Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia dimula dengan sebuah kompetisi desain terbuka yang digelar pada tahun 2008. Perpustakaan ini dibangun untuk menyimpan buku yang berjumlah 3-4 juta buku, bahan penelitian referensi dan buku langka yang dimiliki Universitas Indonesia. Diketahui oleh Prof Gunawan Tjahjono, yang merencanakan Kampus Depok, PT Duta Cermat Mandiri ditetapkan sebagai pemenang kompetisi desain dan diberi lima bulan untuk mengembangkan desain untuk tender.

Proyek Perpustakaan Universitas Indonesia adalah proyek pemerintah yang memakai dana anggaran DIPA. Sesuai dengan ketentuan yang berlaku, bahwa pengadaan jasa konsultasi untuk bangunan pemerintah harus dengan proses tender secara terbuka. Setelah proses tender selesai, dan ditetapkan sebagai pemenang tender pengadaan jasa konsultasi bangunan, yaitu PT. Arkonin, dan konsultan manajemen konstruksi, yaitu PT. Cakra Manggilingan.

Proyek gedung pemerintah dibatasi dengan tahun anggaran, sehingga pekerjaan harus selesai dalam 1 tahun pekerjaan. Proyek gedung pemerintah tidak dapat dijadikan proyek multi years (lebih dari satu tahun). Sehingga setiap tahun diadakan tender ulang untuk setiap pekerjaan, sehingga perencana, kontraktor, dan pengawas manajemen konstruksi bias berbeda-beda tiap tahap pekerjaan. Hal ini tentu saja beakibat terhadap waktu perancangan, pekerjaan konstruksi, dan pengawasan bangunan. Aspek waktu tentu saja akan berdampak juga terhadap aspek biaya dan mutu.

Universitas Indonesia

Pendekatan sustainable architecture merupakan konsep yang ditetapkan oleh pihak owner sebagai pemilik bangunan. Bangunan belum mengikuti rating system yang ditetapkan oleh lembaga bangunan hijau yang ada di dunia, dengan kata lain bangunan ini belum memiliki sertifikasi, dan diakui oleh lembaga yang menyusun rating bangunan hijau.

Perlu waktu dan usaha yang sangat besar untuk dapat mewujudkan bangunan sustainable yang menyeluruh. Ada beberapa kendala yang menyebabkan proyek Perpustakaan Universitas Indonesia tidak dapat mencapai seluruh aspek dari sustainability, tetapi perancangan dan konsep awal dari bangunan ini telah dilakukan dengan pendekatan sustainability.

4.3 KONSEP ARSITEKTUR BERKELANJUTAN YANG DITERAPKAN DI GEDUNG PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS INDONESIA

Perpustakaan pusat Universitas Indonesia diharapkan menjadi *meeting point* bagi para mahasiswa, kondisi saat ini, setiap departemen memiliki perpustakaan masing-masing, sehingga mahasiswa dari berbagai departemen tidak dipertemukan dalam satu tempat. Maka dari itu perencana memilih danau sebagai site yang tepat untuk membangun perpustakaan pusat Universitas Indonesia, selain itu site tersebut juga dinilai ideal sebagai tempat mahasiswa berkumpul.

Bangunan ini dirancang untuk duduk mulus dengan lingkungannya. sesuai dengan vegetasi yang ada, atap hijau menutupi bagian dari struktur. Hal ini memberikan kesan serangkaian tugu batu menjorok keluar atas bukit hijau. Outdoor amphiteatre membuka ruang baca ke arah danau, area halaman yang dibuat di tengah kompleks perpustakaan untuk memungkinkan pohon mahoni besar untuk hidup berdampingan dan menciptakan dingin, teras dinaungi oleh danau

Desain dari perpustakaan baru ini terinspirasi oleh dua faktor. Selain melihat kembali sejarah untuk keberlanjutan budaya juga melihat keberlanjutan arsitektur dengan tujuan untuk menciptakan bangunan yang akan bertahan untuk generasi mendatang. Perpustakaan ini penyimpanan sebanyak 4 juta buku dan manuskrip, yang membutuhkan suhu kamar yang stabil jauh dari sinar matahari langsung. Sebuah gundukan tanah melingkar dengan atap hijau meliputi lantai enam dari rak buku, memberikan suhu lingkungan lebih konstan yang mengurangi kebutuhan

Universitas Indonesia

AC. Konsep melingkar memungkinkan pusat menghadap ke danau untuk dikembangkan menjadi sebuah halaman udara terbuka di bawah pohon mahoni yang ada di lahan eksisting.

Skylight yang dibuat di atas ramp, lobi dan rak buku untuk mengurangi ketergantungan pada pencahayaan buatan. Tanah dan rumput pada atap bertindak sebagai isolasi alam untuk atap beton. Vegetasi dan penanaman memainkan faktor penting visual maupun fungsional. Ramah lingkungan dan menurunkan suhu lingkungan. Pohon-pohon besar dipertahankan dan pohon baru juga ditanam di sekitar perpustakaan baru.

Perpustakaan baru diharapkan akan bebas asap dan plastik. Daerah F & B dan lobby di lantai dasar akan menggunakan ventilasi alami, sementara teras makan dan membaca yang dinaungi oleh kanopi besar dari pohon yang ada.

Transportasi vertikal ini sebagian besar dicapai melalui ramp bagi pengguna bangunan. Serangkaian ramp lengkung ditempatkan mengelilingi void, antara rak buku dan ruang baca. Ramp tersebut menghubungkan semua lantai, dan mendorong pengguna bangunan untuk berjalan dan menikmati berjalan mengelilingi bangunan interior dibanding menggunakan lift.

Salah satu parameter yang biasa digunakan dalam penerapan sustainable architecture dengan konsep green building. Rating system yang digunakan di Indonesia adalah Greenship yang disusun oleh Green Building Council Indonesia (GBCI). Saat ini GBCI masih mengembangkan kerangka konsep versi 2 (dua) , untuk perangkat penilaian bangunan hijau di indonesia. Berikut adalah butir-butir yang di ada di Greenship dibandingkan dengan Perancangan Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Perancangan Green Building yang diterapkan pada bangunan Perpustakaan Universitas Indonesia

| No | Aspek Sustainable Architecture | Indikator | Penjelasan |
|----|--------------------------------|---------------------------------|---|
| 1 | Tepat Guna Lahan | Pemilihan Tapak | Pemilihan Lahan di kawasan siap bangun dengan pengertian seluruh infrastruktur telah tersedia, hanya pembangunan gedung ini berada pada kawasan hijau dari Universitas Indonesia. Perencana tetap berorientasi pada alam, dan berusaha mempertahankan tapak yang telah ada |
| | | Managemen Air Limpasan | Hujan air dikumpulkan dan di buang melalui saluran ke arah danau |
| | | Transportasi Masal | Kawasan Universitas Indonesia sudah memberlakukan transportasi masal pada kawasan, dengan menyediakan bus dan yang menghubungkan setiap area di kampus. Bus kampus akan berhenti di setiap halte untuk menaikn dan menurunkan penumpang. Sedangkan transportasi masal menuju luar kampus adalah stasiun kereta api yang berada dalam kawasan Universitas Indonesia. |
| | | Fasilitas dan Penggunaan Sepeda | Sepeda dan tempat penyimpananya juga telah disediakan. Akses menuju bangunan dibuat senyaman mungkin bagi pejalan kaki, jalur sepeda disediakan dan direncanakan dengan baik. |
| | | Lansekap pada Lahan | Lansekap pada lahan dibuat sesuai dengan perturan yang diberlakukan, KDB 60 % dari luas lahan. Sehingga msaih tersisa 40% untuk lahan terbuka hijau dan penyerapan air tanah. |
| | | Mengurangi | Permukaan site ditutup dengan rumput dan |

| | | | |
|----------|---|-------------------------|---|
| | | Pengaruh Heat Island | conblock, sehingga dapat mengurangi pengaruh heat island pada permukaan site |
| | | Keterhubungan Komunitas | Fasilitas umum yang berada di area kampus Universitas Indonesia sudah lengkap, sehingga keterhubungan komunitas dapat dipenuhi. |
| | | Selubung Bangunan | Selubung bangunan menggunakan batu andesit, dan penutup atap rumput, dengan konsep mengurangi nilai overall termal transver value. Tetapi belum ada perhitungan secara pasti berapa nilai yang tercapai |
| 2 | Efisiensi energi dan Refrigerant | Transportasi Vertikal | Transportasi vertikal menggunakan lift, ramp, dan tangga |
| | | Pencahayaan Buatan | <p>Pencahayaan buatan menggunakan lampu hemat energi dengan lumen secukupnya (belum diukur) untuk ruang perpustakaan dinilai cukup apabila buku masih bisa terbaca, tetapi tidak mengikuti aturan kebutuhan cahaya bagi ruangan. Zona ruang baca dan ruang kerja tidak menggunakan sensor gerak. Lampu tambahan di meja kerja dan meja baca (lampu baca). Agar dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan cahaya (apabila pencahayaan alami tdk memungkinkan)</p> <p>Lux sudah dihitung sesuai kebutuhan , karena ruang tinggi maka butuh titik lampu yang banyak, sudah dicoba dibuktikan bisa terbaca.</p> |
| | | Pencahayaan Alami | Pencahayaan alami disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsi ruang yang ada di dalam bangunan. Dibuat skylight untuk penerangan tambahan, tetapi ada beberapa skylight yang tidak dapat menerangi ruangan sampai ke lantai dasar, atau jatuh di ruangan |

| | | | |
|----------|-----------------------|--|---|
| | | | yang tidak boleh ada cahaya matahari secara langsung. Hal ini terjadi karena perancangan yang kurang matang dan tidak menyeluruh. Terjadi banyak penyesuaian di lapangan untuk mengatasi hal teknis tersebut. |
| | | Aplikasi Refrigerant Tingkat Lanjut | AC pada bangunan perputakaan pusat UI menggunakan AC sentral dan split, tergantung fungsi bangunan. Merek AC dalam satu gedung disamakan, untuk kemudahan maintenance. Kebutuhan AC pada bangunan sangat tinggi, dikarenakan fungsi bangunan yaitu perpustakaan, yang dituntut memiliki kelembaban dan pengkondisian udara yang khusus untuk melindungi koleksi buku dan naskah yang ada di dalam ruangan. |
| | | Ventilasi dan Infiltrasi | Seluruh ruang penunjang dan pendukung tidak menggunakan AC, termasuk ruang peralatan, semuanya menggunakan ventilasi alami |
| | | Tindakan Efisiensi Energi | Penghematan energi sebesar 2,5 % belum diukur, tetapi saat ini daya yang dibutuhkan gedung adalah 3 Megawatt yang keseluruhannya berasal dari energy listrik konvensional PLN. Seluruh daya akan dikumpulkan di gardu pusat UI, dan akan didistribusikan ke setiap gedung sesuai kebutuhan. |
| | | Pengaruh Perubahan iklim | Belum ada perhitungan pengurangan emisi CO2 |
| | | Energi Baru dan Terbarukan yang Bersumber di dalam Tapak | Konsep energi terbarukan masih dalam proses perancangan dan konsep, yaitu menggunakan photovoltaic (PV) |
| 3 | Konservasi Air | Lansekap Hemat Air | Sumber air berasal dari air tanah, tanpa tambahan dari PDAM. |

| | | | |
|---|----------------------------|--|--|
| | | Mengurangi Pemakaian Air | Akan ditanyakan kepada perencana, tentang perhitungan penggunaan air bangunan |
| | | Pemilihan Alat Pengatur Keluaran Air (water fixture) | Water fixture dipilih yang dapat mengatur keluaran air agar air penggunaan air dapat dihemat. |
| | | Mengumpulkan Air | Bangunan ini tidak mengumpulkan air untuk kemudian di daur ulang dan dipergunakan kembali |
| | | Mendaur Ulang Air | Belum ada sistem mendaur ulang air. |
| | | Sumber Air Alternatif | Tidak ada sumber air alternative |
| 4 | Sumber dan Siklus Material | Penggunaan Kembali Gedung dan matrial Bekas | Matrial yang dipakai semua baru, tidak ada yang menggunakan matrial bekas. |
| | | Produk yang proses pembuatannya Ramah Lingkungan | Matrial 30 % lebih sudah menggunakan ISO 30% |
| | | Matrial yang Tersedia dari Tempat yang Berdekatan | Matrial finishing arsitektural dan interior kurang lebih 80% menggunakan matrial lokal, hanya untuk peralatan ME hampir 100% import karena matrial lokal belum ada |
| | | Kayu Bersertifikasi | Proyek tidak banyak menggunakan matrial kayu. |
| | | Introduksi Udara Luar | Introduksi udara luar sudah mulai dikonsepsikan dan direncanakan tetapi belum dihitung |
| | | Pengendalian Lingkungan Atas Asap Rokok | Asap rokok tidak diperbolehkan di gedung |
| | | Polutan Kimia | Matrial merkuri belum banyak orang yg mengetahui daftar matrial yang mengandung merkuri. |
| | | Tingkat Kebisingan | Disesuaikan dengan jenis dan fungsi |

| | | | |
|---|-------------------------------|--|---|
| | | di dalam Ruangan | ruangan |
| | | Kenyamanan Termal Ruangan | Direncanakan suhu ruangan 22-25 derajat. Perhitungan secara kasar pada saat tender menyebabkan jumlah AC berlebihan, sehingga pada saat pekerjaan di lapangan banyak penyesuaian. |
| | | Pemandangan ke Luar Ruangan | Pemandangan ke luar ruangan sangat baik |
| 6 | Manajemen Lingkungan Bangunan | Pengelolaan Sampah | Sampah dibagi organik dan organik dan pengelolaan sampah kawasan. |
| | | Survey Kepada Pengguna Gedung | Dilakukan survey pada saat perancangan atas kebutuhan owner |
| | | Komisioning Sistem dengan Baik dan Benar | Komisioning belum dilakukan, menunggu gedung dinyatakan siap |
| | | Manajemen Aktivitas Konstruksi | Ada manajemen konstruksi yang mengawasi jalanya pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan |
| | | Melibatkan Accredited Professional sejak Tahap Perancangan | Tenaga ahli profesional telah terakreditasi pada saat awal tender. |

(sumber : wawancara dan olahan)

4.4 PENERAPAN ENERGI TERBARUKAN DENGAN PHOTOVOLTAIC (SEL SURYA)

Secara umum bangunan gedung masih menggunakan energi konvensional untuk mencukupi kebutuhan energi bangunan. Hal ini dikarenakan biaya investasi yang tinggi untuk penggunaan energi alternatif. Masalah financial pada penyediaan modal awal, secara ekonomis belum dapat bersaing dengan pemakaian energi konvensional yang berasal dari energi fosil.

Jumlah energi fosil sebagai bahan baku listrik semakin lama semakin menipis. Selain jumlahnya terbatas, sumber energi tersebut memiliki kelemahan dalam

dampak terhadap pemanasan global. Setiap 100 megawatt bertenaga batu-bara, akan menghasilkan 5,6 juta ton karbondioksida/tahun. (Nji Raden Poespawati : 2007) [50].

Salah satu sumber energi energi adalah sumber energi matahari. Sel surya termasuk kategori sumber energi baru dan terbarukan yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang, karena tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi. Matahari juga merupakan sumber energi yang banyak tersedia di alam dan tidak akan pernah habis, terlebih indonesia berada di sekitar katulistiwa yang menerima matahari sepanjang tahun sebesar 2500 kilowatt per jam.

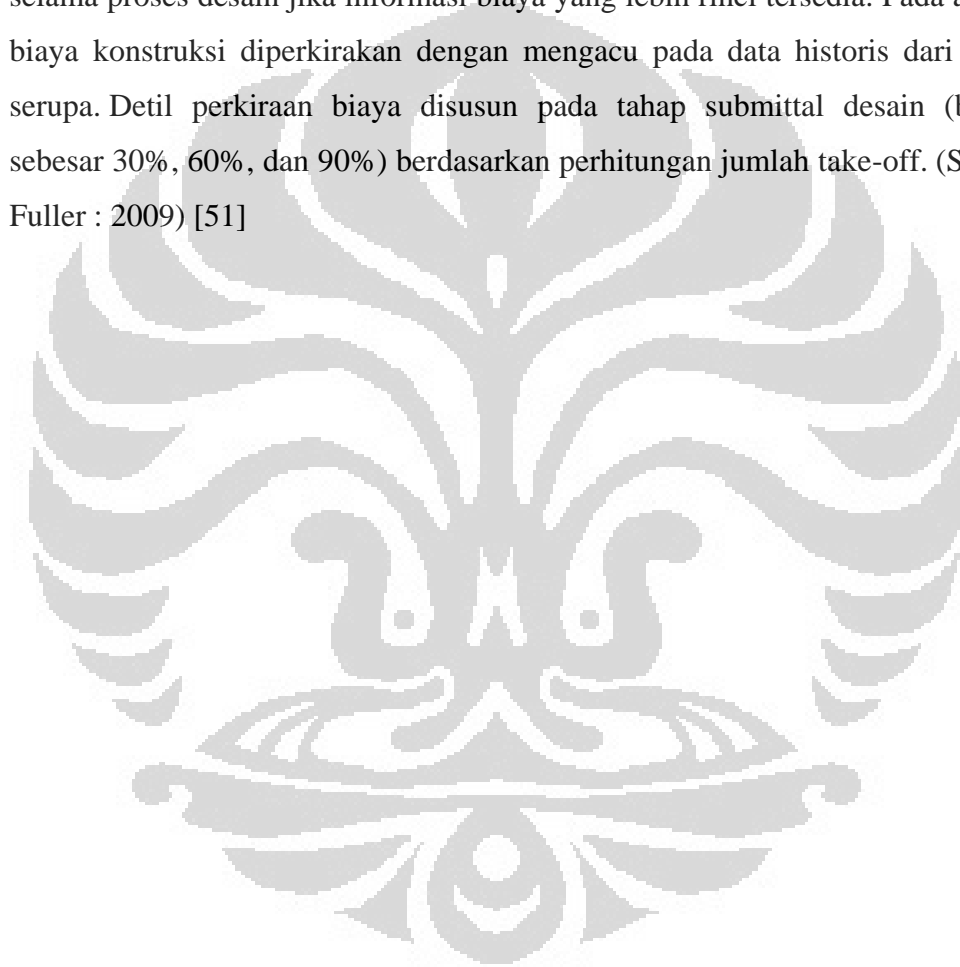
Salah satu isu yang sedang dikaji oleh Universitas Indonesia adalah penggunaan energi terbarukan untuk bangunan perpustakaan pusat. Energi yang dihasilkan oleh alam, berupa cahaya matahari, dengan menggunakan Photovoltaic (PV) atau panel sel surya sebagai alat untuk menghasilkan energi listrik, yang akan digunakan oleh bangunan. Photovoltaics adalah bidang teknologi dan penelitian yang berkaitan dengan aplikasi praktis dari sel fotovoltaik dalam menghasilkan listrik dari cahaya, walaupun sering digunakan secara khusus untuk merujuk kepada energi listrik dari sinar matahari.

Saat ini bahan yang digunakan untuk sel surya fotovoltaik adalah silikon monocrystalline , silikon polikristal , silikon amorf , teluride kadmium , dan indium selenide tembaga / sulfide. Sejauh ini, sebagian besar bahan yang paling umum untuk sel surya adalah kristal silikon (disingkat sebagai kelompok sebagai c-Si), juga dikenal sebagai "silikon grade surya". silikon Massal dipisahkan menjadi beberapa kategori sesuai dengan kristalinitas dan ukuran kristal di dihasilkan ingot , pita , atau wafer . *Thin film* adalah teknologi generasi berikutnya yang dapat mengurangi jumlah material yang dibutuhkan dalam menciptakan sel surya. Meskipun hal ini mengurangi biaya bahan, juga dapat mengurangi efisiensi konversi energi. Film tipis sel silikon telah menjadi populer karena biaya, fleksibilitas, berat ringan, dan kemudahan integrasi, dibandingkan dengan sel wafer silikon.

Kebanyakan sel surya yang tersedia secara komersial mampu menghasilkan listrik untuk sedikitnya dua puluh tahun tanpa penurunan yang signifikan dalam

efisiensi. Garansi yang biasanya diberikan oleh produsen panel adalah untuk periode 25 - 30 tahun, dimana output tidak akan jatuh di bawah persentase tertentu (sekitar 80%) dari kapasitas pengenal.

Life Cycle Cost (LCC) dapat dihitung secara bertahap, perkiraan biaya konstruksi rinci tidak diperlukan untuk analisis ekonomi awal desain bangunan alternatif atau sistem. Estimasi tersebut biasanya tidak tersedia sampai desain cukup maju dan kesempatan untuk mengurangi biaya perubahan desain. LCCA dapat diulang selama proses desain jika informasi biaya yang lebih rinci tersedia. Pada awalnya, biaya konstruksi diperkirakan dengan mengacu pada data historis dari fasilitas serupa. Detil perkiraan biaya disusun pada tahap submittal desain (biasanya sebesar 30%, 60%, dan 90%) berdasarkan perhitungan jumlah take-off. (Sieglinde Fuller : 2009) [51]



BAB 5

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengumpulan dan analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini. Pengumpulan data tahap pertama dilakukan melalui studi literatur untuk mengetahui variable-variabel pada perancangan arsitektur berkelanjutan dan elemen-elemen biaya pada Life Cycle Cost (LCC) bangunan.

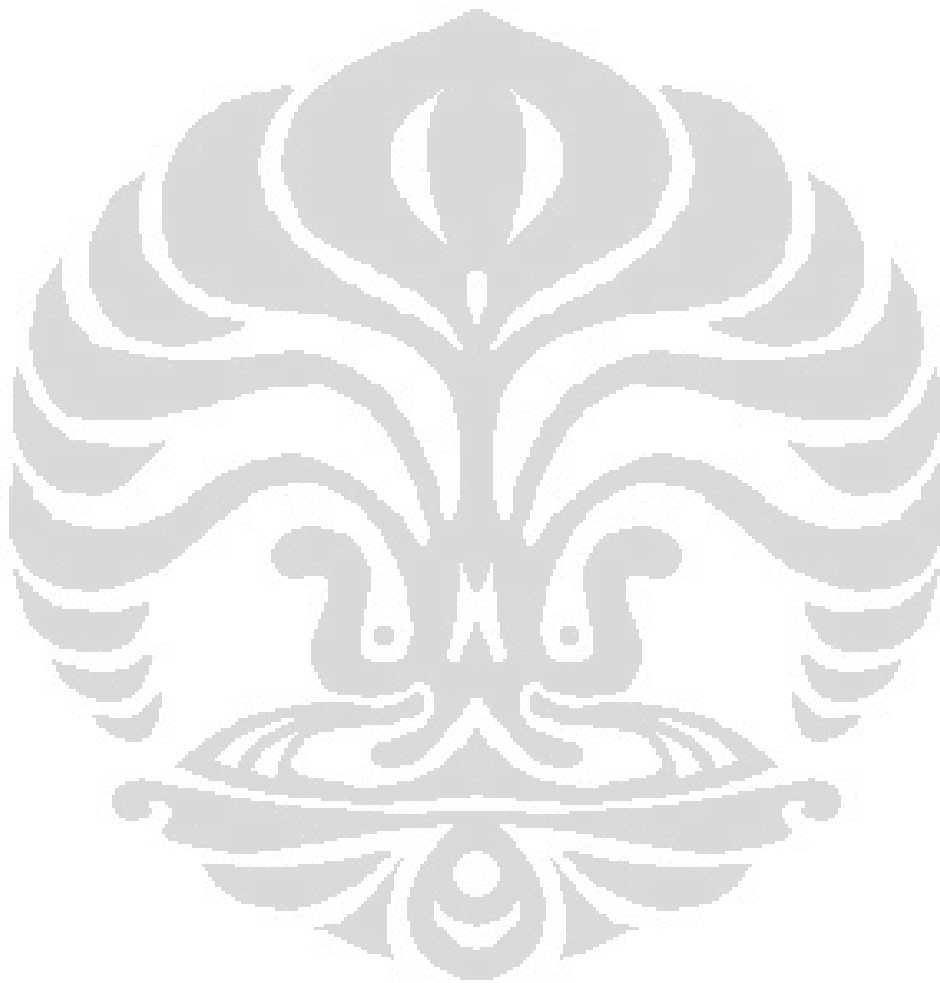
Pengumpulan tahap kedua dilakukan dengan metoda interview kepada pakar. Pada tahap ini pertanyaan-pertanyaan kuesioner yang disusun dari hasil studi literatur kemudian diverifikasi, klarifikasi dan validasi oleh para pakar, dilanjutkan dengan pengumpulan data tahap ketiga, yaitu melakukan survey kepada para stake holder dalam industry bangunan.

Pengumpulan tahap ketiga yaitu melakukan survey kepada stake holder industry bangunan yang terdiri dari konsultan, kontraktor, manajemen konstruksi, dosen/peneliti, instansi pemerintah, dan Green Building Council Indonesia (GBCI) sebagai lembaga independen yang menyusun rating system untuk bangunan hijau di Indonesia. Dari hasil penyebaran kuesioner akan dilakukan pembahasan dan analisa data mengenai faktor-faktor dominan pada perancangan arsitektur berkelanjutan dilihat dari latar belakang responden yang merupakan stake holder industri bangunan di Indonesia. Setelah itu akan dilakukan pembahasan dan analisa mengenai biaya-biaya yang dapat dilakukan efisiensi dengan perancangan arsitektur berkelanjutan.

Peneliti juga akan melakukan perhitungan Life Cycle Cost (LCC) dari salah satu elemen bangunan. Saat ini Gedung Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia sudah selesai pembangunan. Usulan dari pihak owner untuk menggunakan Photovoltaic (PV) pada bangunan tersebut. Penerapan PV pada bangunan membutuhkan dana yang relatif besar, dan akan digunakan pada jangka waktu yang lama. Dibutuhkan kajian LCC lebih lanjut untuk pengambilan keputusan penggunaan PV pada bangunan tersebut.

5.2 TAHAP VERIFIKASI DAN VALIDASI VARIABEL

Langkah awal dalam pengumpulan data tahap kedua adalah tahap verifikasi, klarifikasi, dan validasi pertanyaan kuesioner hasil studi literature kepada pakar. Pertanyaan kuesioner tersebut disebar kepada lima pakar untuk diberi komentar, tanggapan, perbaikan maupun masukan. Masing-masing pakar memberikan masukan maupun perubahan pada pertanyaan-pertanyaan kuesioner. Hasil verifikasi dan validasi pakar dapat dilihat, dijelaskan sebagai berikut :



Tabel 5.1 Instrumen Penelitian Arsitektur Berkelanjutan

| VARIABEL | | INDIKATOR | DESKRIPSI | | SUB INDIKATOR | REFERENSI | NO ITEM |
|-------------|----|-------------------------|--|------|------------------------|--|---------|
| PERANCANGAN | X1 | Tepat Guna lahan | Pemilihan lahan di kawasan siap bangun, Pergunaan lahan yang bernilai negatif dan tidak terpakai | X1.1 | Manajemen Tapak | GBC Indonesia : 2010, BEER Sam C M Hui :2002, LEED : 2004, ASHRAE : 1996, Deni Setiawann :2005 | 1 |
| | | | Pengurangan beban volume limpasan air hujan ke jaringan drainase kota dari lokasi bangunan Pembangunan beban volume limpasan air hujan ke jaringan drainase kota Penanganan masuknya limpasan banjir dari luar lokasi bangunan | X1.2 | Manajemen Air Limpasan | GBC Indonesia : 2010, BEER Sam C M Hui :2002, LEED : 2004 | 2 |
| | | | Adanya halte/ terminal/ stasiun kendaraan transportasi umum dalam jangkauan 200 m Menyediakan shuttle bus untuk pengguna tetap gedung, dengan jumlah unit minimum 10 % | X1.3 | Transportasi Masal | GBC Indonesia : 2010, BEER Sam C M Hui :2002 | 3 |
| | | | Membangunan dan menyediakan tempat untuk menunggu transportasi umum | | | LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | |

Sambungan Tabel 5.1 Instrumen Penelitian Arsitektur Berkelanjutan

| | | | | | | | |
|--|-----|---|---|------|---------------------------------|--|---|
| | | | Adanya parkir sepeda yang aman sebanyak 1 unit parkir per 20 pengguna gedung Menyediakan locker sebanyak 1 unit untuk setiap parkir sepeda Menyediakan tempat ganti baju/kamar mandi khusus pengendara sepeda | X1.4 | Fasilitas dan Penggunaan Sepeda | GBC Indonesia : 2010, LEED : 2004 | 4 |
| | | | Penggunaan arean lansekap dengan tanaman seluas 40 % lahan | X1.5 | Lansekap pada Lahan | GBC Indonesia : 2010, LEED : 2004, BEER Sam C M Hui :2002, ASHRAE : 1996 | 5 |
| | | | Menggunakan berbagai material untuk menghindari efek heat island pada permukaan site | X1.6 | Mengurangi Pengaruh Heat Island | GBC Indonesia : 2010, LEED : 2004, BEER Sam C M Hui :2002, ASHRAE : 1996 | 6 |
| | | | Adanya fasilitas umum dalam radius 1500 m | X1.7 | Keterhubungan Komunitas | GBC Indonesia : 2010, LEED : 2004 | 7 |
| | X.2 | Efisiensi energi dan Refrigerant | Nilai Overall Thermal Transfer value (OTTV) yang direkomendasikan 45 W/m ² . | X2.1 | Selubung Bangunan | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 8 |
| | | | Menggunakan sistem Variable Voltage dan Variable Frequency pada lift dan dilengkapi Traffic Management System | X2.2 | Transportasi Vertikal | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 9 |
| | | | Menggunakan fitur untuk menghemat konsumsi energi | | | | |

Sambungan Tabel 5.1 Instrumen Penelitian Arsitektur Berkelanjutan

| | | | | | | | |
|--|--|--|---|------|-------------------------------------|---|----|
| | | | seperti sensor gerak atau sleep mode pada tangga berjalan | | | | |
| | | | Menggunakan lampu dengan efikasi cahaya paling tinggi 100 lumen/watt Menggunakan ballast frekuensi tinggi Zona pencahayaan dalam ruang kerja yang dikaitan dengan sensor gerak Penempatan tombol lampu dalam jarak pencapaian tangan pada saat buka pintu dan menyediakan lampu meja di tempat kerja | X2.3 | Pencahayaan Buatan | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 10 |
| | | | Penggunaan cahaya alami secara optimal sehingga 30% dari luas lantai yang digunakan untuk bekerja mendapatkan cahaya alami min 300 lux | X2.4 | Pencahayaan Alami | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 11 |
| | | | Tidak menggunakan refrigerasi jenis HCFC (Hydro Cloro Fluoro Carbon) pada seluruh sistem refrigerasi bangunan | X2.5 | Aplikasi Refrigerant Tingkat Lanjut | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 12 |
| | | | Tidak mengkondisikan ruang WC, tangga, koridor dan lobi lift menggunakan AC, dan melengkapi ruangan tersebut dengan sistem ventilasi mekanis | X2.6 | Ventilasi dan Infiltrasi | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 13 |
| | | | Penghematan energi sebesar 2,5 % | X2.7 | Tindakan | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, | 14 |

Sambungan Tabel 5.1 Instrumen Penelitian Arsitektur Berkelanjutan

| | | | | | | | |
|--|----|-----------------------|---|------|--|---------------------------------------|---|
| | | | dibawah acuan yang ada | | Efisiensi Energi | ASHRAE : 1996 | |
| | | | Menyerahkan perhitungan pengurangan emisi CO2 yang didapat dari penghematan energi di bawah IKE dengan menggunakan konversi antara CO2 dan energi listrik yang ditetapkan pemerintah. | X2.8 | Pengaruh Perubahan iklim | GBC Indonesia : 2010 ASHRAE : 1996 | LEED : 2004, 15 |
| | | | Menggunakan sumber energi baru dan terbarukan yang dapat menggantikan setiap 0,5% dari daya listrik maksimum yang dibutuhkan gedung | X2.9 | Energi Baru dan Terbarukan yang Bersumber di dalam Tapak | GBC Indonesia : 2010 ASHRAE : 1996 | LEED : 2004, 16 |
| | X3 | Konservasi Air | Apabila menggunakan sistem air dari gedung, maksimal 25% kebutuhan irigasi dipenuhi dari sistem air tanah atau PDAM | X3.1 | Lansekap Hemat Air | GBC Indonesia : 2010 ASHRAE : 1996 | LEED : 2004, BEER Sam C M Hui :2002 17 |
| | | | Menggunakan sistem instalasi untuk irigasi yang dapat mengontrol kebutuhan irigasi lansekap yang sesuai dengan kebutuhan | | | | |
| | | | Konsumsi air bersih dengan jumlah tertinggi 80% dari jumlah kebutuhan sesuai dengan peruntukan bangunan (sesuai SNI) | X3.2 | Mengurangi Pemakaian Air | GBC Indonesia : 2010 ASHRAE : 1996 | LEED : 2004, BEER Sam C M Hui :2002 18 |
| | | | Penggunaan water fixture yang sesuai dengan kapasitas buangan dibawah standar pada tekanan air | X3.3 | Pemilihan Alat Pengatur Keluaran Air (water fixture) | GBC Indonesia : 2010 ASHRAE : 1996 | LEED : 2004, BEER Sam C M Hui :2002 19 |

Sambungan Tabel 5.1 Instrumen Penelitian Arsitektur Berkelanjutan

| | | | | | | | | |
|--|----|-----------------------------------|---|------|---|--|---|----|
| | | | Instalasi tangki penyimpanan air hujan dengan berkapasitas 50% dari jumlah air hujan yang jatuh di atas atap bangunan sesuai dengan kondisi intensitas curah hujan setempat | X3.4 | Mengumpulkan Air | GBC Indonesia : 2010 ASHRAE : 1996 M Hui :2002 | LEED : 2004, BEER Sam C | 20 |
| | | | Merencanakan instalasi daur ulang air dengan kapasitas yang cukup untuk kebutuhan seluruh sistem flushing, irigasi dan make up water cooling tower (jika ada) | X3.4 | Mendaur Ulang Air | GBC Indonesia : 2010 ASHRAE : 1996 M Hui :2002 | LEED : 2004, BEER Sam C | 21 |
| | | | Menggunakan salah satu dari tiga alternatif berikut : air kondensasi AC, air bekas wudhu, atau air hujan | X3.5 | Sumber Air Alternatif | GBC Indonesia : 2010 ASHRAE : 1996 M Hui :2002 | LEED : 2004, BEER Sam C | 22 |
| | X4 | Sumber dan Siklus Material | Menggunakan bagian struktur gedung lama (pondasi, balok, kolom, plat beton, sebagai bagian bangunan baru, setara minimal 50% dari total biaya struktur bangunan baru Menggunakan kembali semua material bekas baik berupa struktur beton, bahan façade, plafond, partisi, kusen, dinding dll setara minimal 5 % dari total biaya pembangunan gedung baru | X4.1 | Penggunaan Kembali Gedung dan matrial Bekas | GBC Indonesia : 2010 ASHRAE : 1996 M Hui :2002 | LEED : 2004, BEER Sam C James Steele : 1997 | 23 |

Sambungan Tabel 5.1 Instrumen Penelitian Arsitektur Berkelanjutan

| | | | | | | | |
|--|----|-------------------------------------|---|------|---|--|----|
| | | | Menggunakan material dari pabrik yang bersertifikat ISO 14001 minimal setara 30% dari total biaya pembangunan gedung | X4.2 | Produk yang proses pembuatannya Ramah Lingkungan | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 BEER Sam C M Hui :2002 James Steele : 1997 | 24 |
| | | | Menggunakan material yang merupakan proses daur ulang minimal setara 30% total biaya pembangunan gedung | | | | |
| | | | Menggunakan material yang lokasi asal bahan baku utama dan pabrikasinya berada di dalam radius 1000 km dari lokasi proyek | X4.3 | Matrial yang Tersedia dari Tempat yang Berdekatan | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 BEER Sam C M Hui :2002 James Steele : 1997 | 25 |
| | | | Material berasal dari wilayah Republik Indonesia | | | | |
| | | | Menggunakan bahan material kayu yang bersertifikat legal dan sah setara 100% biaya total material kayu | X4.4 | Kayu Bersertifikasi | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 BEER Sam C M Hui :2002 James Steele : 1997 | 26 |
| | X5 | Kualitas Udara dan Kenyamanan Ruang | Desain ruangan yang menunjukkan adanya introduksi udara luar sebesar 10 cfm/orang Air Change Rate | X5.1 | Introduksi Udara Luar | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 27 |

Sambungan Tabel 5.1 Instrumen Penelitian Arsitektur Berkelanjutan

| | | | | | | | |
|--|----|--------------------------------------|--|------|---|---|----|
| | | | Instalasi sensor CO2 yang memiliki mekanisme untuk menggerakkan ventilasi udara luar sehingga konsentrasi CO2 di dalam ruangan tidak lebih dari 1000 ppm | | | | |
| | | | Memasang tanda dilarang merokok dan menyediakan ruang merokok yang dilengkapi dengan sistem exhaust dan pintu ganda | X5.2 | Pengendalian Lingkungan Atas Asap Rokok | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 28 |
| | | | Tidak menggunakan bahan material yang mengandung bahan merkuri berbahaya | X5.3 | Polutan Kimia | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 29 |
| | | | Tingkat kebisingan tidak lebih dari 45 dBA | X5.4 | Tingkat Kebisingan di dalam Ruangan | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 30 |
| | | | Kondisi Termal yang dikondisikan suhu minimal 25 C dan kelembaban relatif maksimal 60% | X5.5 | Kenyamanan Termal Ruangan | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004, ASHRAE : 1996 | 31 |
| | | | Pengguna bangunan dapat melihat langsung pemandangan di luar bangunan | X5.6 | Pemandangan ke Luar Ruangan | GBC Indonesia : 2010 LEED : 2004 | 32 |
| | X6 | Manajemen Lingkungan Bangunan | Adanya instalasi atau fasilitas untuk memilah dan mengumpulkan sampah berdasarkan jenis organik dan anorganik | X6.1 | Pengelolaan Sampah | GBC Indonesia : 2010, ASHARE : 1996 | 33 |
| | | | Mengukur kenyamanan pengguna | X6.2 | Survey Kepada | GBC Indonesia : 2010, ASHARE : | 34 |

Sambungan Tabel 5.1 Instrumen Penelitian Arsitektur Berkelanjutan

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|------|--|-------------------------------------|----|
| | | | gedung melalui survey yang baku terhadap pengaruh desain dan sistem pengoprasian gedung | | Pengguna Gedung | 1997 | |
| | | | Mendorong adanya pengawasan dan pencatatan kinerja sistem pengoprasian gedung dalam lingkup internal dan internasional | X6.3 | Penyerahan Data IKE ke Database | GBC Indonesia : 2010, ASHARE : 1998 | 35 |
| | | | Melaksanakan komisioning sistem yang baik dan benar dari sistem tata udara, sistem distribusi air bersih, sistem tata cahaya, dan sistem transportasi dalam gedung | X6.4 | Komisioning Sistem dengan Baik dan Benar | GBC Indonesia : 2010, ASHARE : 1999 | 36 |
| | | | Merencanakan manajemen kegiatan konstruksi agar tidak terjadi kerusakan baik yang bersifat sementara maupun permanen pada area di sekitar lokasi pembangunan | X6.5 | Manajemen Aktivitas Konstruksi | GBC Indonesia : 2010, ASHARE : 2000 | 37 |
| | | | Melibatkan tenaga ahli yang sudah tersertifikasi, yang bertugas mengarahkan berjalanya proyek, sejak tahap perancangan desain | X6.6 | Melibatkan Accredited Professional sejak Tahap Perancangan | GBC Indonesia : 2010, ASHARE : 2001 | 38 |

Tabel 5.2 Instrumen Penelitian Kualitas Ekonomi Bangunan

| VARIABEL | | SUB VARIABEL | DESKRIPSI | | INDIKATOR | REFERENSI | NO ITEM |
|---------------------------|----|---------------------------------------|--|------|---|--|---------|
| KUALITAS EKONOMI BANGUNAN | Y1 | Biaya Investasi dan Penggantian Modal | Biaya pembebasan tanah | Y1.1 | Biaya pembebasan tanah | Thorbjoern Mann : 1992, Tim mearig,AIA, Nathan Coffee, Michael morgan, PMP : 1999, Fuller, Sieglinde : 2009, Jutta Schade : 2007 | 1 |
| | | | Biaya pengembangan, site investigasi, pekerjaan utilitas awal, | Y1.2 | Biaya Pengembangan | Thorbjoern Mann : 1992, Tim mearig,AIA, Nathan Coffee, Michael morgan, PMP : 1999 | 2 |
| | | | Feasibility study, fee konsultan, dan tenaga ahli lainnya | Y1.3 | Biaya Perancangan dan Manajemen Konstruksi | Benjamin S. Blanchard, walter J. Fabrycky : Third Edition, Tim mearig,AIA, Nathan Coffee, Michael morgan, PMP : 1999 | 3 |
| | | | Biaya pembersihan, pematangan lahan, dan pekerjaan lansekap (parkir, taman, dll) | Y1.3 | Biaya Pembersihan, Pematangan Lahan, dan lansekap | Thorbjoern Mann : 1992 | 4 |
| | | | Biaya pemeliharaan dan perawatan lahan sebelum | Y1.4 | Biaya Pemeliharaan dan Perawatan Lahan | Thorbjoern Mann : 1992 | 5 |

Sambungan Tabel 5.2 Instrumen Penelitian Kualitas Ekonomi Bangunan

| | | | | | | | |
|--|----|-----------------------------------|--|------|---------------------------|---|----|
| | | | Biaya konstruksi bangunan yang di bangun di site yang telah melalui pembersihan dan pematangan | Y1.5 | Biaya Konstruksi Bangunan | Thorbojern Mann : 1992, Tim mearig,AIA, Nathan Coffee, Michael morgan, PMP : 1999 | 6 |
| | | | Biaya perijinan untuk mendirikan bangunan ke dinas tata kota | Y1.6 | Biaya Perijinan | Thorbojern Mann : 1992 | 7 |
| | | | Biaya operasional kantor, administrasi dan gaji karyawan | Y1.7 | Biaya Overhead | Thorbojern Mann : 1992, Tim mearig,AIA, Nathan Coffee, Michael morgan, PMP : 1999 | 8 |
| | | | Biaya yang dianggarkan untuk cadangan, dan hal-hal yang tidak terduga | Y1.8 | Biaya Contingency | Thorbojern Mann : 1992, Tim mearig,AIA, Nathan Coffee, Michael morgan, PMP : 1999 | 9 |
| | Y2 | Biaya Energi | Biaya penggunaan listrik (PLN) | Y2.1 | Biaya listrik | Fuller, Sieglinde : 2009 | 10 |
| | | | Biaya bahan bakar berupa minyak bumi, batu-bara, dll | Y2.2 | Biaya bahan bakar | Jutta Schade : 2007 | 11 |
| | Y3 | Biaya Air | Biaya penggunaan air (PDAM) | Y3.1 | Biaya Air | Fuller, Sieglinde : 2009 | 12 |
| | Y4 | Biaya Operasional Non Bahan Bakar | Biaya pengelolaan sampah, penjagaan gedung, lahan, biaya sewa dan biaya asuransi | Y4.1 | Biaya Operasional | Fuller, Sieglinde : 2009, Benjamin S. Blanchard, walter J. Fabrycky : Third Edition, Jutta Schade : | |

Sambungan Tabel 5.2 Instrumen Penelitian Kualitas Ekonomi Bangunan

| | | | | | | | |
|--|----|-------------------------------|--|------|-----------------|--|----|
| | | | | | | 2007 | |
| | Y5 | Biaya Perawatan dan Perbaikan | Biaya perawatan setiap elemen bangunan yang telah dijadwalkan dalam periode tertentu, dan perawatan tambahan diluar biaya perawatan berkala. | Y5.1 | Biaya Perawatan | Fuller, Sieglinde : 2009, Benjamin S. Blanchard, walter J. Fabrycky : Third Edition, Jutta Schade : 2007 | 13 |
| | | | Biaya perbaikan setiap elemen bangunan | Y5.2 | Biaya Perbaikan | Fuller, Sieglinde : 2009, Benjamin S. Blanchard, walter J. Fabrycky : Third Edition, Jutta Schade : 2007 | 14 |
| | Y6 | Nilai Sisa | Nilai sisa bangunan, nilai jual kembali, dikurangi biaya pembangunan | Y6 | Nilai Sisa | Fuller, Sieglinde : 2009, Benjamin S. Blanchard, walter J. Fabrycky : Third Edition, Jutta Schade : 2007 | 15 |

Dari variable-variabel diatas, maka disusunlah kerangka kuesioner yang akan disebarakan kepada para responden. Adapun hasil klarifikasi, verifikasi serta validasi pakar, menyatakan bahwa variable-variabel diatas dapat diterapkan dalam pertanyaan kuesioner, karena telah mengikuti acuan yang ada, yaitu greenship yang disusun oleh Green Building Council Indonesia (GBCI).

5.3 INFORMASI UMUM RESPONDEN

5.3.1 Tingkat Responden Terhadap Kuesioner

Sample responden yang digunakan dalam penelitian ini, dengan menggunakan teknik *non probability sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel yang tidak member peluang/kesempatan yang sama bagi setiap unsure atau anggota populasi untuk dipilih menjadi sampel. *Sampling purposeive* adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu. (Sugiyono: 2007). Berikut merupakan tabel tingkat respon terhadap kuesioner :

Tabel 5.3 Tingkat Respon terhadap Kuesioner

| | Jumlah | Prosentase |
|----------------------|--------|------------|
| Hilang/Tidak Kembali | 9 | 18% |
| Valid | 41 | 82% |
| Total | 50 | 100% |

(Sumber : Hasil Olahan)

Dari 53 kuesioner yang telah disebar pada stake holder industri bangunan, 41 kuesioner kembali atau tingkat respon terhadap kuesioner yaitu 81 %, penyebaran kuesioner dilakukan dalam 2 bulan, dan pengembalian kuesioner dari responden membutuhkan waktu 1 bulan. Hasil jawaban dari responden tersebut akan dianalisa lebih lanjut.

5.3.2 Data Responden

Data responden dibagi menjadi 4 kategori, yaitu perusahaan tempat responden bekerja, pendidikan terakhir, jabatan responden dalam perusahaan, serta lama/pengalaman bekerja yang akan dijelaskan dibawah ini :

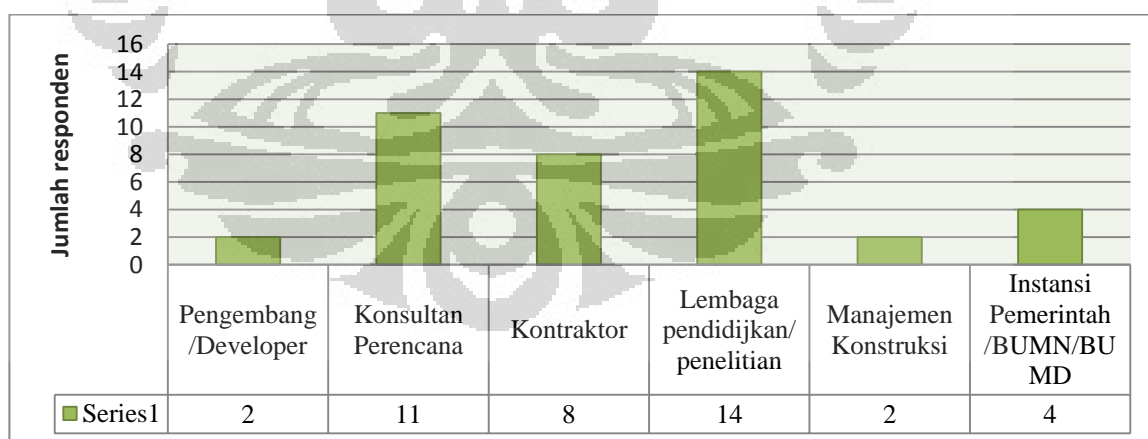
5.3.2.1 Perusahaan Tempat Responden Bekerja

Pertanyaan pertama dari kuesioner adalah mengenai perusahaan tempat responden bekerja. Pertanyaan ini didesain agar peneliti dapat mengetahui latar belakang bidang pekerjaan dari responden. Pada pertanyaan ini peneliti mengelompokkan pekerjaan stake holder industri bangunan dalam 5 kategori, yaitu konsultan perencana, kontraktor, manajemen konstruksi, lembaga pendidikan/penelitian, dan instansi pemerintah. Adapun hasil dari jawaban responden adalah sebagai berikut

Tabel 5.4 Perusahaan Tempat Responden Bekerja

| | | Jumlah | Prosentase |
|----|-----------------------------------|--------|------------|
| X1 | Pengembang/Developer | 2 | 4,9% |
| X2 | Konsultan Perencana | 11 | 26,8% |
| X3 | Kontraktor | 8 | 19,5% |
| X4 | Lembaga pendidikan/ penelitian | 14 | 34,1% |
| X5 | Manajemen konstruksi | 2 | 4,9% |
| X6 | Instansi Pemerintah/ BUMN/BUMD | 4 | 9,8% |
| | Total | 41 | 100% |

(Sumber : Hasil Olahan)



Gambar 5.1 Perusahaan Tempat Responden Bekerja

(Sumber : Hasil Olahan)

Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui bahwa responden berasal dari berbagai latar belakang. Pengembang/developer sebanyak 2 orang (5%), konsultan

perencana sebanyak 11 orang (27%), kontraktor sebanyak 8 orang (20%), lembaga penelitian dan pendidikan sebanyak 14 orang (34%), manajemen konstruksi sebanyak 2 orang (5%) dan instansi pemerintah BUMN/BUMD sebanyak 4 orang (10%). Responden yang paling banyak memberikan respon adalah responden dengan latar belakang pekerjaan lembaga penelitian dan pendidikan, yaitu sebesar 34%.

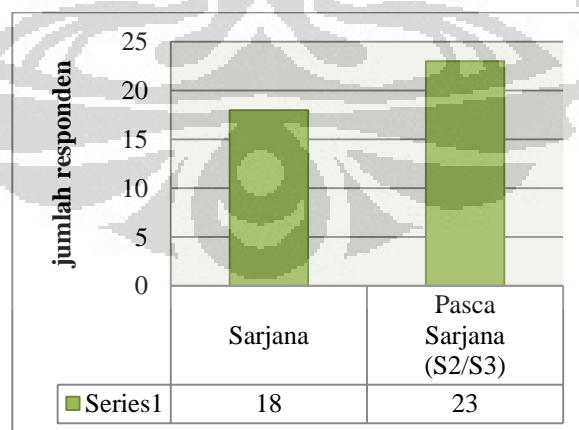
5.3.2.2 Pendidikan Terakhir

Pertanyaan ini bertujuan untuk mengetahui pendidikan terakhir dari masing-masing responden. Pertanyaan ini didesain agar peneliti mengetahui latar belakang/tingkat pendidikan terakhir responden. Pertanyaan ini mengelompokkan responden menjadi 2 kategori, yaitu sarjana (S1) dan pascasarjana (S2 dan S3). Adapun hasil dari jawaban responden adalah sebagai berikut :

Tabel 5.5 Pendidikan Terakhir Responden

| | | Jumlah | Prosentase |
|----|-----------------------|--------|------------|
| X7 | Sarjana (S1) | 18 | 43,9% |
| X8 | Pasca sarjana (S2/S3) | 23 | 56,1% |
| | Total | 41 | 100% |

(Sumber : Hasil Olahan)



Gambar 5.2 Pendidikan Terakhir Responden

(Sumber : Hasil Olahan)

Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui bahwa sebagian besar responden memiliki latar belakang pendidikan pasca sarjana (S2, dan S3). Sebanyak 18 orang memiliki latar belakang pendidikan S1 (44%) dan responden dengan pendidikan terakhir pasca sarjana S2, dan S3 sebanyak 23 orang (56%)

5.3.2.3 Jabatan

Pertanyaan ini bertujuan untuk mengetahui jabatan dari masing-masing responden, sehingga dapat diketahui secara pasti posisi responden dalam industri bangunan.

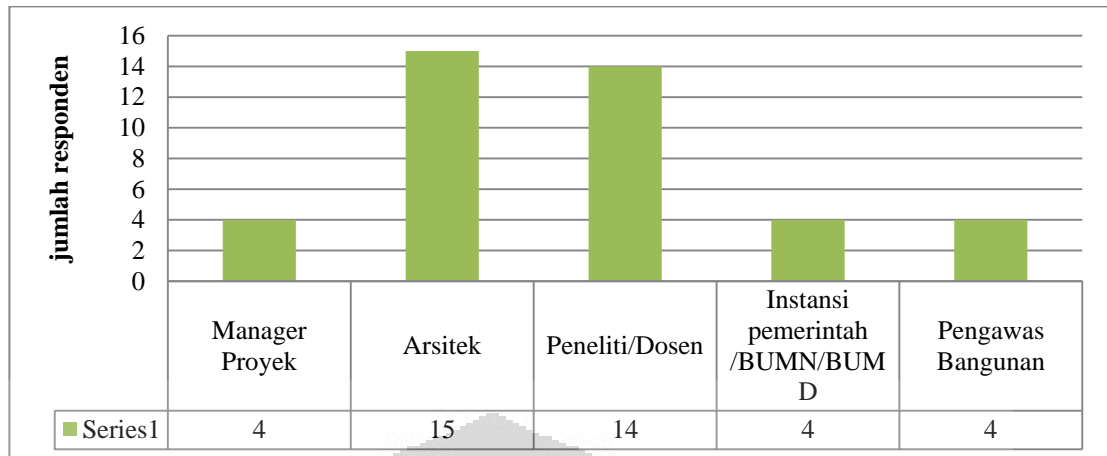
Pada pertanyaan ini responden menjawab dengan cara mengisi posisi jabatan pada saat ini, kemudian peneliti mengelompokan dalam 5 kategori, yaitu manager proyek, arsitek, peneliti/dosen, instansi pemerintah dan pengawas bangunan. Adapun hasil dari jawaban responden adalah sebagai berikut :

Tabel 5.6 Jabatan Responden

| | | Jumlah | Prosentase |
|-----|----------------------------------|--------|------------|
| X9 | Manager Proyek | 4 | 9,8% |
| X10 | Arsitek | 15 | 36,6% |
| X11 | Peneliti/Dosen | 14 | 34,1% |
| X12 | Instansi Pemerintah BUMN/BUMD | 4 | 9,8% |
| X13 | Pengawas Bangunan | 4 | 9,8% |
| | Total | 41 | 100% |

(Sumber : Hasil Olahan)

Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui bahwa sebanyak 4 (10%) responden menjabat sebagai manager proyek, arsitek sebanyak 15 (37%) responden. Peneliti/dosen sebanyak 14 (34%) responden. Pegawai instansi pemerintah BUMN/BUMD sebanyak 4 (10%) dan pengawas bangunan sebanyak 4 (10%). Walaupun responden berasal dari latar belakang perusahaan yang berbeda-beda, tetapi responden terbanyak adalah arsitek dan dosen/peneliti.



Gambar 5.3 Jabatan Responden

(Sumber : Hasil Olahan)

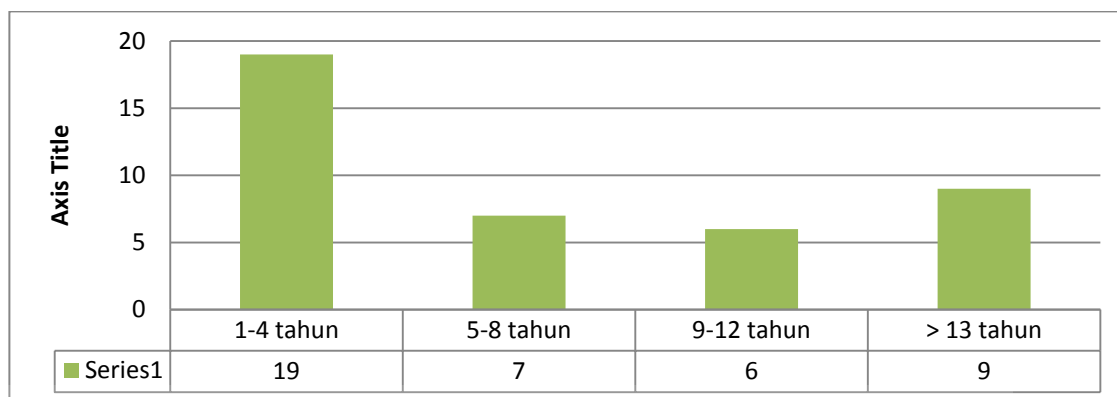
5.3.2.4 Lama Bekerja/Pengalaman Kerja

Pertanyaan ini bertujuan untuk mengetahui lama bekerja/pengalaman kerja dari masing-masing responden dalam industri bangunan. Adapun hasil dari jawaban responden adalah sebagai berikut :

Tabel 5.7 Pengalaman Kerja

| | | Jumlah | Prosentase |
|-----|------------|--------|------------|
| X14 | 1-4 tahun | 19 | 46,3% |
| X15 | 5-8 tahun | 7 | 17,1% |
| X16 | 9-12 tahun | 6 | 14,6% |
| X17 | > 13 tahun | 9 | 22,0% |
| | Total | 41 | 100% |

(Sumber : Hasil Olahan)



Gambar 5.4 Pengalaman Kerja Responden

(Sumber : Hasil Olahan)

Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui bahwa sebanyak 19 (46%) responden memiliki pengalaman kerja 1-4 tahun. Responden yang memiliki pengalaman 5-8 tahun sebanyak 7 (17 %) responden. Sebanyak 6 (16%) responden memiliki pengalaman 9-12 tahun, dan 9 (22%) responden memiliki pengalaman >13 tahun. Responden terbanyak adalah responden dengan pengalaman paling minim, yaitu 1-4 tahun sebanyak 19 (46%) responden, dan responden dengan pengalaman paling tinggi, yaitu >13 tahun, sebanyak 9 orang (22%).

5.4 ANALISA DATA

Pada bab ini semua data akan disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik. Pada sub bab ini akan disajikan ilustrasi serta hasil jawaban responden terhadap kuesioner.

5.4.1 Pemahaman Arsitektur Berkelanjutan

Pertanyaan pada bagian kedua, yaitu tentang pemahaman responden terhadap arsitektur berkelanjutan.

Pertanyaan pertama pada bagian ini adalah untuk mengetahui pemahaman responden terhadap konsep dasar perancangan , dengan pendekatan green building.

Salah satu tools untuk mengukur green building adalah Green Building Rating System. Green Building Rating System yang dirumuskan di satu negara belum

tentu dapat diaplikasikan di negara lain, karena birokrasi dan peraturan yang diterapkan pada setiap negara berbeda-beda. Kondisi alam tiap negara juga berbeda, bahkan perbedaan terjadi pada setiap wilayah, sehingga dibutuhkan penyesuaian dalam penerapan konsep perancangan. Kondisi sosial budaya, agama dan tingkat pemahaman stakeholder industri bangunan dan masyarakat pada umumnya juga turut memegang peranan penting.

Walaupun penyusunan rating system pada setiap negara berbeda-beda, tetapi konsep dasarnya tetap sama, yaitu Tepat Guna Lahan (*Appropriate Site Development/ASD*), Efisiensi Energi & Refrigeran (*Energi Efficiency & Refrigerant/E,ER*), Konservasi Air (*Water Conservation/WAC*), Sumber & Siklus Material (*Material Resources & Cycle/MRC*), Kualitas Udara & Kenyamanan Udara (*Indoor Air Health & Comfort/IHC*), dan Manajemen Lingkungan Bangunan (*Building & Enviroment Management*).

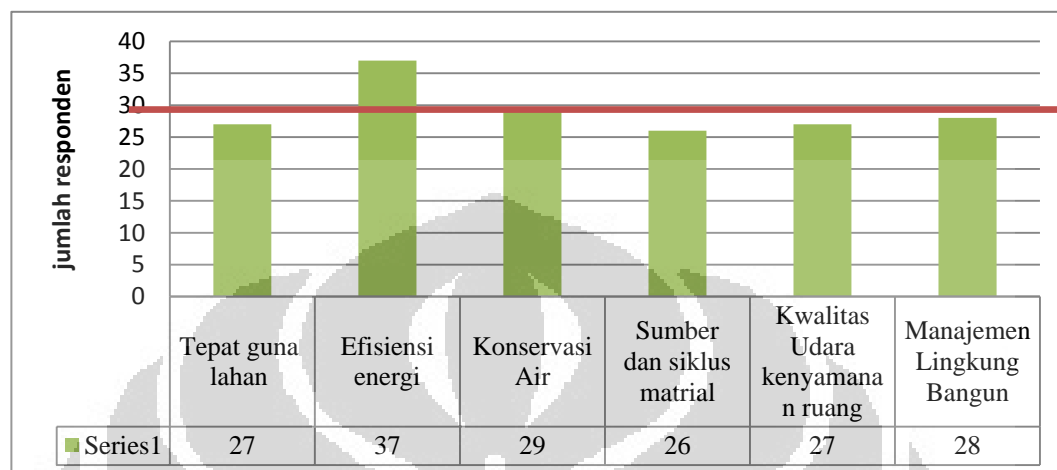
Dari jawaban responden, atas pertanyaan pertama, tentang implementasi konsep dalam perancangan bangunan, adalah sebagai berikut :

Tabel 5.8 Konsep Dasar Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

| | | Jumlah | PersentaseFaktor Dominan |
|-----------|---|--------|-----------------------------|
| X18 | Tata Guna Lahan | 27 | 65,9% |
| X19 | Efisiensi Energi | 37 | 90,2% |
| X20 | Konservasi Air | 29 | 70,7% |
| X21 | Sumber dan siklus matrial | 26 | 63,4% |
| X22 | Kualitas udara dan kenyamanan ruang | 27 | 65,9% |
| X23 | Manajemen Lingkung Bangun | 28 | 68,3% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 174 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia,N | | 6 |
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | | 29 |
| Simpangan | Total Jumlah Respon X | | 174 |
| | Total Jumlah Respon Seharusnya | | 246 |

| | |
|-------------------------|-------|
| Persentase Penyimpangan | 29,3% |
| Total Responden | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.5 Konsep Perencanaan Arsitektur Berkelanjutan

(Sumber : Hasil Olahan)

Grafik di atas menggambarkan bahwa faktor dominan dari konsep perancangan arsitektur berkelanjutan menurut para responden adalah efisiensi energi. 37 responden menjawab bahwa efisiensi energi (90,2 %). Konservasi air juga merupakan faktor dominan, 29 responden menjawab konservasi air (70,7 %) sebagai faktor dominan di atas rata-rata jawaban responden. Berdasarkan grafik di atas, dapat dikumpulkan bahwa responden masih ada yang belum mengetahui keseluruhan dari konsep. Terjadi penyimpangan pengetahuan responden terhadap konsep dasar sebesar 29%

Pertanyaan kedua pada bagian ini adalah untuk mengetahui pemahaman responden terhadap tujuan dari perancangan arsitektur berkelanjutan.

Tujuan dari perancangan arsitektur berkelanjutan menurut (Carl-Alexander Graubner : 2009) adalah perlindungan terhadap lingkungan, perlindungan terhadap sumber daya alam, reduksi Life Cycle Cost (LCC), Preservasi nilai ekonomi, kenyamanan dan kesehatan dalam bangunan dan preservasi nilai sosial budaya.



Gambar 5.6 Tujuan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

Sumber : German Sustainable Building Quality Label, Jerman: Technische Universitat Darmstadt

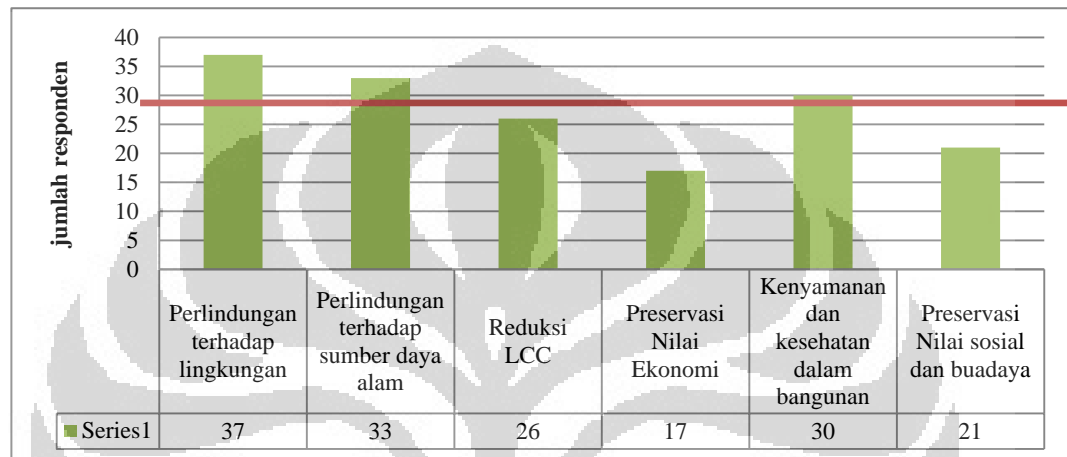
Dari jawaban responden, atas pertanyaan kedua, tentang dari perancangan arsitektur berkelanjutan dalam perancangan bangunan, adalah sebagai berikut :

Tabel 5.9 Tujuan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

| | | Jumlah | Persentase Faktor Dominan |
|------|---|--------|---------------------------|
| X24 | Perlindungan terhadap lingkungan | 37 | 90,2% |
| X25 | Perlindungan terhadap sumber daya alam | 33 | 80,5% |
| X26 | Reduksi Life Cycle Cost (LCC) | 26 | 63,4% |
| X27 | Preservasi nilai ekonomi | 17 | 41,5% |
| X28 | Kenyamanan dan kesehatan dalam bangunan | 30 | 73,2% |
| X29 | Preservasi nilai sosial | 21 | 51,2% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 167 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia,N | | 6 |

| | | |
|-----------|---|-------|
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | 27,8 |
| Simpangan | Total Jumlah Respon X | 164 |
| | Total Jumlah Respon Seharusnya | 246 |
| | Persentase Penyimpangan | 33,3% |
| | Total Responden | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.7 Tujuan Perancangan

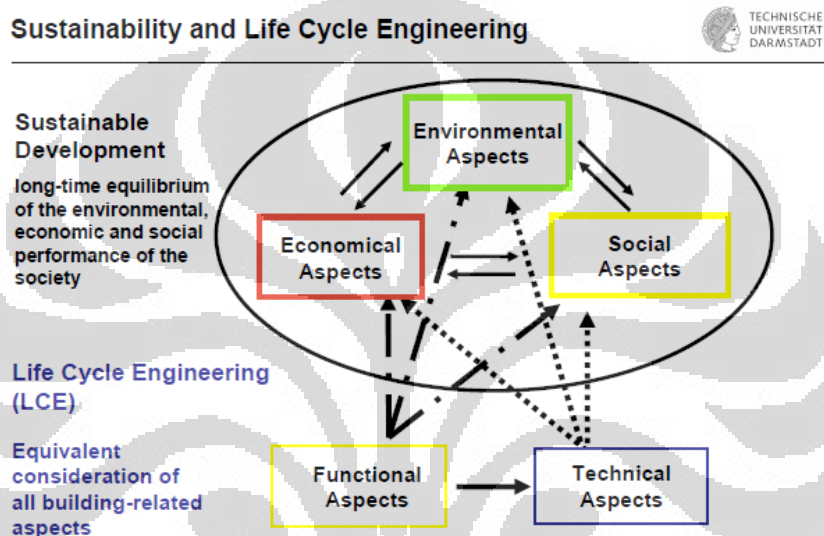
Sumber : Hasil Olahan

Grafik di atas menggambarkan bahwa tujuan dari perancangan arsitektur berkelanjutan yang paling dominan menurut responden adalah perlindungan terhadap lingkungan. 37 responden menjawab bahwa tujuan dari perancangan arsitektur berkelanjutan adalah perlindungan terhadap lingkungan (90,2 %). Selain itu, perlindungan terhadap sumber daya alam (80,5%), dan kenyamanan dan kesehatan dalam bangunan (73,2%) juga termasuk sebagai faktor dominan diatas rata-rata jawaban responden

Tujuan dari perancangan yang dibawah rata-rata jawaban responden adalah reduksi Life Cycle Cost (LCC), preservasi nilai belum memahami tujuan perancangan secara keseluruhan. Tujuan yang paling diketahui responden adalah dari aspek lingkungan, sedangkan aspek sosial dan ekonomi masih belum dipahami secara baik.

Pertanyaan ketiga pada bagian ini adalah untuk mengetahui pemahaman responden terhadap hubungan antara aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan dari perancangan arsitektur, terhadap Life Cycle engineering (LCE) melalui aspek fungsional dan teknis bangunan.

Menurut (Carl-Alexander Graubner : 2009) setiap aspek dalam perancangan , yaitu aspek lingkungan, ekonomi dan sosial. Setiap aspek ini erat kaitanya dengan aspek fungsional dan teknis bangunan.



Gambar 5.8 Sustainability dan Life Cycle Engineering (LCE)

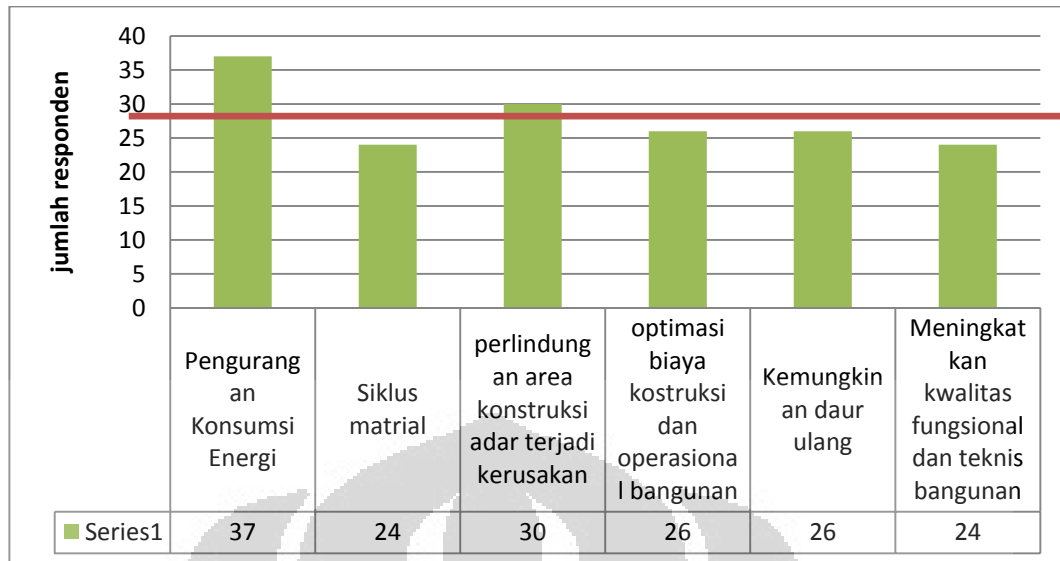
Sumber : German Sustainable Building Quality Label, Jerman: Technische Universitat Darmstadt

Tujuan dari Life Cycle Engineering (LCE) adalah pengurangan konsumsi energi dan kebutuhan material bangunan, menjaga siklus material yang digunakan, perlindungan terhadap area sekitar lahan konstruksi, agar tidak terjadi kerusakan alam, optimaslisasi dalam biaya konstruksi dan operasional bangunan, meningkatnya kemungkinan daur ulang bahan dan material, dan meningkatnya kualitas fungsional dan teknis bangunan. Dari jawaban responden, atas pertanyaan ketiga, adalah sebagai berikut :

Tabel 5.10 Hubungan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan dengan Life Cycle Engineering (LCE)

| | | Jumlah | Persentase Faktor Dominan |
|-----------|--|--------|---------------------------|
| X30 | Pengurangan konsumsi energi dan kebutuhan matrial bangunan | 37 | 90,2% |
| X31 | Menjaga siklus matrial yang digunakan | 24 | 58,5% |
| X32 | Perlindungan terhadap area sekitar lahan konstruksi | 30 | 73,2% |
| X33 | Optimisasi dalam biaya konstruksi dan operasional bangunan | 26 | 63,4% |
| X34 | Meningkatnya kemungkinan daur ulang bahan dan matrial | 26 | 63,4% |
| X35 | Meningkatnya kualitas fungsional dan teknis bangunan | 24 | 58,5% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 167 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia, N | | 6 |
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | | 27,8 |
| Simpangan | Total Jumlah Respon X | | 167 |
| | Total Jumlah Respon Seharusnya | | 246 |
| | Persentase Penyimpangan | | 32,1% |
| | Total Responden | | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.9 Hubungan Perancangan dengan Life Cycle Engineering (LCE)

Sumber : Hasil Olahan

Grafik di atas menggambarkan bahwa LCE bangunan paling dominan menurut responden adalah perlindungan terhadap lingkungan. 37 responden menjawab bahwa LCE yang paling dominan adalah pengurangan konsumsi energi (90,2 %). Selain itu, perlindungan terhadap area sekitar lahan konstruksi, agar tidak terjadi kerusakan alam juga termasuk sebagai faktor dominan di atas rata-rata jawaban responden

LCE yang masih dibawah rata-rata adalah menjaga siklus matrial yang digunakan, optimaslisasi dalam biaya konstruksi dan operasional bangunan, meningkatnya kemungkinan daur ulang bahan dan matrial, dan meningkatnya kualitas fungsional dan teknis bangunan masih belum dianggap LCE yang menjadi pertimbangan dalam perancangan arsitektur berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa responden masih menitikberatkan pada pengurangan konsumsi energi dan perlindungan terhadap lingkungan, tanpa mempertimbangkan aspek-aspek lainnya yang berkaitan dan terintegrasi satu-sama lain.

Tabel 5.11 Pemahaman Arsitektur Berkelanjutan Responden

| | Pemahaman arsitektur berkelanjutan | Faktor Dominan (jawaban diatas rata-rata) | Faktor Tidak Dominan (jawaban dibawah rata-rata) |
|---|--|--|--|
| 1 | Konsep dasar perancangan arsitektur berkelanjutan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Efisiensi Energi 2. Konservasi Air | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tepat Guna Lahan 2. Sumber dan siklus matrial 3. Kualitas udara dan kenyamanan ruang 4. Manajemen lingkungan bangun |
| 2 | Tujuan perancangan arsitektur berkelanjutan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Perlindungan terhadap lingkungan 2. Perlindungan terhadap sumber daya alam 3. Kenyamanan dan kesehatan bangunan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Reduksi Life Cycle Cost (LCC) 2. 3. Preservasi nilai ekonomi Preservasi nilai sosial budaya |
| 3 | LCE yang berkaitan dengan perancangan arsitektur berkelanjutan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengurangan konsumsi energi dan kebutuhan matrial bangunan 2. Perlindungan terhadap area sekitar lahan konstruksi, agar tidak terjadi kerusakan alam | <ol style="list-style-type: none"> 1. Menjaga siklus matrial yang digunakan 2. Optimalisasi biaya dalam pekerjaan konstruksi dan operasional bangunan 3. Meningkatkan kemungkinan daur ulang bahan dan matrial 4. Meningkatkan kualitas fungsional dan teknis bangunan |

Sumber : Hasil Olahan

Hasil survey kuesioner terhadap stake holder industri bangunan di Indonesia, diketahui faktor dominan, diatas rata-rata jawaban responden adalah *efisiensi energi dan konservasi air*, sedangkan faktor yang tidak dominan atau dibawah rata-rata jawaban responden adalah tepat guna lahan, sumber dan siklus matrial, kualitas udara dan kenyamanan ruang, dan manajemen lingkungan bangun. Terjadi

penyimpangan sebesar 29% dari jawaban responden yang tidak sesuai dengan teori.

Menurut pakar 1, yang berlatar belakang arsitek, dan ketua kehormatan Ikatan Arsitek Indonesia (IAI Jakarta). Arsitektur berkelanjutan di Indonesia sebenarnya bukanlah sesuatu yang baru, sudah banyak orang yang paham tentang sustainable arsitektur atau green building, tapi masih secara parsial penerapannya, belum menyeluruh. Pada sistem pengajaran arsitektur di universitas telah diajarkan dasar-dasar dari green building atau sustainable architecture. Bagaimana menempatkan bangunan, menghormati site, orientasi matahari, kenyamanan termal dan lain-lain. Sedangkan menurut pakar 2, ketua Green Building Council Indonesia (GBCI), bahwa perencanaan green building sudah mulai diterapkan di Indonesia, tetapi sebagian besar perencanaan arsitektur berkelanjutan masih secara parsial, hanya secara konsep yang sekiranya bisa dicapai, sehingga belum dapat terintegrasi dengan baik.

Menurut pakar 3, Guru Besar Universitas Indonesia menyatakan bahwa di Indonesia, implementasi perencanaan sustainable arsitektur masih ke arah fisik bangunan, efisiensi energy dan kaitanya dengan menjaga keseimbangan lingkungan menjadi fokus utama, sedangkan untuk aspek soial dan ekonomi belum diperhitungkan secara menyeluruh.

Energi dan air, menjadi faktor dominan menurut hasil survey kuesioner dalam perancangan arsitektur berkelanjutan di Indonesia. Menurut pakar 2, Ketua Green Building Council Indonesia (GBCI), dari semua konsep dasar green buiding, energi menjadi konsep yang paling penting dan mendesak.

Sepuluh dari seluruh konsumsi energi lingkungan buatan merepresentasikan keterkaitanya dengan industri konstruksi (James Steele : 1997 hal 16) [52]. Industri konstruksi beserta arsitektur dan gedung yang berada di dalamnya termasuk ke dalam kelompok industri sekunder yang senantiasa melibatkan *energy producing*. Pernyataan tersebut dikemukakan oleh beberapa anggota AIA (*American Institute Architects*) dan IUA (*International Union of Architects*) pada saat mengajukan addendum atas agenda 21 (James Steele : 1997 hal 8) [53]. Adendum berisi kepedulian mereka terhadap penggunaan secara berlebihan atas *non renewable resources*, atau sumber energi fosil (minyak bumi dan gas).

Fenomena energi global akibat penggunaan berlebihan atas energi bersumber daya migas telah mencapai taraf yang mengharuskan kita, termasuk komunitas arsitektur, untuk turut peduli apabila tidak ingin menghadapi tekanan ekonomi yang lebih besar. (Wanita Subarda Abioso ; 2007). [54]

Selain energi, air perlu diperhatikan dalam perancangan arsitektur berkelanjutan. Kondisi air di wilayah Indonesia sangat unik, Indonesia terdiri dari banyak pulau dan luas daratan lebih kecil dari lautan, dengan kondisi ini, permukaan sumber air tawar menjadi sangat terbatas. Bagi sebagian orang yang tidak memiliki akses ke permukaan air tanah (*surface water bodies*), sering membuat pilihan mengambil air dari air tanah dalam (*ground water*) sehingga terjadi eksploitasi air yang semakin lebih besar. (Imam Anshori : 2004) [55]

Konservasi air merupakan salah satu upaya untuk mencapai pasokan air untuk masa depan. Siklus iklim dan curah hujan di Indonesia, menjadi air hujan terganggu oleh perubahan iklim, pemanasan global, penggundulan hutan, konversi lahan hijau, dan penghancuran lahan basah yang tidak terkendali menyebabkan persediaan air tanah semakin tidak terkendali.

Pola konsumsi air dalam kondisi perkotaan seperti Jakarta membutuhkan 150 liter / orang / hari sedangkan penelitian oleh Pacific Institute (2006) kebutuhan air rata-rata Indonesia adalah sekitar 80 liter / orang / hari. Angka-angka ini sangat boros dibandingkan dengan angka konsumsi air ideal, yaitu 50 liter / orang / hari. Apabila hal ini terus berlangsung, maka persediaan air tanah akan habis. (Green Building Council Indonesia :2010) [56]. Pengelolaan air yang tidak dikelola oleh pemerintah, membuat penduduk secara bebas mengambil air tanah tanpa batas, dan tidak perlu mengeluarkan biaya untuk air yang digunakan. Hal ini menyebabkan konsumsi air yang tidak terkendali dan tanpa batas.

Konsep dasar dari perancangan arsitektur berkelanjutan merupakan hal yang penting untuk diketahui, tetapi tujuan dari perancangan arsitektur berkelanjutan harus dipahami lebih mendasar. Menurut pakar 2, Ketua Green Building Indonesia (GBCI), filosofi dan tujuan harus diketahui terlebih dahulu, sebelum masuk ke ranah teknis.

Menurut (Carl-Alexander Graubner : 2009) tujuan dari perancangan arsitektur berkelanjutan adalah perlindungan terhadap lingkungan, perlindungan terhadap sumber daya alam, reduksi Life Cycle Cost (LCC), Preservasi nilai ekonomi, kenyamanan dan kesehatan dalam bangunan dan preservasi nilai sosial budaya.

Tujuan perancangan arsitektur yang menjadi faktor dominan menurut jawaban responden dan diatas rata-rata adalah *perlindungan terhadap lingkungan dan perlindungan terhadap sumber daya alam, dan kenyamanan dan kesehatan bangunan*. Reduksi Life Cycle Cost (LCC), preservasi nilai ekonomi, dan preservasi nilai budaya masih belum menjadi faktor dominan bagi para responden. Terjadi penyimpangan sebesar 33,3% terhadap teori. Dari jawaban responden, terlihat bahwa aspek sosial berupa preservasi nilai sosial budaya dan aspek ekonomi berupa reduksi Life Cycle Cost (LCC), dan preservasi nilai ekonomi belum menjadi pertimbangan dan perhatian responden dalam perancangan arsitektur berkelanjutan, padahal untuk mencapai perancangan yang sustainable harus seimbang antara aspek lingkungan, ekonomi dan sosial, dan terintegrasi secara baik.

Menurut (Carl-Alexander Graubner : 2009) setiap aspek dalam perancangan arsitektur berkelanjutan, yaitu aspek lingkungan, ekonomi dan sosial. Setiap aspek ini erat kaitanya dengan aspek fungsional dan teknis bangunan. Life Cycle Engineering

Menurut jawaban responden, LCE yang berkaitan langsung dengan perancangan arsitektur berkelanjutan dan menjadi faktor dominan adalah *pengurangan konsumsi energi serta kebutuhan matrial bangunan, dan perlindungan terhadap area konstruksi agar tidak terjadi kerusakan alam*. Menjaga siklus matrial yang digunakan, optimalisasi biaya dalam pekerjaan konstruksi dan operasional bangunan, meningkatkan kemungkinan daur ulang bahan dan matrial, dan meningkatkan kualitas fungsional dan teknis bangunan belum menjadi faktor dominan dalam perancangan arsitektur berkelanjutan. Terjadi penyimpangan sebesar 32,1 % terhadap teori.

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa jawaban responden sangat menitikberatkan perancangan arsitektur berkelanjutan pada aspek lingkungan,

dibandingkan dengan aspek ekonomi dan aspek sosial. Hal ini didasarkan pada jawaban yang responden yang menjadi faktor dominan dan diatas rata-rata aspek lingkungan seperti konsep dasar perancangan yang dominan adalah efisiensi energi dan konservasi air. Tujuan perancangan yang dominan adalah perlindungan terhadap lingkungan dan perlindungan terhadap sumber daya alam, dan kenyamanan dan kesehatan bangunan. LCE yang berkaitan langsung dengan perancangan arsitektur berkelanjutan adalah pengurangan konsumsi energi serta kebutuhan matrial bangunan, dan perlindungan terhadap area konstruksi agar tidak terjadi kerusakan alam.

5.4.2 Pengalaman Penerapan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

Pertanyaan pada bagian ketiga, yaitu tentang pengalaman responden dalam perancangan arsitektur berkelanjutan.

Pertanyaan pertama pada bagian ini adalah untuk mengetahui pengalaman responden dalam perancangan arsitektur berkelanjutan, dengan menanyakan apakah responden pernah terlibat dalam perancangan bangunan yang menggunakan konsep .

Tabel 5.12 Keterlibatan Responden dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

| | | Jumlah | Persentase |
|------|---|--------|------------|
| X36 | Pernah terlibat dalam perancangan | 18 | 43,9% |
| X37 | Belum pernah terlibat dalam perancangan | 23 | 56,1% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 41 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia,N | | 2 |
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | | 20,5 |
| | Total Responden | | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.10 Keterlibatan Responden dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

Sumber : Hasil Olahan

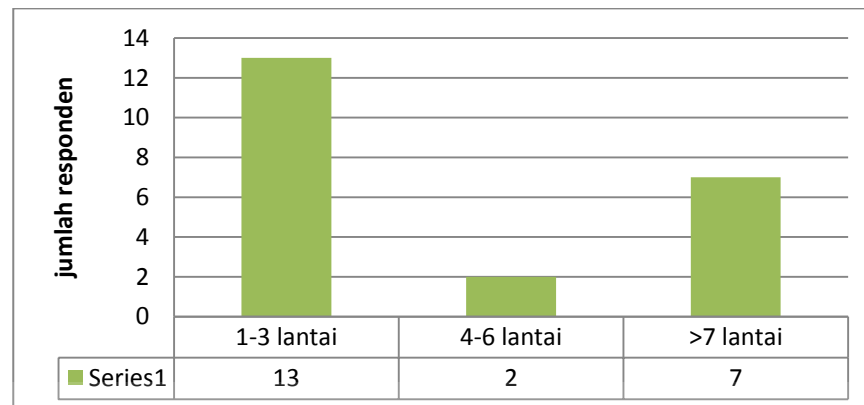
Gambar diatas menunjukkan bahwa 18 (43,9%) responden pernah terlibat dalam perancangan arsitektur berkelanjutan, sedangkan 23 (56,1%) responden belum pernah terlibat dalam perancangan arsitektur berkelanjutan.

Pertanyaan kedua pada bagian ini adalah untuk mengetahui pengalaman responden dalam perancangan arsitektur berkelanjutan , dengan menanyakan bangunan berapa lantai yang pernah direncanakan oleh responden dengan pendekatan .

Tabel 5.13 Kategori Bangunan yang Dirancang oleh Responden

| | | Jumlah | Persentase |
|-----------------|---------------------|--------|------------|
| X38 | Bangunan 1-3 lantai | 13 | 59,1% |
| X39 | Bangunan 4-6 lantai | 2 | 9,1% |
| X40 | Bangunan >7 lantai | 7 | 31,8% |
| Total Responden | | | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.11 Kategori Bangunan yang Dirancang oleh Responden

Sumber : Hasil Olahan

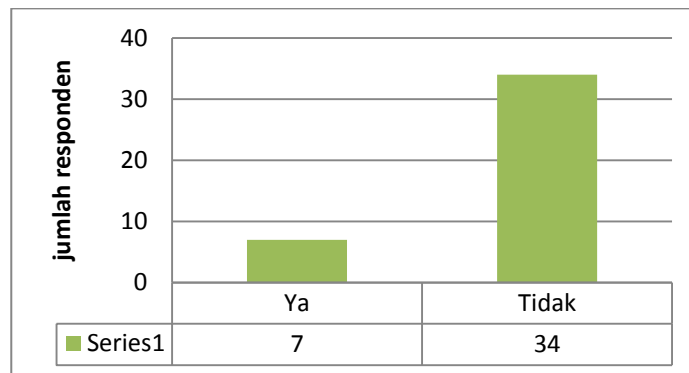
Pada pertanyaan pertama bagian ini telah dijelaskan bahwa hanya 23 responden yang pernah terlibat dalam perancangan . Gambar diatas menunjukkan bahwa dari 23 responden, 13 (59,1%) responden pernah terlibat dalam perancangan arsitektur berkelanjutan untuk bangunan 1-3 lantai, 2 (9,1%) responden terlibat dalam perancangan 4-6 lantai dan sisanya 7 (31,8%) terlibat dalam perancangan bangunan >7 lantai.

Pertanyaan ketiga pada bagian ini adalah untuk mengetahui apakah responden memiliki sertifikasi profesi dalam perancangan arsitektur berkelanjutan dengan pendekatan green building.

Tabel 5.14 Sertifikasi GreenBuilding

| | | Jumlah | Persentase |
|-----------------|----------------------------|--------|------------|
| X41 | Memiliki sertifikasi | 7 | 17,1% |
| X42 | Tidak memiliki sertifikasi | 34 | 82,9% |
| Total Responden | | | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.12 Sertifikasi Green Building

Sumber : Hasil Olahan

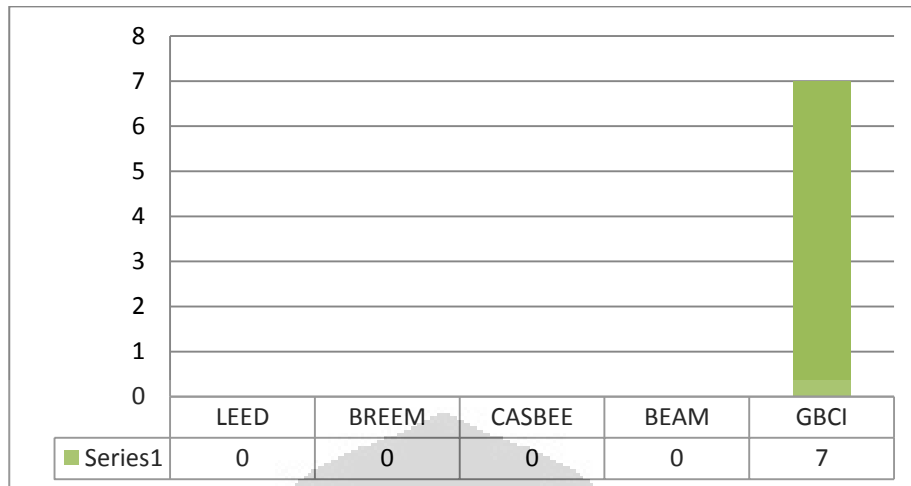
Gambar diatas menunjukkan bahwa hanya 7 (17,1%) responden yang memiliki sertifikasi green building, sedangkan 34 (82,9%) responden masih belum memiliki sertifikasi di bidang green building . Sehingga dapat disimpulkan bahwa sebagian besar stake holder industri bangunan di Indonesia masih belum memiliki sertifikasi, baik yang sudah pernah merencanakan, maupun yang belum pernah merencanakan bangunan dengan konsep green building.

Pertanyaan keempat pada bagian ini adalah untuk mengetahui sertifikasi apa yang dimiliki para responden di bidang green building

Tabel 5.15 Jenis Sertifikasi yang Dimiliki Responden

| | | Jumlah | Persentase |
|---|--------|--------|------------|
| X43 | LEED | 0 | 0% |
| X44 | BREAM | 0 | 0% |
| X45 | CASBEE | 0 | 0% |
| X46 | BEAM | 0 | 0% |
| X47 | GBCI | 7 | 100% |
| Total responden yang memiliki sertifikasi | | 7 | |
| Total Responden | | 41 | |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.13 Jenis Sertifikasi yang Dimiliki Responden

Sumber : Hasil Olahan

Gambar diatas menunjukkan bahwa dari 7 orang yang memiliki sertifikasi, (17,1%), keseluruhan memiliki sertifikasi geenship profesional yang dikeluarkan oleh Green Building Council Indonesia (GBCI).

Sebanyak 43,9% responden pernah terlibat dalam perancangan arsitektur berkelanjutan, sedangkan sisanya 56,1% belum pernah terlibat dalam perancangan arsitektur berkelanjutan. Bangunan yang direncanakan terdiri dari 1-3 lantai sebanyak 59,1 %, 4-6 lantai sebanyak 9,1% dan .7 lantai sebanyak 31,8%. Hanya 17,1% yang telah memiliki sertifikasi di bidang Green Building, dari lembaga Green Building Council Indonesia (GBCI).

Arsitektur berkelanjutan sebenarnya bukan konsep yang baru, tetapi baru beberapa tahun belakangan ini mulai marak dibicarakan oleh berbagai pihak. Saat ini sustainable building sudah menjadi suatu dorongan bagi stake holder industri bangunan untuk menghasilkan proses dan prosedur yang lebih baik. Masalah lingkungan akhirnya dilihat sebagai tanggung jawab sosial dan ekonomi. Stake holder yang mulai paham tentang pentingnya masalah lingkungan, mulai mencari pilihan desain dengan siklus hidup yang lebih baik. [Sandy Halliday : 2008 hal 61) [57]

Menurut pakar 2, *sustainable building* sudah dimulai dengan banyaknya kesadaran masyarakat tentang pentingnya membuat bangunan yang ramah

lingkungan, dengan konsep green building di Indonesia, khususnya di ibukota Jakarta. Info dari Green Building Council Indonesia (GBCI), 19 bangunan kategori bangunan baru (new building), dan 6 bangunan lama (eksisting building) sedang dalam proses sertifikasi oleh GBCI. Bangunan tersebut antara lain, Jakarta Eye Center –Jakarta, Lemigas –Tangerang, Institut Teknologi Sains Bandung – Bekasi, Royal Springhill Apartment –Jakarta, Austrian Embassy – Jakarta, DPRD DKI –Jakarta, Balai Kota DKI –Jakarta dan Ciputra World – Jakarta. Sedangkan untuk kategori bangunan lama (eksisting building), Central Park – Jakarta, Grand Indonesia Mall – Jakarta, Sampoerna Strategic Square –Jakarta, TOTO Office Building- Jakarta, German Centre –Jakarta dan Bakrie Tower –Jakarta. Saat ini belum ada bangunan yang sudah tersertifikasi, semuanya masih dalam proses, baik penilaian maupun perencanaan.

Suvey yang dilakukan BCI Asia terhadap arsitek dan professional di Australia, Asia Tenggara dan China. Tingkat jawaban berdasarkan negara menunjukkan bahwa professional di Indonesia mempunyai perhatian lebih terhadap bangunan hijau, dibandingkan negara-negara lain. Selain memiliki perhatian, profesional di Indonesia juga sangat mengharapkan perkembangan bangunan hijau di Indonesia. Disamping perhatian akan bangunan hijau, pendekatan berkelanjutan untuk bangunan modern adalah fenomena baru di Indonesia. Hanya sebagian kecil saja professional di Indonesia yang memiliki pengalaman dan teknologi di bidang bangunan hijau. (Thor Kerr ; 2008) [61]

Hasil survey yang dilakukan menyatakan bahwa 43,9% responden pernah terlibat dalam perancangan arsitektur berkelanjutan, dan 56,1 % belum pernah terlibat dalam perencanaan tersebut. Kategori bangunan yang pernah dirancang adalah bangunan 1-3 lantai sebanyak 59,1 %, bangunan 4-6 lantai sebanyak 9,1 % dan bangunan >7 lantai sebanyak 31,8%. Dari seluruh responden yang berjumlah 41 responden, hanya 7 responden yang memiliki sertifikasi bangunan hijau atau sebanyak 17,1% responden yang memiliki sertifikasi dari Green Building Council Indonesia (GBCI), sedangkan sisanya sebanyak 34 orang atau 82,9% belum memiliki sertifikasi.

5.4.3 Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

Pada bagian ini akan ditanyakan tentang konsep-konsep dasar dalam perancangan arsitektur berkelanjutan, yang merupakan pembedaan dari aspek-aspek yang dinilai secara signifikan harus menjadi perhatian utama dalam konsep bangunan hijau untuk kelestarian lingkungan dan pembangunan yang berkesinambungan (*sustainability*).

Konsep-konsep dasar yang akan ditanyakan dan dibahas pada bagian ini adalah. Tepat Guna Lahan (*Appropriate Site Development/ASD*), Efisiensi Energi & Refrigeran (*Energi Efficiency & Refrigerant/E,ER*), Konservasi Air (*Water Conservation/WAC*), Sumber & Siklus Material (*Material Resources & Cycle/MRC*), Kualitas Udara & Kenyamanan Udara (*Indoor Air Health & Comfort/IHC*), dan Manajemen Lingkungan Bangunan (*Building & Environment Management*).

Pertanyaan pertama pada bagian ini adalah mengetahui implementasi perancangan Tepat Guna Lahan (Appropriate Site Development/ASD), yang diketahui dan diterapkan oleh responden dalam merencanakan bangunan .

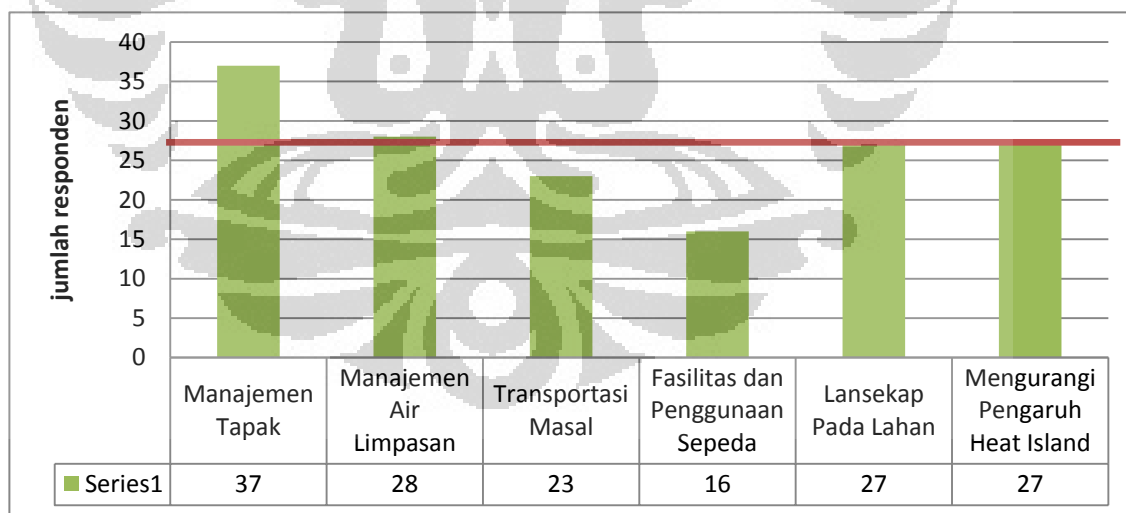
Lingkungan memiliki ambang batas maksimum dalam mendukung kehidupan dan populasi manusia. Pemilihan dan perancangan pembangunan tapak yang mempertimbangkan prinsip-prinsip ekologi serta mengikuti ilmu guna lahan dan bangunan, dapat mengurangi dampak negatif pada lingkungan, meningkatkan kenyamanan manusia dan memberikan kemudahan dalam aktivitas sehari-hari. Dengan demikian, pembangunan yang terjadi diharapkan tidak membebani daya dukung tapak melebihi dari daya dukung maksimumnya.

Tepat Guna Lahan (*Appropriate Site Development/ASD*) seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 (dua) tentang landasan teori, tepat guna lahan diimplementasikan dalam bentuk manajemen tapak, manajemen air limpasan, transportasi masal, fasilitas dan penggunaan sepeda, lansekap pada lahan dan mengurangi pengaruh heat island. Dari jawaban responden, atas pertanyaan pertama pada bagian ini, adalah sebagai berikut :

Tabel 5.16 Penerapan konsep tata guna lahan dalam perancangan arsitektur berkelanjutan

| | | Jumlah | Persentase Faktor Dominan |
|-----------|---|--------|---------------------------|
| X48 | Manajemen Tapak | 37 | 90,2% |
| X49 | Manajemen Air Limpasan | 28 | 68,3% |
| X50 | Transportasi Masal | 23 | 56,1% |
| X51 | Fasilitas dan Penggunaan Sepeda | 16 | 39,0% |
| X52 | Lansekap Pada Lahan | 27 | 65,9% |
| X53 | Mengurangi Heat island | 27 | 65,9% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 158 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia,N | | 6 |
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | | 26,3 |
| Simpangan | Total Jumlah Respon X | | 158 |
| | Total Jumlah Respon Seharusnya | | 246 |
| | Persentase Penyimpangan | | 35,8 % |
| | Total Responden | | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.14 Penerapan konsep tata guna lahan dalam perancangan arsitektur berkelanjutan

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar diatas 37 (90,2%) responden menjawab manajemen tapak, 28 (68,3 %) menjawab manajemen air limpasan dan masing-masing 27 (65,9%) menjawab lansekap pada lahan dan mengurangi pengaruh heat island. Sedangkan 2 kategori lainnya, yaitu transportasi masal dan fasilitas penggunaan sepeda dibawah rata-rata jawaban responden, yaitu 23 (56,1%) responden menjawab transportasi masal, dan 16 (39,0%) responden menjawab fasilitas dan penggunaan sepeda.

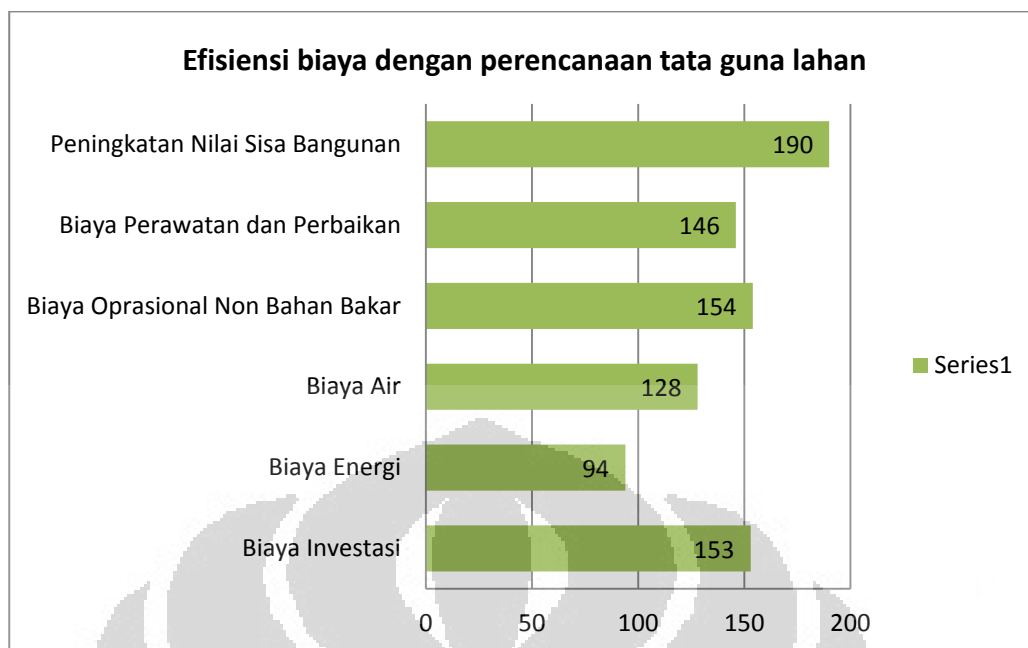
Kategori-kategori di atas adalah kategori yang ditetapkan oleh Green Building Council Indonesia (GBCI), dari semua kategori yang ditanyakan kepada responden, terjadi penyimpangan sebesar 35,8 %.

Pertanyaan kedua pada bagian ini adalah efisiensi biaya yang dapat dilakukan dengan perancangan Tepat Guna Lahan (Appropriate Site Development/ASD

Perancangan tata guna lahan yang dimaksud telah dipaparkan di pertanyaan pertama pada bagian ini, sehingga responden dapat mengetahui perancangan yang dimaksud dalam tata guna lahan.

Efisiensi biaya yang dimaksud disini adalah reduksi dari Life Cycle Cost (LCC), sehingga elemen-elemen biaya yang digunakan adalah biaya-biaya yang merupakan bagian dari Life Cycle Cost Bangunan. Adapun rincian biayanya adalah biaya investasi, biaya energi, biaya air, biaya oprasional non bahan bakar, biaya perawatan dan perbaikan, dan nilai sisa bangunan.

Dari jawaban responden, atas pertanyaan pertama pada bagian ini, adalah sebagai berikut :



Gambar 5.15 Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Perancangan Tepat Guna Lahan

Sumber : Hasil Olahan

Responden diminta untuk mengurutkan biaya yang dapat direduksi dengan perancangan tata guna lahan yang baik. Nilai = 1 untuk efisiensi tertinggi (reduksi biaya bernilai tinggi), dan nilai = 6 untuk efisiensi rendah (reduksi biaya tidak bernilai tinggi). Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bahwa menurut responden urutan biaya yang dapat di efisiensi, dengan perancangan tata guna lahan yang baik adalah :

Tabel 5.17 Urutan Biaya yang dapat diefisieni dengan tata guna lahan

| | | Jumlah |
|---|----------------------------------|--------|
| 1 | Biaya Energi | 94 |
| 2 | Biaya Air | 128 |
| 3 | Biaya Perawatan dan Perbaikan | 146 |
| 4 | Biaya Investasi | 153 |
| 5 | Biaya Oprasional Non Bahan bakar | 154 |
| 6 | Peningkatan Nilai Siasa Bangunan | 190 |

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan tabel di atas dapat terlihat bahwa responden lebih cenderung menjawab biaya energi (94), biaya air (128) dan biaya perawatan dan perbaikan (146) yang dapat dikurangi dengan perancangan tata guna lahan yang baik. Sedangkan biaya lainnya, yaitu biaya investasi dan penggantian modal, oprasional non bahan bakar, dan peningkatan nilai sisa bangunan dianggap tidak dapat di reduksi secara signifikan.

Pertanyaan ketiga pada bagian ini adalah mengetahui implementasi perancangan Efisiensi Energi dan Refrigerant (Energi Efficiency & Refrigerant/E,ER), yang diketahui dan diterapkan oleh responden dalam merencanakan bangunan .

Konsumsi energi paling besar dialokasikan pada oprasional pengkondisian suhu ruang dalam gedung berupa pendinginan udara (AC), transportasi vertikal dan penerangan. Pengoprasian sistem tersebut dengan menggunakan teknologi dan cara yang tidak efisien memiliki dampak besar pada perubahan iklim dan pemanasan global karena efek rumah kaca.

Efisiensi energi tidak terbatas hanya dalam lingkup konsumsi energi dan eksploitasi sumber daya alam penghasil energi, tetapi juga perlu mempertimbangkan dampak lingkungan berupa emisi gas buangan dan hasil sampingan lainnya berupa sumber polusi seperti panas, suara dan pencahayaan yang berlebihan.

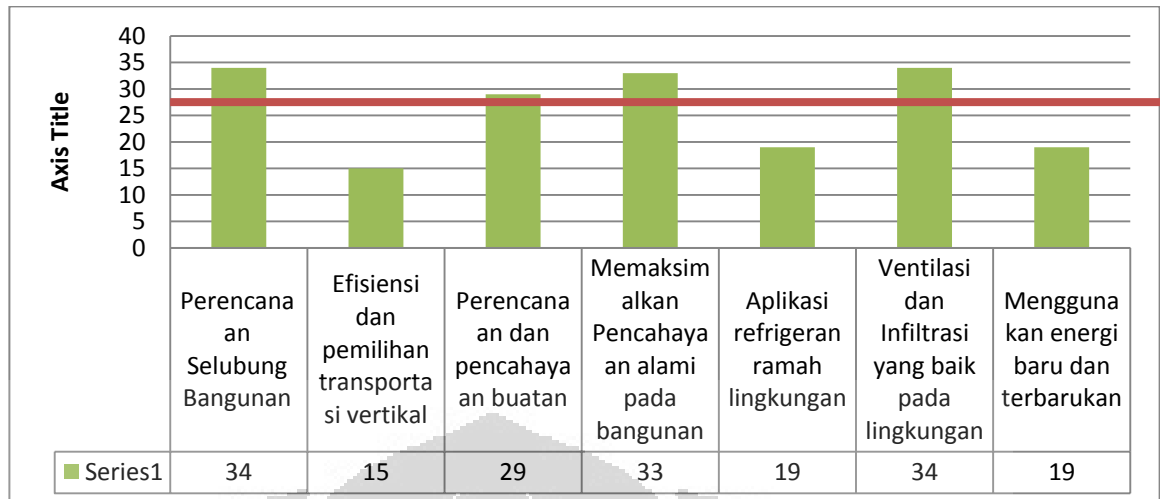
Efisiensi Energi dan Refrigerant (Energi Efficiency & Refrigerant/E,ER) seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 (dua) tentang landasan teori, efisiensi energi dan refrigerant diimplementasikan dalam bentuk perancangan selubung bangunan yang tepat, efisiensi pemilihan transportasi vertikal, perancangan pencahayaan buatan yang efisien dan hemat energi, memaksimalkan pencahayaan alami pada bangunan, aplikasi refrigerant tingkat lanjut yang ramah lingkungan, ventilasi dan infiltrasi yang baik pada bangunan, tindakan efisiensi energi dengan penghematan langsung sebesar 2,5 % dibawah acuan yang ada, dan menggunakan energi baru dan terbarukan yang bersumber dari alam.

Dari jawaban responden, atas pertanyaan pertama pada bagian ini, adalah sebagai berikut :

Tabel 5.18 Penerapan Konsep Efisiensi Energi dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

| | | Jumlah | Persentase Faktor Dominan |
|-----------|---|--------|---------------------------|
| X54 | Perancangan selubung bangunan yang tepat | 34 | 82,9% |
| X55 | Efisiensi pemilihan transportasi vertikal | 15 | 36,6% |
| X56 | Perancangan pencahayaan buatan yang efisien dan hemat energi | 29 | 70,7% |
| X57 | Memaksimalkan pencahayaan alami pada bangunan | 33 | 80,5% |
| X58 | Aplikasi refrigerant tingkat lanjut yang ramah lingkungan | 19 | 46,3% |
| X59 | Ventilasi dan infiltrasi yang baik pada bangunan | 34 | 82,9% |
| X60 | Menggunakan energi baru dan terbarukan yang bersumber dari alam | 19 | 46,3% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 183 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia, N | | 6 |
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | | 26,1 |
| Simpangan | Total Jumlah Respon X | | 183 |
| | Total Jumlah Respon Seharusnya | | 246 |
| | Persentase Penyimpangan | | 36,2 % |
| | Total Responden | | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.16 Penerapan Konsep Efisiensi Energi dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

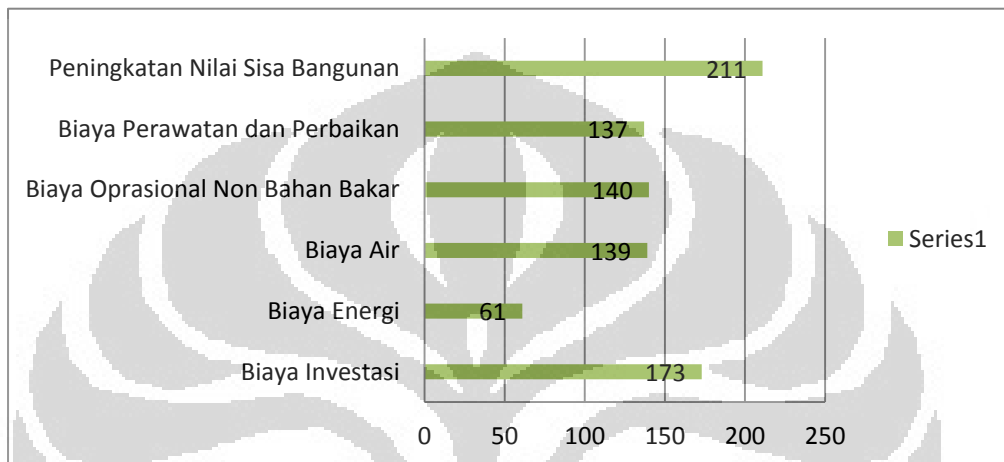
Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar diatas 34 (82,9%) responden menjawab perancangan selubung bangunan, 34 (82,9 %) responden menjawab ventilasi dan infiltrasi yang baik pada bangunan, 33 (80,5%) responden menjawab memaksimalkan pencahayaan alami pada bangunan dan 29 (70,7%) menjawab perancangan pencahayaan buatan yang efisien dan hemat energi. Sedangkan 3 kategori lainnya, yaitu menggunakan energi baru dan terbarukan, aplikasi refrigeran tingkat lanjut yang ramah lingkungan, dan efisiensi dan pemilihan transportasi vertikal, dibawah rata-rata jawaban responden, yaitu 26,1. Masing-masing 19 (46,3%) responden menjawab aplikasi refrigerant tingkat lanjut dan menggunakan energi baru dan terbarukan, sedangkan 15 (36,6%) responden menjawab efisiensi pemilihan transportasi vertikal.

Kategori-kategori di atas adalah kategori yang ditetapkan oleh Green Building Council Indonesia (GBCI), dari semua kategori yang ditanyakan kepada responden, terjadi penyimpangan sebesar 36,2 %.

Pertanyaan keempat pada bagian ini adalah efisiensi biaya yang dapat dilakukan dengan perancangan Efisiensi Energi dan Refrigerant (Energi Efficiency & Refrigerant/E,ER)

Perancangan Efisiensi Energi dan Refrigerant (*Energi Efficiency & Refrigerant/E,ER*) yang dimaksud telah dipaparkan di pertanyaan pertama pada bagian ini, sehingga responden dapat mengetahui perancangan yang dimaksud dalam perancangan efisiensi energi dan refrigerant. Dari jawaban responden, atas pertanyaan pertama pada bagian ini, adalah sebagai berikut :



Gambar 5.17 Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Konsep Efisiensi Energi

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bahwa menurut responden urutan biaya yang dapat di efisienkan, dengan perancangan efisiensi energi yang baik adalah :

Tabel 5.19 Urutan Biaya yang dapat Diefisiensi dengan Perancangan Efisiensi Energi dan Refrigerant

| | | Jumlah |
|---|----------------------------------|--------|
| 1 | Biaya Energi | 61 |
| 2 | Biaya Perawatan dan Perbaikan | 137 |
| 3 | Biaya Air | 139 |
| 4 | Biaya Oprasional Non Bahan bakar | 140 |
| 5 | Biaya Investasi | 173 |
| 6 | Peningkatan Nilai Siasa Bangunan | 211 |

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar di atas dapat terlihat bahwa responden lebih cenderung menjawab biaya energi (61), biaya perawatan dan perbaikan (137) dan biaya air (139) yang dapat dikurangi dengan perancangan tata guna lahan yang baik. Sedangkan biaya lainnya, yaitu biaya oprasional non bahan bakar, biaya investasi dan penggantian modal, dan peningkatan nilai sisa bangunan dianggap tidak dapat di reduksi secara signifikan.

Pertanyaan kelima pada bagian ini adalah mengetahui implementasi perancangan konservasi air (Water Conservation/WAC), yang diketahui dan diterapkan oleh responden dalam merencanakan bangunan .

Saat ini kebutuhan total air di Indonesia mencapai 8.903.000 m³ dengan kenaikan sekitar 10% per tahun. Kawasan urban, pemenuhan kebutuhan ini mengandalkan sumber dari olahan dari PDAM dan eksploitasi air tanah. Penggunaan air bersih secara umum adalah memenuhi kegiatan mandi, cuci, kakus, minum dan irigasi lansekap. Selain itu isu konsumsi air bersih, juga terjadi masalah dalam manajemen limbah (grey water dan black water) di kawasan perkotaan di mana daya dukung lingkunganya rendah. Manajemen limbah yang tidak terpadu mengakibatkan pencemaran badan air dan menurunkan kualitas lingkungan.

Tujuan utama dari konservasi air pada perancangan arsitektur berkelanjutan adalah mendorong penghematan penggunaan air dalam mewujudkan kesinambungan penyediaan air bersih untuk masa depan. Memfasilitasi pengontrolan penggunaan air, sehingga dapat menjadi dasar penerapan manajemen air yang baik. Efisiensi dalam lansekap lebih ditujukan pada upaya untuk meminimalisasi penggunaan sumber air bersih dan air tanah dan PDAM untuk kebutuhan irigasi lansekap. Mengurangi pemakaian air sangat bergantung kepada kebiasaan dan pola perilaku manusia secara sosial, dengan kesadaran tinggi tentang pentingnya menggunakan air secara efektif dan efisien. Meningkatkan penghematan air bersih, akan mengurangi beban konsumsi air bersih dan mengurangi keluaran air limbah.

Memfasilitasi upaya penghematan air dengan pemasangan water fixture efisiensi tinggi, berguna untuk membiasakan dan membatasi pemakaian air pada bangunan.

Mengumpulkan dan menampung air hujan, mendorong penggunaan air hujan sebagai salah satu sumber air, sebagai salah satu alternatif sumber air, selain air tanah dan air PDAM. Selain air hujan, air kondensasi AC dan air bekas wudhu dapat dikumpulkan dan di tampung menjadi salah satu sumber air alternatif.

Setelah air dari sumber alternatif terkumpul, air tersebut bisa diolah dan digunakan kembali. Mendaur ulang air dari air limbah gedung dapat mengurangi kebutuhan air dari sumber air utama. Implementasi dari konservasi air yang telah disebutkan diatas intinya adalah efisiensi dan penggunaan sumber alternatif, yang dapat mempengaruhi terhadap biaya air yang akan dikeluarkan.

Pola konsumsi air dalam kondisi urban Jakarta memerlukan 150 liter/jiwa/hari sedangkan menurut kajian ilmiah Pasific Institute (2006), kebutuhan air rata-rata Indonesia adalah sekitar 80 liter/jiwa/hari. Angka ini sangat boros apabila dibandingkan dengan konsumsi air ideal, yaitu 50 liter/jiwa/hari.

Konservasi air (Water Conservation/WAC) diimplementasikan dalam bentuk perancangan lansekap hemat air, mengurangi pemakaian air, pemilihan alat keluaran air (water fixture) mengumpulkan dan menampung air, mendaur ulang air, dan menggunakan sumber air alternatif.

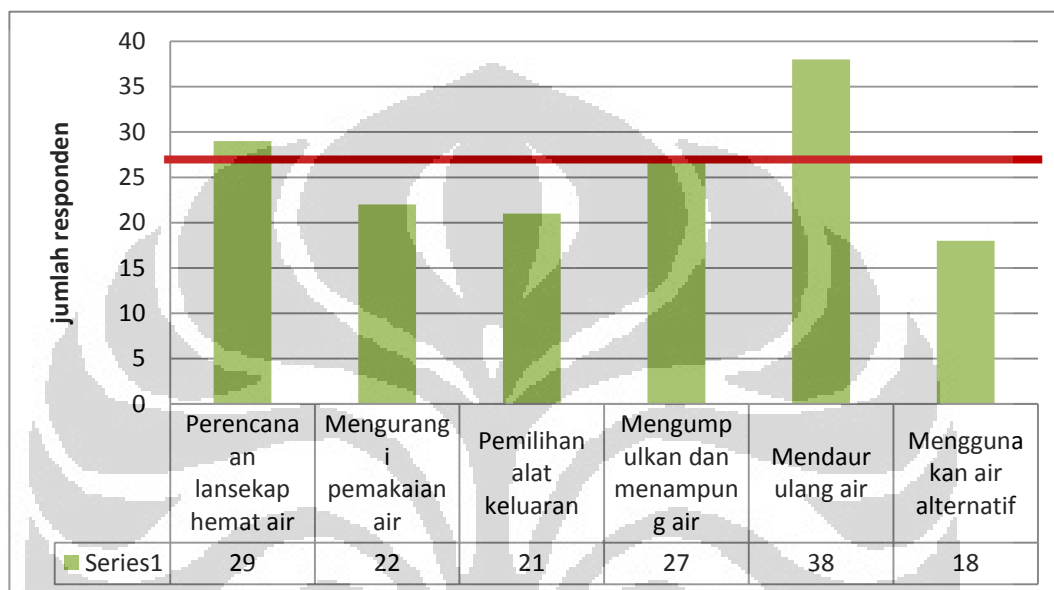
Dari jawaban responden, atas pertanyaan kelima pada bagian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 5.20 Penerapan Konservasi Air dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

| | | Jumlah | Persentase Faktor Dominan |
|------|---|--------|---------------------------|
| X48 | Perancangan lansekap hemat air | 29 | 70,7% |
| X49 | Mengurangi pemakaian air | 22 | 53,7% |
| X50 | Pemilihan alat keluaran air (water fixture) | 21 | 51,2% |
| X51 | Mengumpulkan dan menampung air | 27 | 65,9% |
| X52 | Mendaur ulang air | 38 | 92,7% |
| X53 | Menggunakan sumber air alternatif | 18 | 43,9% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 155 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia,N | | 6 |

| | | |
|-----------|---|------|
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | 25,8 |
| Simpangan | Total Jumlah Respon X | 155 |
| | Total Jumlah Respon Seharusnya | 246 |
| | Persentase Penyimpangan | 37% |
| | Total Responden | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.18 Penerapan konservasi air dalam perancangan

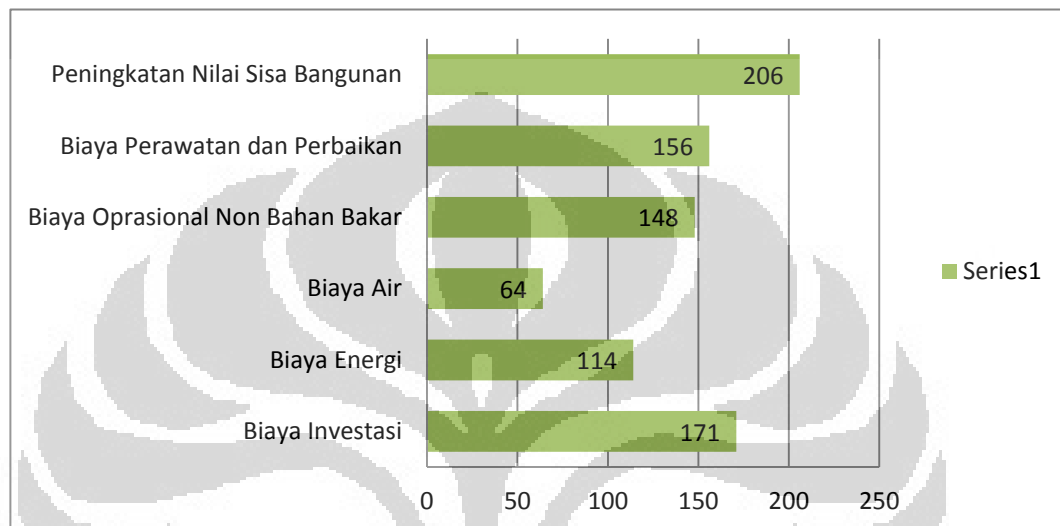
Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar diatas, 38 (92,7%) responden menjawab mendaur ulang air, 29 (70,7%) responden menjawab perancangan lansekap hemat air, dan 27 (65,9%) menjawab mengumpulkan dan menampung air. Sedangkan 2 kategori lainnya yaitu mengurangi pemakaian air, pemilihan alat keluaran air (water fixture) dan menggunakan air alternatif dibawah rata-rata jawaban responden. 22(53,7%) menjawab mengurangi pemakaian air, 21 (51,2%) menjawab pemilihan alat keluaran (water fixture), dan menggunakan air alternatif dijawab oleh 18 (43,9%) responden.

Terjadi penyimpangan sebesar 37%, dibandingkan dengan kategori yang diterapkan oleh Green Building Council Indonesia (GBCI), untuk kategori konservasi air.

Pertanyaan keenam pada bagian ini adalah efisiensi biaya yang dapat dilakukan dengan perancangan Konservasi Air (Water Conservation/WAC)

Dari pertanyaan ke enam dari jawaban responden, atas pertanyaan keenam pada bagian ini, adalah sebagai berikut :



Gambar 5.19 Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Konsep Konservasi Air

Sumber : Hasil Olahan

Tabel 5.21 Urutan Biaya yang dapat diefisiensi dengan konservasi air

| | | Jumlah |
|---|----------------------------------|--------|
| 1 | Biaya Air | 64 |
| 2 | Biaya Energi | 114 |
| 3 | Biaya Oprasional Non Bahan bakar | 148 |
| 4 | Biaya Perawatan dan Perbaikan | 156 |
| 5 | Biaya Investasi | 171 |
| 6 | Peningkatan Nilai Siasa Bangunan | 206 |

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar di atas, dapat terlihat bahwa responden lebih cenderung menjawab biaya air (64), biaya energi (114), dan biaya operasional non bahan bakar (148) yang dapat dikurangi dengan perancangan konservasi air, sedangkan

biaya lainnya, yaitu biaya perawatan dan perbaikan, biaya investasi dan penggantian modal, dan peningkatan nilai sisa bangunan dianggap tidak dapat di reduksi secara signifikan.

Pertanyaan ketujuh pada bagian ini adalah mengetahui implementasi perancangan sumber dan siklus matrial, yang diketahui dan diterapkan oleh responden dalam merencanakan bangunan .

Eksplorasi laju sumber daya alam tidak terbaharui harus dapat ditekan. Diperlukan upaya memperpanjang daur hidup material. proses ini dimulai dari tahap eksploitasi produk, pengolahan dan produksi, desain bangunan dan aplikasi yang efisien (*reduce*), hingga memperpanjang masa akhir pakai prroduk matrial. Diperlukan upaya penggunaan kembali (*reuse*) dan proses daur ulang matrial (*recycle*), untuk memperpanjang masa akhir pakai produk matrial.

Pada tahap eksploitasi dan transportasi matrial perlu diperhatikan jejak ekologis dan jejak karbon yang ditinggalkan. Minimalisasi jejak karbon dapat dilakukan dengan menggunakan produk lokal setempat. Dalam pemilihan matrial, perlu diperhatikan dampaknya pada manusia dan lingkungan hidup, salah satunya dengan cara tidak menggunakan Bahan Beracun dan Berbahaya (B3).

Tujuan umum dari perancangan sumber dan siklus matrial adalah mengoptimalkan penggunaan suatu matrial, sehingga dapat memperpanjang daur hidup, melalui konservasi dan efisiensi. Dengan cara itu diharapkan jejak karbon, jejak ekologis dan limbah akhir yang dihasilkan akan berkurang.

Menggunakan bangunan lama dan matrial bekas bangunan lain untuk mengurangi penggunaan bahan mentah yang baru, dapat mengurangi limbah pada pembuangan akhir dan memperpanjang usia pemakaian suatu bahan material. Menggunakan bahan bangunan hasil fabrikasi yang menggunakan matrial yang ramah lingkungan dalam proses produksinya, diharapkan tidak menambah kerusakan alam yang diakibatkan oleh proses produksi bahan dan matrial fabrikasi. Pada tahap eksploitasi dan transportasi material perlu diperhatikan jejak ekologis dan jejak karbon yang ditinggalkan, sehingga dengan menggunakan matrial yang asal bahan baku utama dan fabrikasinya berada di dalam radius

1000km dari lokasi proyek, atau paling tidak berasal dari negara setempat (tidak export) dapat mengurangi jejak karbon transportasi dari sumber material dan tempat produksi ke lokasi tapak. Proyek yang menggunakan bahan baku kayu sebagai material bangunan, disarankan menggunakan kayu bersertifikasi, yang dapat dipertanggung jawabkan asal-usulnya, untuk melindungi kelestarian hutan.

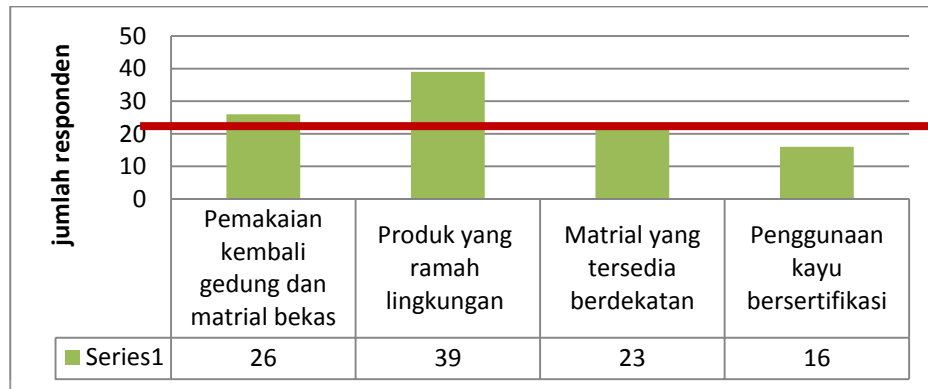
Perancangan sumber dan siklus matrial diimplementasikan dalam bentuk pemakaian kembali gedung dan matrial bekas, pemilihan produk yang proses pembuatannya ramah lingkungan, matrial yang tersedia di tempat yang berdekatan, dan penggunaan kayu bersertifikasi.

Dari jawaban responden, atas pertanyaan pertama ketujuh pada bagian ini, adalah sebagai berikut :

Tabel 5.22 Penerapan Perancangan Sumber dan Siklus Matrial dalam Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

| | | Jumlah | Persentase Faktor Dominan |
|-----------|--|--------|---------------------------|
| X54 | Pemakaian kembali gedung dan matrial bekas | 26 | 63,4% |
| X55 | Pemilihan produk yang proses pembuatannya ramah lingkungan | 39 | 39,1% |
| X56 | Pemilihan produk yang proses pembuatannya ramah lingkungan | 23 | 56,1% |
| X57 | Matrial yang tersedia di tempat yang berdekatan, dan penggunaan kayu bersertifikasi. | 16 | 39% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 104 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia,N | | 6 |
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | | 26 |
| Simpangan | Total Jumlah Respon X | | 104 |
| | Total Jumlah Respon Seharusnya | | 164 |
| | Persentase Penyimpangan | | 36,6% |
| | Total Responden | | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.20 Penerapan Perencanaan Sumber dan Siklus Material

Sumber : Hasil Olahan

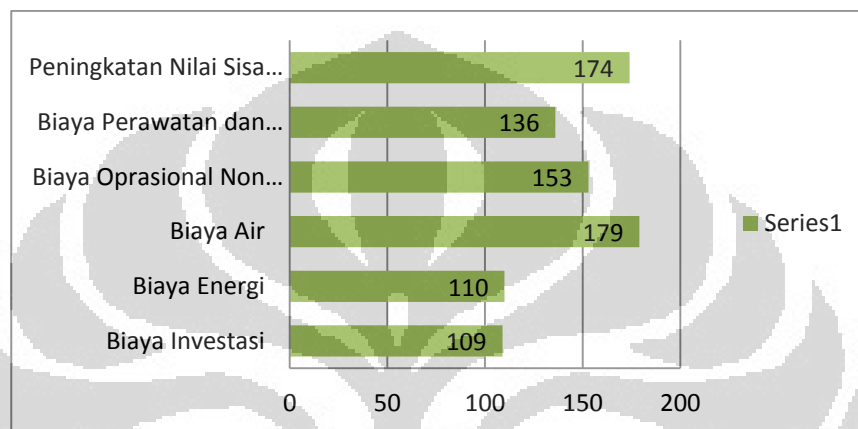
Berdasarkan gambar di atas 39 (95,1%) responden menjawab pemilihan produk yang ramah lingkungan, 26 (63,4%) responden menjawab pemakaian kembali gedung dan matrial bekas. Sedangkan 2 kategori lainnya yaitu matrial yang tersedia di tempat yang berdekatan dijawab 23 (56,1%) dan penggunaan kayu bersertifikasi 16 (39%) responden, dibawah rata-rata jawaban responden.

Terjadi penyimpangan sebesar 36,6%, dibandingkan dengan kategori yang diterapkan oleh Green Building Council Indonesia (GBCI), untuk kategori konservasi air.

Pertanyaan kedelapan pada bagian ini adalah efisiensi biaya yang dapat dilakukan dengan perancangan sumber dan siklus matrial (Material Resources and Cycle/MRC)

Menggunakan bangunan lama dan matrial bekas bangunan lain untuk mengurangi penggunaan bahan mentah yang baru, dapat mengurangi limbah pada pembuangan akhir dan memperpanjang usia pemakaian suatu bahan material. Menggunakan bahan bangunan hasil fabrikasi yang menggunakan matrial yang ramah lingkungan dalam proses produksinya, diharapkan tidak menambah kerusakan alam yang diakibatkan oleh proses produksi bahan dan matrial fabrikasi. Pada tahap eksploitasi dan transportasi material perlu diperhatikan jejak ekologis dan jejak karbon yang ditinggalkan, sehingga dengan menggunakan matrial yang asal bahan baku utama dan fabrikasinya berada di dalam radius 1000km dari lokasi proyek, atau paling tidak berasal dari negara setempat (tidak

export) dapat mengurangi jejak karbon transportasi dari sumber material dan tempat produksi ke lokasi tapak. Proyek yang menggunakan bahan baku kayu sebagai material bangunan, disarankan menggunakan kayu bersertifikasi, yang dapat dipertanggung jawabkan asal-usulnya, untuk melindungi kelestarian hutan. Dari jawaban responden atas pertanyaan kedelapan pada bagian ini, adalah sebagai berikut :



Gambar 5.21 Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Konsep Perencanaan Sumber dan Siklus Material

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa menurut responden, biaya yang dapat diefisiensikan, dengan penggunaan tata guna lahan yang baik adalah ;

Tabel 5.23 Urutan Biaya yang dapat diefisiensikan dengan perencanaan sumber dan siklus material

| | | Jumlah |
|---|----------------------------------|--------|
| 1 | Biaya Investasi | 109 |
| 2 | Biaya Energi | 110 |
| 3 | Biaya Perawatan dan Perbaikan | 136 |
| 4 | Biaya Oprasional Non Bahan bakar | 153 |
| 5 | Peningkatan Nilai Siasa Bangunan | 174 |
| 6 | Biaya Air | 179 |

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar di atas dapat terlihat bahwa responden lebih cenderung menjawab biaya investasi (109), biaya energi (110), dan biaya perawatan dan perbaikan (136), yang dapat dikurangi dengan perancangan sumber dan siklus material. Sedangkan biaya lainnya, yaitu biaya operasional non bahan bakar, peningkatan nilai sisa bangunan, dan biaya operasional non bahan bakar, dianggap tidak dapat direduksi secara signifikan.

Pertanyaan kesembilan pada bagian ini adalah mengetahui implementasi perancangan kualitas udara dan kenyamanan ruang, yang diketahui dan diterapkan oleh responden dalam merencanakan bangunan .

Kualitas udara dalam ruang sangat mempengaruhi kesehatan manusia, karena hampir 90% hidup manusia berada di ruangan. Kualitas udara yang buruk mengakibatkan menurunnya produktivitas kerja. Tingkat polusi, gaya hidup urban dan industrialisasi menghasilkan pembuangan zat pencemar lebih banyak, antara lain berasal dari pembakaran bahan bakar fosil untuk memasak, pembangkit tenaga listrik, dan kendaraan bermotor. Pengendalian kualitas udara memerlukan strategi yang baik secara produktivitas manusia serta tingkat okupansi gedung dapat berlangsung secara optimal.

Untuk menjaga dan meningkatkan kualitas udara di dalam ruangan, dengan melakukan introduksi udara luar. Pasive design merupakan bagian yang paling penting dalam perancangan green building. Sehingga diusahakan ruangan yang dedesain mendapatkan udara dari luar bangunan yang maksimal. Kenyamanan termal ruangan dikondisikan stabil pada suhu minimal 25°C dan kelembaban relatif maksimal 60%.

Mengurangi pencemaran lingkungan yang tercemar asap rokok dan paparannya kepada para pengguna gedung, permukaan ruang di dalam gedung serta instalasi ventilasi yang benar di dalam ruangan gedung. Mengurangi polusi zat kimia berbahaya di dalam ruangan untuk menjaga kesehatan manusia.

Menjaga tingkat kebisingan di dalam ruangan pada tingkat yang optimal. Kebisingan sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Kebisingan bisa mempengaruhi kesehatan, dan akan berimbas pula pada produktifitas kerja.

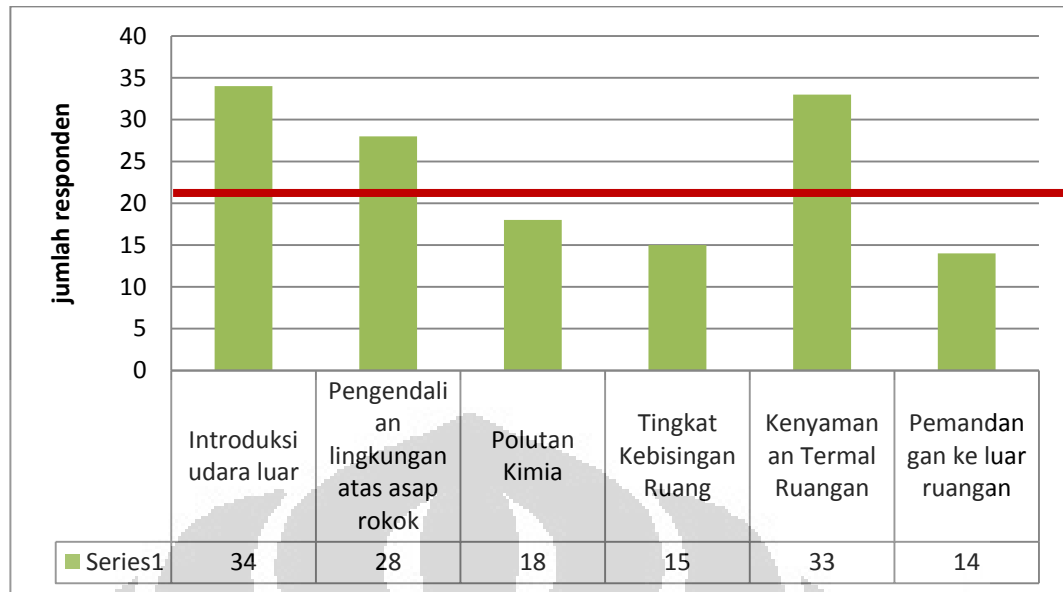
Mendesain ruangan yang memiliki pemandangan ke luar ruangan dapat mengurangi kelelahan mata dengan memberikan pemandangan jarak jauh dan menyediakan koneksi visual keluar gedung.

Perancangan kualitas udara dan kenyamanan ruang diimplementasikan dalam bentuk introduksi udara luar ruang, pengendalian lingkungan atas asap rokok, mengurangi polutan kimia, tingkat kebisingan dalam ruangan, kenyamanan termal ruangan, dan pemandangan ke luar ruangan. Dari jawaban responden atas pertanyaan kesembilan pada bagian ini, adalah sebagai berikut :

Tabel 5.24 Penerapan Kualitas Udara dan Kenyamanan Ruang

| | | Jumlah | Persentase Faktor Dominan |
|-----------|---|--------|---------------------------|
| X58 | Introduksi udara luar ruang | 34 | 82,9% |
| X59 | Pengendalian lingkungan atas asap rokok | 28 | 68,35 |
| X60 | Mengurangi polutan kimia | 18 | 43,9% |
| X61 | Tingkat kebisingan dalam ruangan | 15 | 36,6% |
| X62 | Kenyamanan termal ruangan | 33 | 80,5% |
| X63 | Pemandangan ke luar ruangan | 14 | 34,1% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 142 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia, N | | 6 |
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | | 23,7 |
| Simpangan | Total Jumlah Respon X | | 142 |
| | Total Jumlah Respon Seharusnya | | 246 |
| | Persentase Penyimpangan | | 42,3% |
| | Total Responden | | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.22 Penerapan Perencanaan Kualitas Udara dan Kenyamanan Ruang

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar diatas 34 (82,9%) responden menjawab introduksi udara luar, 33 (80,5%) responden menjawab kenyamanan termal ruang, dan 28 (68,3%) responden menjawab pengendalian lingkungan atas asap rokok. Sedangkan 3 kategori lainnya dibawah rata-rata jawaban responden. 18(43,9%) responden memilih mengurangi polutan kimia, 15 (36,6%) menjawab mengendalikan tingkat kebisingan ruang, dan 14 (34,1%) responden menjawab pemandangan ke luar bangunan.

Terjadi penyimpangan sebesar 42,3 %, dibandingkan dengan kategori yang diterapkan oleh Green Building Council Indonesia (GBCI), untuk kategori perancangan kualitas udara dan kenyamanan ruang.

Pertanyaan kesepuluh pada bagian ini adalah efisiensi biaya yang dapat dilakukan dengan perancangan kualitas udara dan kenyamanan ruang (Indor Air Health/IAC)

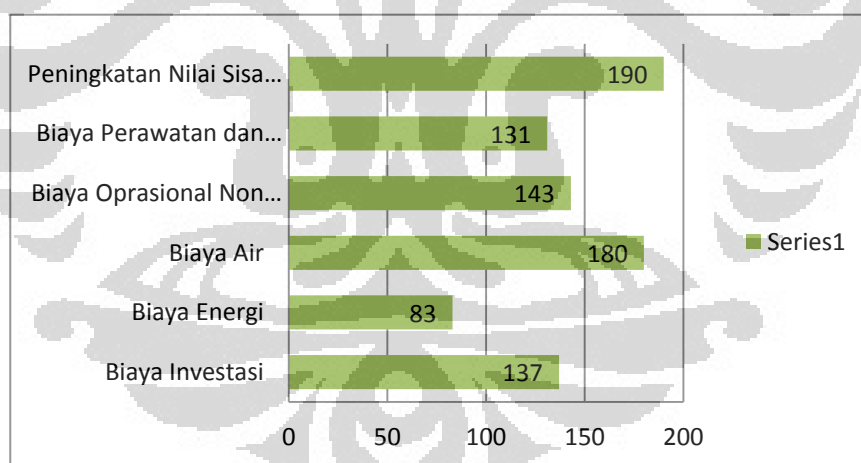
Untuk menjaga dan meningkatkan kualitas udara di dalam ruangan, dengan melakukan introduksi udara luar. Pasive design merupakan bagian yang paling penting dalam perancangan green building. Sehingga diusahakan ruangan yang dedesain mendapatkan udara dari luar bangunan yang maksimal. Kenyamanan

termal ruangan dikondisikan stabil pada suhu minimal 25°C dan kelembaban relatif maksimal 60%.

Mengurangi pencemaran lingkungan yang tercemar asap rokok dan paparannya kepada para pengguna gedung, permukaan ruang di dalam gedung serta instalasi ventilasi yang benar di dalam ruangan gedung. Mengurangi polusi zat kimia berbahaya di dalam ruangan untuk menjaga kesehatan manusia.

Menjaga tingkat kebisingan di dalam ruangan pada tingkat yang optimal. Kebisingan sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Kebisingan bisa mempengaruhi kesehatan, dan akan berimbas pula pada produktifitas kerja. Mendesain ruangan yang memiliki pemandangan ke luar ruangan dapat mengurangi kelelahan mata dengan memberikan pemandangan jarak jauh dan menyediakan koneksi visual keluar gedung.

Dari jawaban responden atas pertanyaan kedelapan pada bagian ini, adalah sebagai berikut :



Gambar 5.23 Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Konsep Perencanaan Kualitas Udara dan Kenyamanan Ruang

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa menurut responden, biaya yang dapat diefisiensikan, dengan penggunaan tata guna lahan yang baik adalah ;

Tabel 5.25 Urutan Biaya yang dapat diefisiensikan dengan Perencanaan Kualitas Udara dan Kenyamanan Ruang

| | | Jumlah |
|---|----------------------------------|--------|
| 1 | Biaya Energi | 83 |
| 2 | Biaya Perawatan dan Perbaikan | 131 |
| 3 | Biaya Investasi | 137 |
| 4 | Biaya Oprasional Non Bahan bakar | 143 |
| 5 | Biaya Air | 180 |
| 6 | Peningkatan Nilai Siasa Bangunan | 190 |

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar di atas dapat terlihat bahwa responden lebih cenderung menjawab biaya energi (83), biaya perawatan dan perbaikan (131), dan biaya investasi (137), yang dapat dikurangi dengan kualitas udara dan kenyamanan ruang. Sedangkan biaya lainnya, yaitu biaya operasional non bahan bakar, biaya air, dan peningkatan nilai sisa bangunan, dianggap tidak dapat direduksi secara signifikan.

Pertanyaan kesebelas pada bagian ini adalah mengetahui implementasi manajemen lingkung bangun, yang diketahui dan diterapkan oleh responden dalam merencanakan bangunan .

Secara umum proses manajemen menjalankan prinsip POAC (*Planning, Organizing, Actuating, Controlling*), yaitu mencakup kegiatan perancangan, organisasi, pelaksanaan dan pengendalian/pengawasan. Dalam merencanakan oprasional gedung yang ramah lingkungan harus sudah dipikirkan sejak tahap perancangan desain. Cakupanya adalah pengelolaan sumberdaya melalui rencana oprasional konsep yang berkelanjutan, kejelasan informasi (data), dan penanganan dini yang membantu pemecahan masalah, termasuk manajemen sumber daya manusia dalam penerapan konsep bangunan hijau untuk mendukung penerapan tujuan pokok dari kategori lain.

Berdasarkan kategori manajemen lingkung bangun Green Building Council Indonesia (GBCI), manajemen lingkung bangun dapat diimplementasikan dalam

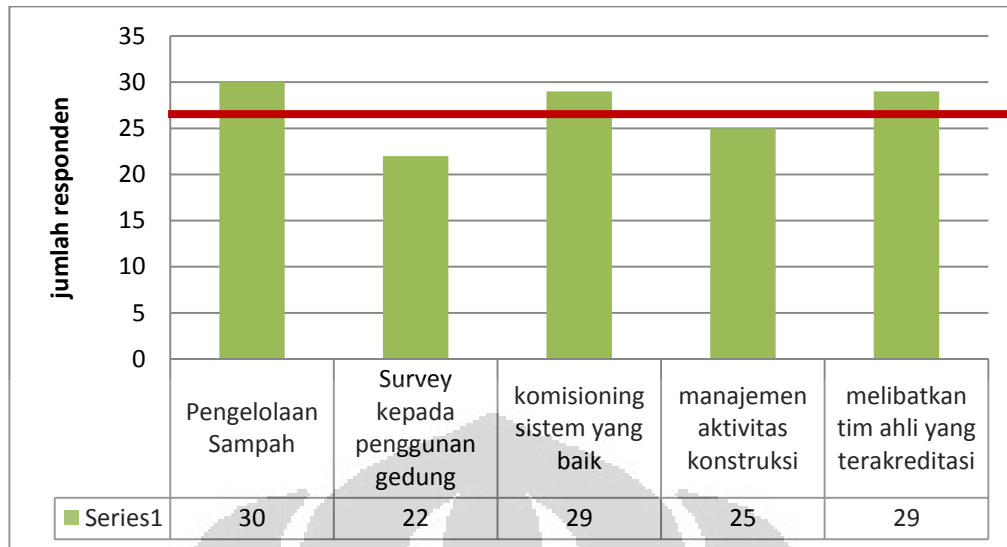
perancangan pengelolaan sampah, survey kepada pengguna gedung, komisioning sistem yang baik dan benar, manajemen aktivitas konstruksi, dan melibatkan accredited professional sejak tahap perancangan.

Dari jawaban responden atas pertanyaan kesembilan pada bagian ini, adalah sebagai berikut :

Tabel 5.26 Penerapan Managemen Lingkung Bangun

| | | Jumlah | Persentase Faktor Dominan |
|-----------|--|--------|---------------------------|
| X58 | Perancangan pengelolaan sampah | 30 | 73,2% |
| X59 | Survey kepada pengguna gedung | 22 | 53,7% |
| X60 | Komisioning sistem yang baik dan benar | 29 | 70,7% |
| X61 | Manajemen aktivitas konstruksi | 25 | 61,0% |
| X62 | Melibatkan accredited professional sejak tahap perancangan | 29 | 70,7% |
| Mean | Total Jumlah Respon X | | 135 |
| | Jumlah Jawaban Tersedia,N | | 5 |
| | Nilai Rata-Rata Respon per jawaban tersedia | | 27 |
| Simpangan | Total Jumlah Respon X | | 135 |
| | Total Jumlah Respon Seharusnya | | 205 |
| | Persentase Penyimpangan | | 34,1% |
| | Total Responden | | 41 |

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.24 Penerapan Manajemen Lingkungan Bangun

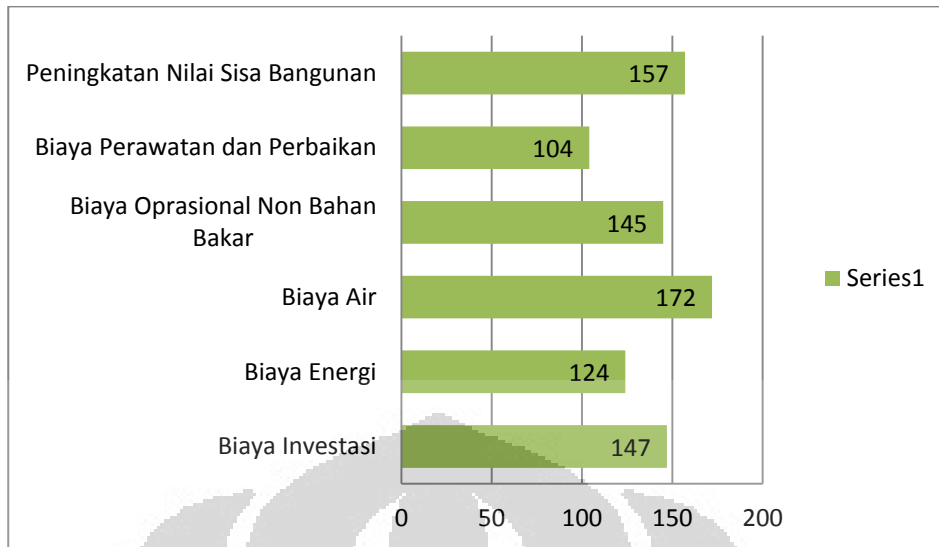
Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar diatas 30 (73,2%) responden menjawab pengelolaan sampah , 29 (70,7%) responden menjawab komisioning sistem dengan baik dan benar, dan 29 (70,7%) responden menjawab melibatkan tim ahli yang terakreditasi. Sedangkan 2 kategori lainnya dibawah rata-rata jawaban responden. 25 (61,0%) responden memilih manajemen aktivitas konstruksi, dan 22 (53,7%) menjawab survey kepada pengguna gedung

Terjadi penyimpangan sebesar 34,1 %, dibandingkan dengan kategori yang diterapkan oleh Green Building Council Indonesia (GBCI), untuk kategori manajemen konstruksi.

Pertanyaan keduabelas pada bagian ini adalah efisiensi biaya yang dapat dilakukan dengan manajemen lingkungan bangun (Building and Environment Management/BEM

Dari jawaban responden atas pertanyaan keduabelas pada bagian ini, adalah sebagai berikut :



Gambar 5.25 Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan dengan Penerapan Manajemen Lingkungan Bangun

Sumber : Hasil Olahan

Berdasarkan gambar di atas dapat terlihat bahwa responden lebih cenderung menjawab biaya perawatan dan perbaikan (104), biaya energi (124), dan biaya operasional non bahan bakar (145), yang dapat dikurangi dengan kualitas udara dan kenyamanan ruang. Sedangkan biaya lainnya, yaitu biaya investasi (147), peningkatan nilai sisa bangunan (157), dan biaya air (172), dianggap tidak dapat direduksi secara signifikan.

Tabel 5.27 Pemahaman 41 Responden Terhadap Arsitektur Berkelanjutan

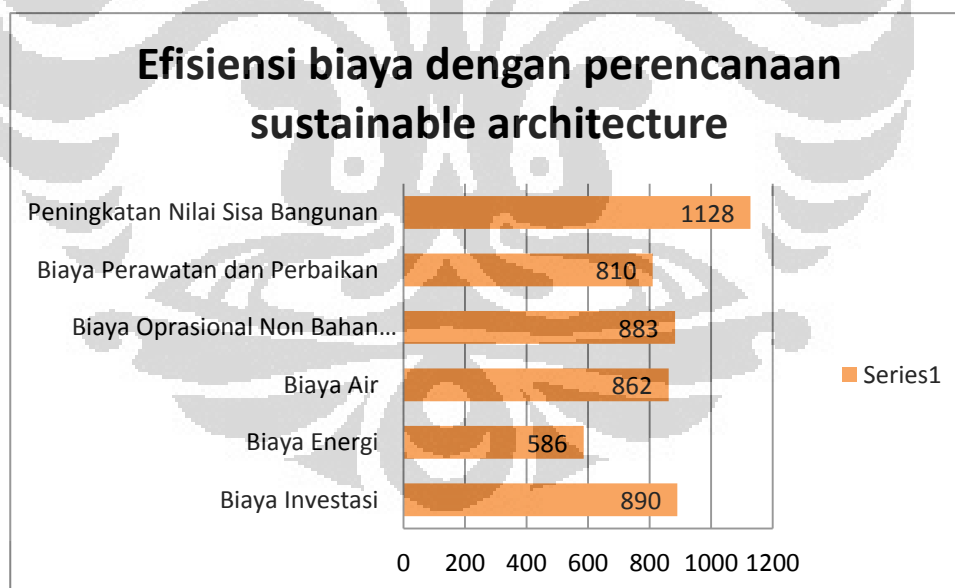
| No | Konsep Perancangan | Faktor Dominan (Diatas rata-rata) | Faktor Tidak Dominan (Dibawah Rata-Rata) | Target Urutan Biaya yang Direduksi | Penyimpangan Terhadap Teori |
|----|---|---|---|--|-----------------------------|
| 1 | Tepat Guna Lahan (<i>Appropriate Site Development/ASD</i>) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Manajemen Tapak (90,2%) 2. Manajemen Air Limpasan (68,3%) 3. Lansekap Pada lahan (65,9%) 4. Mengurangi Pengaruh Heat Island (65,9%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Transprtasi Masal (56,1%) 2. Fasilitas dan Penggunaan Sepeda (39,0%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Biaya energi 2. Biaya Air 3. Biaya perawatan dan Perbaikan 4. Biaya Oprasional non Bahan Bakar 5. Peningkatan Nilai Sisa Bangunan | 35,8% |
| 2 | Efisiensi Energi & Refrigeran (<i>Energi Efficiency & Refrigerant/E,ER</i>) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Perencanaan selubung bangunan (82,9%) 2. Ventilasi dan Infiltrasi yang baik pada bangunan (82,9%) 3. Memaksimalkan pencahayaan alami pada bangunan (80,5%) 4. Perancangan pencahayaan yang hemat energi (70,7%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Aplikasi refrigerant yang ramah lingkungan (46,3%) 2. Menggunakan energi terbarukan (43,6%) 3. Efisiensi dan pemilihan transportasi vertikal (36,6%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Biaya energi 2. Biaya perawatan dan perbaikan 3. Biaya air 4. Biaya oprasional non bahan bakar 5. Biaya investasi 6. Peningkatan nilai sisa bangunan | 36,2 % |
| 3 | Konservasi Air (<i>Water Conservation/WAC</i>) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mendaur ulang air (92,7%) 2. Perancangan lansekap hemat air (70,7%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengurangi pemakaian air (53,7%) 2. Pamilihan alat keluaran air (51,2%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Biaya air 2. Biaya energi 3. Biaya oprasional no bahan bakar | 37 % |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|-------|
| | | 3. Mengumpulkan dan menampung air (65,9%) | 3. Menggunakan air alternatif (43,9%) | 4. Biaya perawatan dan perbaikan 5. Biaya investasi 6. Peningkatan nilai sisa bangunan. | |
| 4 | Sumber & Siklus Material (<i>Material Resources & Cycle/MRC</i>), | 1. Produk yang ramah lingkungan (95,1%) 2. Pemakaian kembali gedung dan material bekas (63,4%) | 1. Material yang tersedia di tempat yang berdekatan (95,1%) 2. Penggunaan kayu bersertifikasi (63,4%) | 1. Biaya Investasi 2. Biaya energi 3. Biaya perawatan dan perbaikan 4. Biaya operasional non bahan bakar 5. Peningkatan nilai sisa bangunan 6. Biaya Air | 36,6% |
| 5 | Kualitas Udara & Kenyamanan Udara (<i>Indoor Air Health & Comfort/IHC</i>) | 1. Introduksi udara luar (82,9%) 2. Kenyamanan termal ruang (80,5%) 3. Pengendalian ruang atas asap rokok (68,3%) | 1. Mengurangi polutan kimia (43,9%) 2. Mengendalikan tingkat kebisingan ruang (36,6%) 3. Pemandangan ke luar bangunan (34,1%) | 1. Biaya energi 2. Biaya perawatan dan perbaikan 3. Biaya investasi 4. Biaya operasional non bahan bakar 5. Biaya air 6. Peningkatan nilai sisa bangunan | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| <p>6 Manajemen Lingkungan Bangunan (<i>Building & Enviroment Management</i>).</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengelolaan sampah (73,2%) 2. Komisioning sistem yang baik dan benar(70,7%) 3. Melibatkan tim ahli yang terakreditasi (70,7%) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Manajemen aktivitas konstruksi (61,0%) 2. Survey kepada pengguna gedung | <ol style="list-style-type: none"> 1. Peningkatan nilai sisa bangunan 2. Biaya perawatan dan perbaikan 3. Biaya oprasional non bahan bakar 4. Biaya air 5. Biaya energi 6. Biaya investasi |
|---|--|---|--|

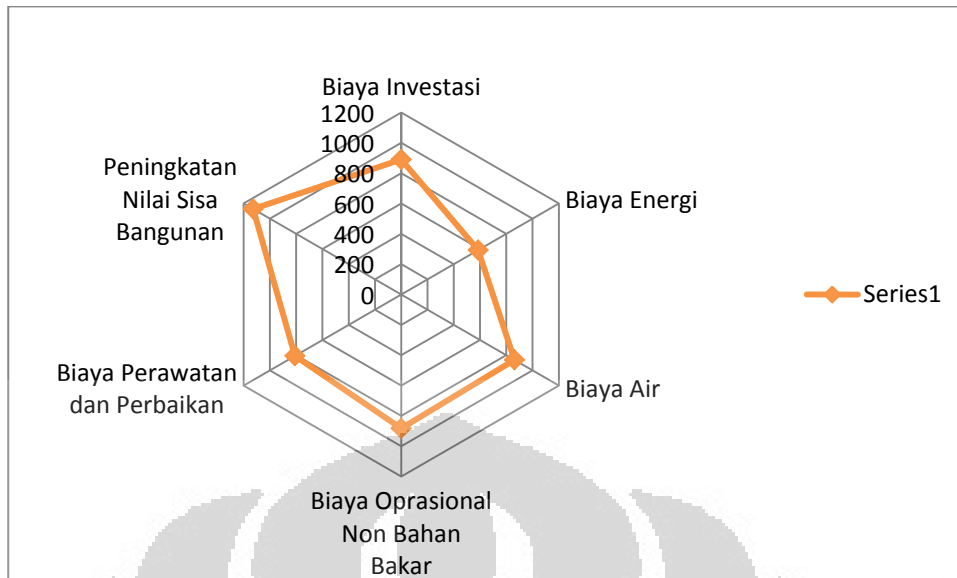
Hasil survey yang dilakukan menunjukkan bahwa faktor dominan dalam perancangan konservasi air menurut jawaban responden adalah *pengelolaan sampah, komisioning sistem dengan baik dan benar*, dan melibatkan *tim ahli yang terakreditasi*. Sedangkan 2 kategori lainnya dibawah rata-rata jawaban responden, yaitu *manajemen aktivitas konstruksi*, dan menjawab *survey kepada pengguna gedung*. Terjadi penyimpangan sebesar 34,1% terhadap teori. dengan perancangan manajemen lingkungan bangun yang disebutkan diatas, target biaya yang dapat direduksi secara signifikan adalah biaya perawatan perbaikan, biaya energi, biaya oprasional non bahan bakar.

Seluruh data yang diperoleh dari masing-masing bagian dalam perancangan arsitektur, dijumlahkan untuk mendapatkan kesimpulan akhir efisiensi biaya apa saja yang dapat diefisiensikan dengan perancangan arsitektur berkelanjutan. Jawaban dari responden adalah sebagai berikut :



Gambar 5.26 Total Efisiensi Biaya yang Dapat Dilakukan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

Sumber : Hasil Olahan



Gambar 5.27 Kecenderungan Efisiensi Biaya dengan Perancangan Arsitektur Berkelanjutan

Sumber : Hasil Olahan

Hasil survey yang dilakukan menunjukkan bahwa responden lebih cenderung menjawab biaya energi, biaya perawatan dan perbaikan, dan biaya air, yang dapat dikurangi dengan perancangan arsitektur berkelanjutan. Sedangkan biaya lainnya, yaitu biaya operasional non bahan bakar, biaya investasi, dan peningkatan nilai sisa bangunan, dianggap tidak dapat direduksi secara signifikan.

5.5.4 Studi Kasus Penerapan Photovoltaic (PV) pada Gedung Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia

Pada perhitungan awal penggunaan PV pada bangunan Gedung Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia, mulai dihitung dari kebutuhan daya gedung. Hasil wawancara dengan pihak Manajemen Konsruksi (MK) dan Kontraktor, menunjukkan bahwa daya listrik perpustakaan pusat Universitas Indonesia menjapai 3 mega watt (3 mW). Kebutuhan listrik 3 mW sangat besar apabila harus seluruhnya berasal dari PV. Selain harga PV yang saat ini relatif mahal, tempat yang dibutuhkan untuk menyimpan modul PV akan sangat besar, sedangkan tempatnya terbatas. Setelah dianalisa dan berdiskusi dengan para pakar, maka

diputuskan bahwa pada penelitian ini yang akan dihitung daya penerangannya saja 216 kW.

Perhitungan daya pada PV berbeda dengan daya listrik konvensional (PLN). Pada PV yang dihitung adalah daya dikalikan dengan lama durasi pemakaian. Diasumsikan listrik penerangan akan dihidupkan pukul 9 pagi hari, sampai dengan pukul 5 sore hari, sehingga durasi pemakaian listrik dalam sehari adalah 8 jam. Perhitungan PV pada awal estimasi biaya biasanya dihitung dengan watt/peak. Watt-peak (Wp) adalah ukuran kekuatan nominal sebuah perangkat photovoltaic energi surya dalam kondisi pencahayaan laboratorium. unit terkait.

Perhitungan harga Photovoltaic (PV) adalah dibandingkan antara beberapa distributor, sehingga akan diketahui perbandingan harga, dan pilihan yang dianggap paling baik akan diambil untuk perhitungan selanjutnya. Alternatif yang akan dibandingkan dalam perhitungan *Life Cycle Cost* adalah menggunakan listrik PLN sebagai alternatif pertama, dan dianggap sebagai kondisi eksisting, karena saat ini sudah terpasang pada bangunan. Alternatif kedua adalah dengan menggunakan PV, sebagai menjadi energi alternatif, berdasarkan asumsi bahwa pada siang hari hanya 50% lampu yang dinyalakan. Alternatif ketiga adalah dengan mengganti lampu biasa menjadi lampu LED sehingga akan mengurangi energi yang dibutuhkan untuk penerangan gedung.

Perhitungan ini diharapkan dapat menjadi salah satu pertimbangan dalam pengambilan keputusan, untuk menggunakan PV di gedung perpustakaan Universitas Indonesia.

5.5.4.1 Data Umum Perhitungan Life Cycle Cost (LCC) Gedung Perpustakaan Pusat Universitas Indonesia

Daya Listrik Perpustakaan Universitas Indonesia adalah 3 mW. Untuk daya penerangan saja sebesar 216.304 watt. Perhitungan LCC ini dilakukan pada bulan Mei tahun 2011, sehingga data-data yang dipakai dalam perhitungan sesuai dengan keadaan pada saat itu. Data inflasi diambil dari data Bank Indonesia (BI) dan menggunakan inflasi menurut kelompok komoditi pada sektor perumahan, air, listrik, gas, dan bahan bakar, yaitu sebesar 4,66%. Angka tersebut didapat dari rata-rata inflasi 6 (enam) tahun terakhir, mulai tahun 2006 sampai April 2011.

Nilai eskalasi pada biaya pada biaya operation, perawatan dan perbaikan, serta biaya energy menggunakan inflasi yang sama, yaitu 4,66%. Data *discount rate*, diambil dari bunga deposito per tahun, pada bulan April 2011, yaitu sebesar 9,25%.

Data perhitungan daya berasal dari proyek Perpustakaan Universitas Indonesia yang melibatkan pakar dari pihak kontraktor dan manajemen konstruksi, dalam bentuk wawancara dan diskusi, sesuai dengan izin dari pihak owner, yaitu bagian fasilitas dan umum Universitas Indonesia. Perhitungan daya, hanya untuk penerangan saja, sehingga diambil dari data jumlah dan jenis lampu. Daya untuk penerangan lantai 1 (satu) adalah 50.900 watt, lantai 2 (dua) 69.745 watt, lantai 3 (tiga) 41.724 watt, lantai 4 (empat) 40.501 watt, lantai 5 (lima) 6.589 watt, dan lantai 6 6.845 watt. Sehingga total daya untuk penerangan gedung sebesar 216.304 watt. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahwa asumsi penerangan yang akan digunakan adalah sebesar 50% dari daya yang ada. Data tersebut merupakan hasil diskusi dengan para pakar, dengan pertimbangan, ada ruangan yang tidak terpakai sehari-hari (hanya acara tertentu), dan pencahayaan alami akan bisa memenuhi penerangan gedung sebesar 50%. Total daya yang dihitung dalam penggunaan tetap (*annual*) setiap hari adalah 108.152 watt.

Perhitungan tarif listrik per bulan berdasarkan ketentuan tarif per kWh yang ditentukan oleh pemerintah, yaitu Rp. 800 per kWh untuk LWBP dan $k \times \text{Rp.}800$ untuk WBP. Jumlah pemakaian Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) adalah 40%, yaitu sebesar 10.368 kWh/bulan, Waktu Beban Puncak (WBP) 15.552kWh/bulan, dan koefisien pembagi WBP diambil angka rata-rata yaitu 1,5. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, total tagihan listrik per bulan adalah sebesar Rp. 26.956.800

Biaya perawatan dan perbaikan, dan oprasional untuk instalasi listrik adalah sebesar Rp. 14.176.817,00 per tahun diambil dari persentase nilai barang. Biaya perawatan dan perbaikan untuk solar panel dan inverter adalah sebesar Rp. 4.828.404,00 per tahun termasuk biaya personil, utilitas, sewa lahan (apabila lahan penyimpanan PV dengan cara menyewa) dan manajemen tenaga kerja. Khusus biaya reinvestasi untuk lampu akan dibahas pada bagian selanjutnya,

tentang perbandingan masing- masing alternatif. Berikut Tabel asumsi dan eskalasi untuk perhitungan LCC

Tabel 5.28 Asumsi dan Eskalasi untuk Perhitungan Life Cycle Cost (LCC)

| ASSUMPTIONS | |
|---|-------|
| Current year | 2012 |
| Inflation | 4.66% |
| Discount rate | 9.25% |
| Reinvestment rate | 4.66% |
| Other Real Escalation Factors | |
| Routine annual O&M (added to inflation) | 4.66% |
| Major Repair/Replacements (added to inflation) | 4.66% |
| Utility Electric rate escalation (added to inflation) | 4.66% |
| Demand rate escalation (added to inflation) | 4.66% |
| Natural gas price escalation (added to inflation) | 4.66% |
| Photovoltaic degradation factor (per year) | |

Sumber : Hasil Olahan

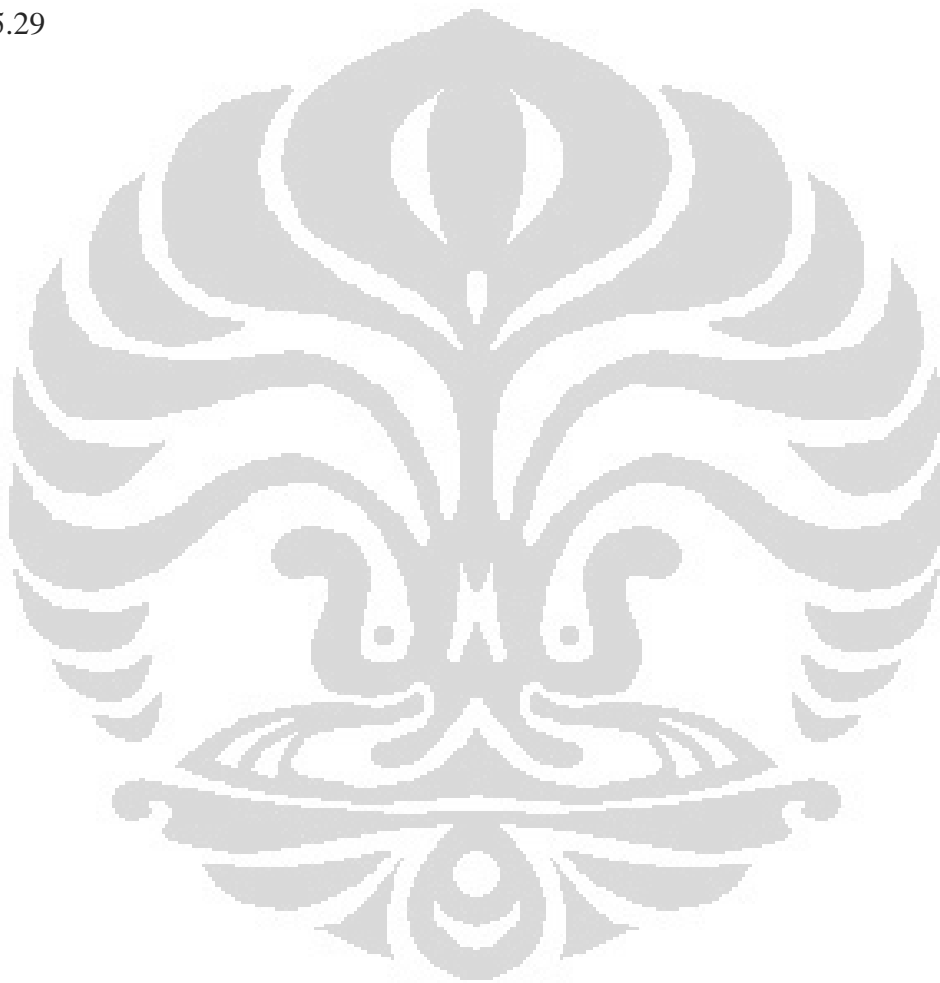
5.5.4.2 Alternatif Pertama dengan Penggunaan Listrik Konvensional dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan Lampu *Fourcent*

Biaya Investasi terdiri atas biaya desain, biaya konstruksi dan instalasi, biaya matrial dan peralatan, biaya tidak langsung dan biaya kontingensi. Biaya investasi adalah sebesar Rp. 14.176.817.392,00, biaya ini sudah termasuk biaya konstruksi dan instalasi serta biaya matrial dan peralatan. Biaya desain tidak diperhitungkan, karena termasuk dalam jasa perencanaan bangunan secara keseluruhan. Biaya tidak langsung diasumsikan sebesar 5% yaitu sebesar Rp. 708.840.869,00, dan biaya kontingensi sebesar 3 %, yaitu Rp.425.304.521,00. Asumsi tersebut adalah hasil diskusi dengan beberapa pakar. Semua biaya tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan biaya akuisisi (*acquisition costs*). Total seluruh biaya akuisisi adalah sebesar Rp.15.310.962.783,00.

Biaya berikutnya yang dihitung adalah *sustaining cost*, berupa biaya energy, biaya operasional, perawatan dan perbaikan dan nilai sisa dan reinvestasi. Biaya perawatan dan perbaikan ditentukan sebesar Rp.14.176.817,00 per tahun, diambil dari persentase nilai investasi. Nilai sisa adalah sebesar 10% dari nilai investasi selama 20 tahun, sedangkan reinvestasi yang dilakukan hanya pada pembelian lampu sebanyak 11 kali dalam 20 tahun, dengan asumsi bahwa lampu akan

digunakan selama 8 jam per hari, dari pukul 09.00 -17.00. Angka ini didapat dari data dan hasil wawancara dengan pihak *supplier* bahwa lampu jenis *fluorescent* rata-rata akan bertahan selama 5000 jam. Biaya reinvestasi setiap penggantian lampu adalah sebesar Rp.195.901.100,00

Setelah seluruh *sustaining cost* dijumlahkan, maka didapat bahwa *sustaining cost* selama 20 tahun untuk penggunaan listrik konvensional dan lampu *fluorecent* adalah Rp.14.619.016.277,00 Perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.29



Tabel 5.29 Perhitungan LCC Alternatif 1 (Listrik Konvensional PLN)

| | | Quantity | Unit | Unit Cost | Years | Total Cost | | |
|---------------------------|--|----------------|------|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------|
| A INITIAL EXPENSES | | | | | | 15,310,962,783.36 | | |
| 1 | Biaya investasi dan penggantian modal | | | | | | | |
| | Design services | 1 | LPSM | - | - | - | | |
| | Construction & Instalation | 1 | LPSM | 14,176,817,392.00 | - | 14,176,817,392.00 | | |
| | Matrial & Equipment | 1 | LPSM | - | - | - | | |
| | Photovoltaic (PV) | 1 | LPSM | - | - | - | | |
| | LED | 1 | LPSM | - | - | - | | |
| | Indirect | 5% | 1 | LPSM | 708,840,869.60 | 708,840,869.60 | | |
| | Contingency | 3% | 1 | LPSM | 425,304,521.76 | 425,304,521.76 | | |
| B FUTURE EXPENSES | | | | | | 14,619,016,277.87 | | |
| 1 | Biaya Energi | | | | | | | |
| | Electricity | 26,956,800.00 | 1 | LPSM | 10,800,728,303.78 | 20 | 10,800,728,303.78 | |
| | | 12 | | | | | | |
| 2 | Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | | | | | | | |
| | Asuransi | 1 | LPSM | - | - | - | | |
| | Biaya Personil | 1 | LPSM | - | - | - | | |
| 3 | Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | 3,818,287,974.10 | | |
| | Solar panel+Inverter | 1 | LPSM | - | - | - | | |
| | Instalasi Listrik | 14,176,817.39 | 1 | LPSM | 14,176,817.39 | 20 | 473,349,806.80 | |
| | Lampu | 195,901,100.00 | 1 | LPSM | 195,901,100.00 | 20 | 3,344,938,167.30 | |
| 4 | Nilai Sisa | | | | | 1,531,096,278.34 | 20 | 1,531,096,278.34 |

(Sumber : Hasil Olahan)

Tabel 5.30 Perhitungan *Future Expenses* Alternatif 1 (Listrik Konvensional PLN)

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Biaya Energi | 28,212,986.88 | 29,527,712.07 | 30,903,703.45 | 32,343,816.03 | 33,851,037.86 | 35,428,496.22 | 37,079,464.15 |
| Electricity | 338,555,842.56 | 354,332,544.82 | 370,844,441.41 | 388,125,792.38 | 406,212,454.31 | 425,141,954.68 | 444,953,569.77 |
| Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | | | | | | | |
| Personil | | | | | | | |
| Asuransi | | | | | | | |
| Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | | | |
| Solar panel+Inverter | | | | | | | |
| Instalasi Listrik | 14,837,457.08 | 15,528,882.58 | 16,252,528.51 | 17,009,896.34 | 17,802,557.51 | 18,632,156.69 | 19,500,415.19 |
| Lampu | | 214,584,493.51 | | 235,049,751.41 | | 257,466,812.88 | |
| Annual Cost | 353,393,299.64 | 584,445,920.92 | 387,096,969.92 | 640,185,440.13 | 424,015,011.82 | 701,240,924.25 | 464,453,984.96 |
| Total | | 937,839,220.56 | 1,324,936,190.48 | 1,965,121,630.62 | 2,389,136,642.43 | 3,090,377,566.68 | 3,554,831,551.63 |
| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Biaya Energi | 38,807,367.18 | 40,615,790.49 | 42,508,486.32 | 44,489,381.79 | 46,562,586.98 | 48,732,403.53 | 51,003,333.54 |
| Electricity | 465,688,406.12 | 487,389,485.84 | 510,101,835.88 | 533,872,581.43 | 558,751,043.73 | 584,788,842.37 | 612,040,002.42 |
| Personil | | | | | | | |
| Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | | | | | | | |
| Asuransi | | | | | | | |
| Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | | | |
| Solar panel+Inverter | 20,409,135 | 21,360,200 | 22,355,586 | 23,397,356 | 24,487,673 | 25,628,798 | 26,823,100 |
| Instalasi Listrik | 282,021,824 | 295,164,041 | 308,918,686 | 323,314,297 | 338,380,743 | 354,149,285 | 370,652,642 |
| Lampu | 768,119,365 | | 841,376,107 | | 921,619,459 | | 1,009,515,745 |
| Annual Cost | 4,322,950,917 | 4,831,700,603 | 5,673,076,710 | 6,230,346,647 | 7,151,966,106 | 7,762,383,747 | 8,771,899,492 |
| Total | 4,322,950,917 | 4,831,700,603 | 5,673,076,710 | 6,230,346,647 | 7,151,966,106 | 7,762,383,747 | 8,771,899,492 |
| | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | |
| Biaya Energi | 53,380,088.88 | 55,867,601.02 | 58,471,031.23 | 61,195,781.28 | 64,047,504.69 | 67,032,118.41 | |
| Electricity | 640,561,066.53 | 670,411,212.23 | 701,652,374.72 | 734,349,375.39 | 768,570,056.28 | 804,385,420.90 | |
| Personil | | | | | | | |
| Asuransi | | | | | | | |
| Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | | | |
| Solar panel+Inverter | 28,073,056.61 | 29,381,261.05 | 30,750,427.81 | 32,183,397.75 | 33,683,144.08 | 35,252,778.60 | |
| Instalasi Listrik | 387,925,055.25 | 406,002,362.82 | 424,922,072.93 | 444,723,441.53 | 465,447,553.90 | 487,137,409.91 | |
| Lampu | 668,634,123.14 | 1,105,794,836.10 | 732,402,802.54 | 1,211,256,214.66 | 802,253,200.36 | 1,326,775,609.41 | |
| Annual Cost | 9,440,533,614.80 | 10,546,328,450.90 | 11,278,731,253.44 | 12,489,987,468.10 | 13,292,240,668.46 | 14,619,016,277.87 | |
| Total | 9,440,533,614.80 | 10,546,328,450.90 | 11,278,731,253.44 | 12,489,987,468.10 | 13,292,240,668.46 | 14,619,016,277.87 | |

5.5.4.3 Alternatif Kedua dengan Menggunakan Photovoltaic (PV) dan Lampu *Fluorescent*

Biaya investasi pada alternatif ini sebenarnya hampir sama dengan alternatif pertama, tetapi ada biaya tambahan untuk PV sebagai sumber energi alternatif. Biaya Investasi terdiri atas biaya desain, biaya konstruksi dan instalasi, biaya material dan peralatan, biaya tidak langsung dan biaya kontingensi. Biaya investasi adalah sebesar Rp. 14.176.817.392,00, untuk instalasi listrik dan peralatan elektrikal lainnya, dan biaya tambahan untuk Photovoltaic (PV) sebesar Rp 31,247,756,183.00 Biaya ini sudah termasuk biaya konstruksi dan instalasi serta biaya material dan peralatan.

Perhitungan investasi PV berdasarkan data yang didapat dari 3 *supplier* PV yang ada di Indonesia, dan telah memasang PV di berbagai tempat di seluruh Indonesia. Hasil diskusi dengan *supplier*, bahwa 1 panel PV sebesar 1 m², dapat menghasilkan energy sebesar 160 wattpeak, sedangkan harga 1 wattpeak rata-rata sekitar \$4, nilai tukar rupiah terhadap dollar amerika pada saat perhitungan, sebesar Rp. 8561,00.

Perbedaan perhitungan listrik konvensional dengan PV adalah, perhitungan daya. Pada PV perhitungan tidak berdasarkan daya yang terdapat di gedung, tetapi berapa energi yang digunakan oleh gedung tersebut. Oleh karena itu perhitungan energi yang digunakan, akan menentukan pula berapa jumlah panel PV yang dibutuhkan. 50% dari penerangan gedung adalah 108.152 watt, dan durasi penggunaan penerangan gedung 8 jam, sehingga didapat bahwa penggunaan energi untuk penerangan gedung selama 1(satu) hari adalah 865.216 watt. total investasi PV sebesar Rp. 31,247,756,183.00.

Biaya desain tidak diperhitungkan, karena termasuk dalam jasa perencanaan bangunan secara keseluruhan. Biaya tidak langsung diasumsikan sebesar 5% yaitu sebesar Rp. 2,271,228,678.75 dan biaya kontingensi sebesar 3 %, yaitu Rp. 1,362,737,207.25

Sustaining cost yang diperhitungkan adalah biaya operasional, perawatan dan perbaikan dan nilai sisa dan reinvestasi, sedangkan biaya energi berupa

pembayaran tagihan listrik tidak dihitung, karena sudah diganti menggunakan energi PV Biaya perawatan dan perbaikan ditentukan sebesar Rp.4.828.404 per tahun, diambil dari Electric Power Riset Intitute (EPRI) yaitu \$47 per bulan. Seharusnya perhitungan operasional, perawatan, dan perbaikan, diambil dari data di negara setempat, karena perbedaan cuaca, lokasi, cara pemasangan, dan lokasi (bidang datar, lapangan terbuka, atap gedung, cladding, dll), tetapi karena data belum tersedia, maka data yang diambil berasal dari Amerika.

Nilai sisa adalah sebesar 10% dari nilai investasi selama 20 tahun, sedangkan reinvestasi yang dilakukan hanya pada pembelian lampu, sama seperti listrik konvensional, sebanyak 11 kali dalam 20 tahun, dengan asumsi bahwa lampu akan digunakan selama 8 jam per hari, dari pukul 09.00 -17.00. Biaya reinvestasi setiap penggantian lampu adalah sebesar Rp.195.901.100,00.

Setelah seluruh *sustaining cost* dijumlahkan, maka didapat bahwa *sustaining cost* selama 20 tahun untuk penggunaan Photovoltaic (PV) dan lampu *flourecent* adalah Rp. 10.148.453.860,00. Perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 5.31

Tabel 5.31 Perhitungan LCC Alternatif 2 Photovoltaic (PV) dengan Lampu *Flourecent*

| | Quantity | Unit | Unit Cost | Years | Total Cost | |
|--|----------------|------|-------------------|------------------|--------------------------|------------------|
| A INITIAL EXPENSES | | | | | 49,058,539,461.00 | |
| 1 Biaya investasi dan penggantian modal | | | | | 49,058,539,461.00 | |
| Design services | 1 | LPSM | - | 20 | - | |
| Construction & Instalation | 1 | LPSM | 14,176,817,392.00 | 20 | 14,176,817,392.00 | |
| Matrial & Equipment | 1 | LPSM | - | 20 | - | |
| Photovoltaic (PV) | 1 | LPSM | 31,247,756,183.00 | 20 | 31,247,756,183.00 | |
| LED | 1 | LPSM | - | 20 | - | |
| Indirect | 5% | 1 | LPSM | 2,271,228,678.75 | 20 | 2,271,228,678.75 |
| Contingency | 3% | 1 | LPSM | 1,362,737,207.25 | 20 | 1,362,737,207.25 |
| B FUTURE EXPENSES | | | | | 3,979,503,572.59 | |
| 1 Biaya Energi | | | | | | |
| Electricity | 1 | LPSM | - | 20 | - | |
| 2 Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | 1 | LMPM | | | | |
| Biaya asuransi | | | - | | - | |
| Biaya personil | | | | | | |
| 3 Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | 3,979,503,572.59 | |
| Solar panel+Inverter | 4,828,404.00 | 1 | LPSM | 4,828,404.00 | 20 | 161,215,598.49 |
| Instalasi Listrik | 14,176,817.39 | 1 | LPSM | 14,176,817.39 | 20 | 473,349,806.80 |
| Lampu | 195,901,100.00 | 1 | LPSM | 195,901,100.00 | 20 | 3,344,938,167.30 |
| 5 Nilai Sisa | | 1 | LPSM | 4,905,853,946.10 | | 15,698,732,628 |

(Sumber : Hasil Olahan)

Tabel 5.32 Perhitungan *Future Expenses* Alternatif 2 Photovoltaic (PV) dengan Lampu *Flourecent*

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Biaya Energi | | | | | | | | | |
| Electricity | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | | | | | | | | | |
| Biaya asuransi | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | | | | | |
| Solar panel+Inverter | 5,053,407.63 | 5,288,896.42 | 5,535,359.00 | 5,793,306.72 | 6,063,274.82 | 6,345,823.42 | 6,641,538.80 | 6,951,034.50 | 7,274,952.71 |
| Instalasi Listrik | 14,837,457.08 | 15,528,882.58 | 16,252,528.51 | 17,009,896.34 | 17,802,557.51 | 18,632,156.69 | 19,500,415.19 | 20,409,134.54 | 21,360,200.21 |
| Lampu | | 214,584,493.51 | | 235,049,751.41 | | 257,466,812.88 | | 282,021,824.47 | |
| Annual Cost | 19,890,864.71 | 235,402,272.52 | 21,787,887.51 | 257,852,954.47 | 23,865,832.33 | 282,444,792.99 | 26,141,953.99 | 309,381,993.52 | 28,635,152.92 |
| Total | | 255,293,137.23 | 277,081,024.73 | 534,933,979.21 | 558,799,811.53 | 841,244,604.53 | 867,386,558.51 | 1,176,768,552.03 | 1,205,403,704.95 |
| | | | | | | | | | |
| | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | 2,021 | 2,022 | 2,023 | 2,024 | 2,025 | 2,026 | 2,027 | 2,028 | 2,029 |
| Biaya Energi | | | | | | | | | |
| Electricity | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | | | | | | | | | |
| Biaya asuransi | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | | | | | |
| Solar panel+Inverter | 7,613,965.51 | 7,968,776.30 | 8,340,121.28 | 8,728,770.93 | 9,135,531.65 | 9,561,247.43 | 10,006,801.56 | 10,473,118.51 | 10,961,165.83 |
| Instalasi Listrik | 22,355,585.54 | 23,397,355.82 | 24,487,672.60 | 25,628,798.15 | 26,823,100.14 | 28,073,056.61 | 29,381,261.05 | 30,750,427.81 | 32,183,397.75 |
| Lampu | 308,918,685.83 | 323,314,296.59 | 338,380,742.81 | 354,149,285.42 | 370,652,642.12 | 387,925,055.25 | 406,002,362.82 | 424,922,072.93 | 444,723,441.53 |
| Annual Cost | 338,888,236.87 | 31,366,132.12 | 371,208,536.69 | 34,357,569.08 | 406,611,273.92 | 37,634,304.04 | 445,390,425.43 | 41,223,546.32 | 487,868,005.11 |
| Total | 1,544,291,941.82 | 1,575,658,073.94 | 1,946,866,610.63 | 1,981,224,179.71 | 2,387,835,453.63 | 2,425,469,757.66 | 2,870,860,183.09 | 2,912,083,729.41 | 3,399,951,734.52 |
| | | | | | | | | | |
| | 19 | 20 | | | | | | | |
| | 2,030 | 2,031 | | | | | | | |
| Biaya Energi | | | | | | | | | |
| Electricity | 0.00 | 0.00 | | | | | | | |
| Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | | | | | | | | | |
| Biaya asuransi | 0.00 | 0.00 | | | | | | | |
| Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | | | | | |
| Solar panel+Inverter | 11,471,956.16 | 12,006,549.32 | | | | | | | |
| Instalasi Listrik | 33,683,144.08 | 35,252,778.60 | | | | | | | |
| Lampu | 465,447,553.90 | 487,137,409.91 | | | | | | | |
| Annual Cost | 45,155,100.24 | 534,396,737.83 | | | | | | | |
| Total | 3,445,106,834.76 | 3,979,503,572.59 | | | | | | | |

5.5.4.4 Alternatif ketiga dengan Menggunakan Photovoltaic (PV) dan Lampu Light Emmitter Diode (LED)

Pertimbangan alternatif ini adalah mengurangi jumlah energi yang dibutuhkan bangunan. Penggunaan Lampu Light Emmitter Diode (LED) dapat mengurangi energi yang dibutuhkan hampir 50% dari energi eksisting. Penggantian lampu *fluorescent* menjadi LED mengubah energi yang digunakan bangunan dari 108.152 watt per hari, menjadi 62.818 watt per hari. Perubahan penggunaan energi yang cukup besar, akan mengurangi juga investasi PV yang dibutuhkan oleh bangunan. Biaya investasi PV menjadi Rp. 15,623,878,091.50

Biaya desain tidak diperhitungkan, karena termasuk dalam jasa perencanaan bangunan secara keseluruhan. Biaya tidak langsung diasumsikan sebesar 5% yaitu sebesar Rp.1,490,034,774.18 dan biaya kontingensi sebesar 3 %, yaitu Rp.894,020,864.51.

Sustaining cost yang diperhitungkan adalah biaya operasional, perawatan dan perbaikan dan nilai sisa dan reinvestasi, sedangkan biaya energi berupa pembayaran tagihan listrik tidak dihitung, karena sudah diganti menggunakan energi PV Biaya perawatan dan perbaikan ditentukan sebesar Rp.4.828.404 per tahun, diambil dari Electric Power Riset Intitute (EPRI) yaitu \$47 per bulan.

Nilai sisa adalah sebesar 10% dari nilai investasi selama 20 tahun, sedangkan reinvestasi yang dilakukan hanya pada pembelian lampu, hanya 1 kali dalam 20 tahun, yaitu ditahun ke 10. Angka ini didapat dari data dan hasil wawancara dengan pihak *supplier* bahwa lampu jenis LED rata-rata akan bertahan selama 30.000 jam, dengan asumsi bahwa lampu akan digunakan selama 8 jam per hari, dari pukul 09.00 -17.00. Biaya reinvestasi penggantian lampu di tahun ke 10 adalah sebesar Rp.9.698.641.328,00.

Setelah seluruh *sustaining cost* dijumlahkan, maka didapat bahwa *sustaining cost* selama 20 tahun untuk penggunaan Photovoltaic (PV) dan lampu *flourecent* adalah Rp. 15.173.151.253,00. Perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 5.33

Tabel 5.33 Perhitungan LCC Alternatif 3 Photovoltaic (PV) dengan LED

| | | Quantity | Unit | Unit Cost | Years | Total Cost | |
|----------|--|---------------|------|-------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| A | INITIAL EXPENSES | | | | | 38,335,154,422.18 | |
| 1 | Biaya investasi dan penggantian modal | | | | | 38,335,154,422.18 | |
| | Design services | 1 | LPSM | - | 20 | - | |
| | Construction & Instalation | 1 | LPSM | 14,176,817,392.00 | 20 | 14,176,817,392.00 | |
| | Matrial & Equipment | 1 | LPSM | - | 20 | - | |
| | Photovoltaic (PV) | 1 | LPSM | 15,623,878,091.50 | 20 | 15,623,878,091.50 | |
| | LED | 1 | LPSM | 6,150,403,300.00 | 20 | 6,150,403,300.00 | |
| | Indirect | 5% | 1 | LPSM | 1,490,034,774.18 | 20 | 1,490,034,774.18 |
| | Contingency | 3% | 1 | LPSM | 894,020,864.51 | 20 | 894,020,864.51 |
| B | FUTURE EXPENSES | | | | | 10,333,206,733.71 | |
| 1 | Biaya Energi | | | | | | |
| | Electricity | 1 | LPSM | - | 20 | - | |
| 2 | Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | 1 | LMPM | | | | |
| | Biaya asuransi | | | - | | - | |
| 3 | Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | 10,333,206,733.71 | |
| | Solar panel+Inverter | 4,828,404.00 | 1 | LPSM | 4,828,404.00 | 20 | 161,215,598.49 |
| | Instalasi Listrik | 14,176,817.39 | 1 | LPSM | 14,176,817.39 | 20 | 473,349,806.80 |
| | Lampu | | 1 | LPSM | 6,150,403,300.00 | 20 | 9,698,641,328.42 |
| C | Nilai Sisa | | 1 | LPSM | 12,267,249,415.10 | 20 | 12,267,249,415.10 |

(Sumber : Hasil Olahan)

Tabel 5.34 Perhitungan Future Expenses Alternatif 3 Photovoltaic (PV) dengan LED

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Biaya Energi | | | | | | | | | |
| Electricity | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | | | | | | | | | |
| Biaya asuransi | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | | | | | |
| Solar panel+Inverter | 5,053,407.63 | 5,288,896.42 | 5,535,359.00 | 5,793,306.72 | 6,063,274.82 | 6,345,823.42 | 6,641,538.80 | 6,951,034.50 | 7,274,952.71 |
| Instalasi Listrik | 14,837,457.08 | 15,528,882.58 | 16,252,528.51 | 17,009,896.34 | 17,802,557.51 | 18,632,156.69 | 19,500,415.19 | 20,409,134.54 | 21,360,200.21 |
| Lampu | | | | | | | | | |
| Annual Cost | 19,890,864.71 | 20,817,779.00 | 21,787,887.51 | 22,803,203.06 | 23,865,832.33 | 24,977,980.11 | 26,141,953.99 | 27,360,169.04 | 28,635,152.92 |
| Total | | 40,708,643.71 | 62,496,531.22 | 85,299,734.28 | 109,165,566.61 | 134,143,546.72 | 160,285,500.71 | 187,645,669.75 | 216,280,822.67 |
| | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | 2,021 | 2,022 | 2,023 | 2,024 | 2,025 | 2,026 | 2,027 | 2,028 | 2,029 |
| Biaya Energi | | | | | | | | | |
| Electricity | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | | | | | | | | | |
| Biaya asuransi | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | | | | | |
| Solar panel+Inverter | 7,613,965.51 | 7,968,776.30 | 8,340,121.28 | 8,728,770.93 | 9,135,531.65 | 9,561,247.43 | 10,006,801.56 | 10,473,118.51 | 10,961,165.83 |
| Instalasi Listrik | 22,355,585.54 | 23,397,355.82 | 24,487,672.60 | 25,628,798.15 | 26,823,100.14 | 28,073,056.61 | 29,381,261.05 | 30,750,427.81 | 32,183,397.75 |
| Lampu | 9,698,641,328.42 | | | | | | | | |
| Annual Cost | 9,728,610,879.47 | 31,366,132.12 | 32,827,793.88 | 34,357,569.08 | 35,958,631.79 | 37,634,304.04 | 39,388,062.60 | 41,223,546.32 | 43,144,563.58 |
| Total | 9,944,891,702.14 | 9,976,257,834.26 | 10,009,085,628.14 | 10,043,443,197.22 | 10,079,401,829.01 | 10,117,036,133.05 | 10,156,424,195.65 | 10,197,647,741.97 | 10,240,792,305.55 |
| | 19.00 | 20.00 | | | | | | | |
| | 2,030.00 | 2,031.00 | | | | | | | |
| Biaya Energi | | | | | | | | | |
| Electricity | 0.00 | 0.00 | | | | | | | |
| Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | | | | | | | | | |
| Biaya asuransi | | | | | | | | | |
| Biaya Perawatan dan Perbaikan | | | | | | | | | |
| Solar panel+Inverter | 11,471,956.16 | 12,006,549.32 | | | | | | | |
| Instalasi Listrik | 33,683,144.08 | 35,252,778.60 | | | | | | | |
| Lampu | | | | | | | | | |
| Annual Cost | 45,155,100.24 | 47,259,327.91 | | | | | | | |
| Total | 10,285,947,405.80 | 10,333,206,733.71 | | | | | | | |

5.5.4.5 Perbandingan Life Cycle Cost (LCC) Semua Alternatif yang Digunakan.

Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 (dua) landasan teori, bahwa tujuan dari perhitungan Life Cycle Cost mencari alternatif terbaik dan menguntungkan, terutama ketika beberapa alternatif yang memenuhi persyaratan kinerja yang sama, tetapi berbeda pada biaya awal dan biaya operasional. Dari hasil perhitungan LCC dari 3 (tiga) alternatif yang disebutkan diatas, didapat hasil perhitungan yang akan dijelaskan pada Tabel 5.31

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa saat ini penggunaan listrik konvensional masih lebih murah dibandingkan dengan penggunaan Photovoltaic (PV). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa dengan menggunakan alternatif 1, dengan sistem listrik konvensional (PLN), total biaya yang harus dikeluarkan adalah sebesar Rp. 17,422,617,923 selama 20 tahun, sedangkan alternatif 2 dengan menggunakan PV dan lampu *flourecent* total biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 47,167,714,161. Alternatif 3 menggunakan PV dan lampu LED, total biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp.38,023,108,569. Penjelasaan tentang perbandingan seluruh alternatif dapat dilihat dalam Tabel 6.3

Tabel 5.35 Perbandingan LCC Seluruh Alternatif

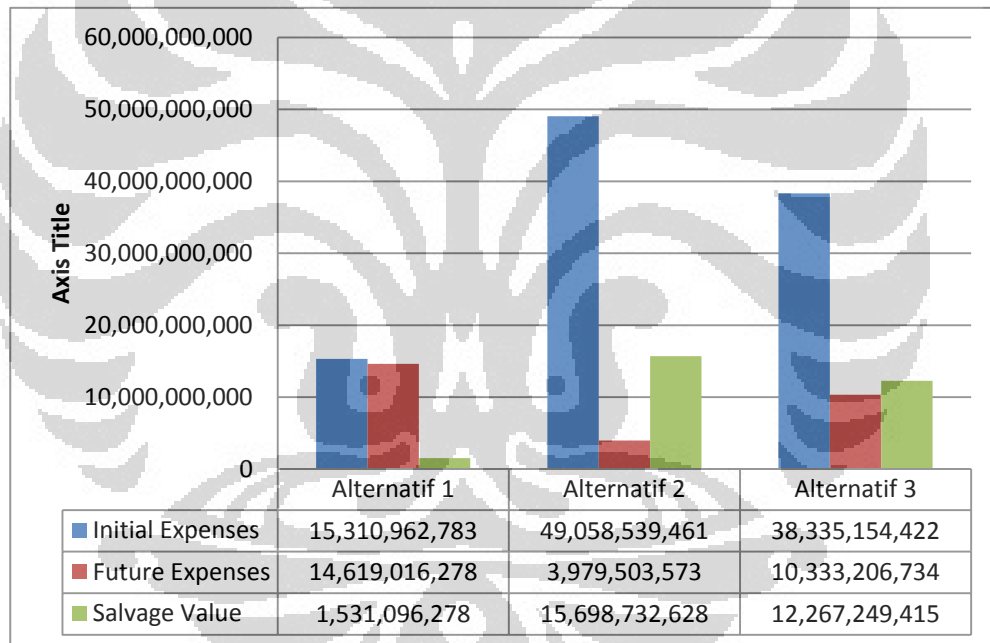
| A INITIAL EXPENSES | | Alternatif 1 | Alternatif 2 | Alternatif 3 |
|--------------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | Biaya investasi dan penggantian modal | 15,310,962,783 | 49,058,539,461 | 38,335,154,422 |
| | Design services | - | - | - |
| | Construction & Instalation | 14,176,817,392 | 14,176,817,392 | 14,176,817,392 |
| | Matrial & Equipment | | | |
| | Photovoltaic | - | 31,247,756,183 | 15,623,878,092 |
| | LED | - | - | 6,150,403,300 |
| | Indirect 5% | 708,840,870 | 2,271,228,679 | 1,490,034,774 |
| | Contingency 3% | 425,304,522 | 1,362,737,207 | 894,020,865 |
| B FUTURE EXPENSES | | 14,619,016,278 | 3,979,503,573 | 10,333,206,734 |
| 1 | Biaya Energi | 10,800,728,304 | - | - |
| | Electricity | 10,800,728,304 | - | - |
| 2 | Biaya Oprasional Non Bahan Bakar | | | |
| | Biaya asuransi | - | - | - |
| 3 | Biaya Perawatan dan Perbaikan | 3,818,287,974 | 3,979,503,573 | 10,333,206,734 |
| | Solar panel + Inverter | - | 161,215,598 | 161,215,598 |
| | Instalasi listrik | 473,349,807 | 473,349,807 | 473,349,807 |
| | Lampu | 3,344,938,167 | 3,344,938,167 | 9,698,641,328 |
| C SALVAGE VALUE | | | | |
| | 32% | 1,531,096,278 | 15,698,732,628 | 12,267,249,415 |
| | 10% | | | |
| | Total | 13,087,920,000 | -11,719,229,055 | -1,934,042,681 |
| | PRESENT VALUE | 2,111,655,139 | -1,890,825,300 | -312,045,854 |
| | TOTAL COST | 17,422,617,923 | 47,167,714,161 | 38,023,108,569 |

Sumber : Hasil Olahan

Initial cost untuk sistem PV masih sangat tinggi, dibandingkan dengan listrik konvensional (PLN). Initial cost alternatif 2 sebesar Rp. 47.167.714.161,00 sedangkan untuk alternatif 3, dengan menggunakan lampu LED dapat mengurangi energi yang digunakan, sehingga *initial cost* dapat dikurangi menjadi Rp.38,023,108,569,00, tetapi apabila dibandingkan dengan listrik konvensional (PLN), initial cost tersebut masih tinggi. Initial cost untuk listrik konvensional biasa hanya Rp 17,422,617,923. Sehingga dapat disimpulkan bahwa harga initial cost untuk PV dengan lampu *flourecent*, lebih mahal 3 kali lipat biaya menggunakan listrik konvensional, dan sistem PV dengan lampu LED dapat

mengurangi initial cost, tetapi initial cost tetap lebih mahal, yaitu 2 kali lipat dibandingkan dengan listrik konvensional.

Hal ini berbanding terbalik dengan *sustaining cost* yang harus dikeluarkan. Biaya paling tinggi adalah listrik konvensional, yaitu sebesar Rp. 13,087,920,000 sedangkan biaya untuk PV dengan lampu fluorescent sebesar Rp. 3,979,503,573, dan biaya untuk PV dengan lampu LED sebesar Rp. 10,333,206,734. *Future expenses* untuk listrik konvensional 7 kali lipat dibandingkan sistem PV dengan lampu *fluorecent*, sedangkan sistem PV dengan lampu LED 3 kali lipat dibandingkan sistem PV dengan lampu *fluorecent*. Perbandingan antara initial expenses, future expenses dan salvage value dapat dilihat pada Gambar 6.4.



Gambar 5.28 Perbandingan Initial Expenses, Future Expenses, dan Salvage Value untuk Semua Alternatif

Sumber : Hasil Olahan

Biaya initial cost untuk PV memang terbilang tinggi di Indonesia. Data yang diperoleh dari beberapa distributor menyebutkan bahwa harga PV sekitar US \$ 10 per watt. Berdasarkan penelitian *GreenTek Energy Research USA, Inc* tentang *Mono Crystalline Solar PV Module Pricing for 2009 To 2015* menyebutkan

bahwa harga PV telah menurun rata-rata 4% per tahun selama 15 tahun terakhir. (Md Jamil Uddin : 2009 hal. 6) [59].

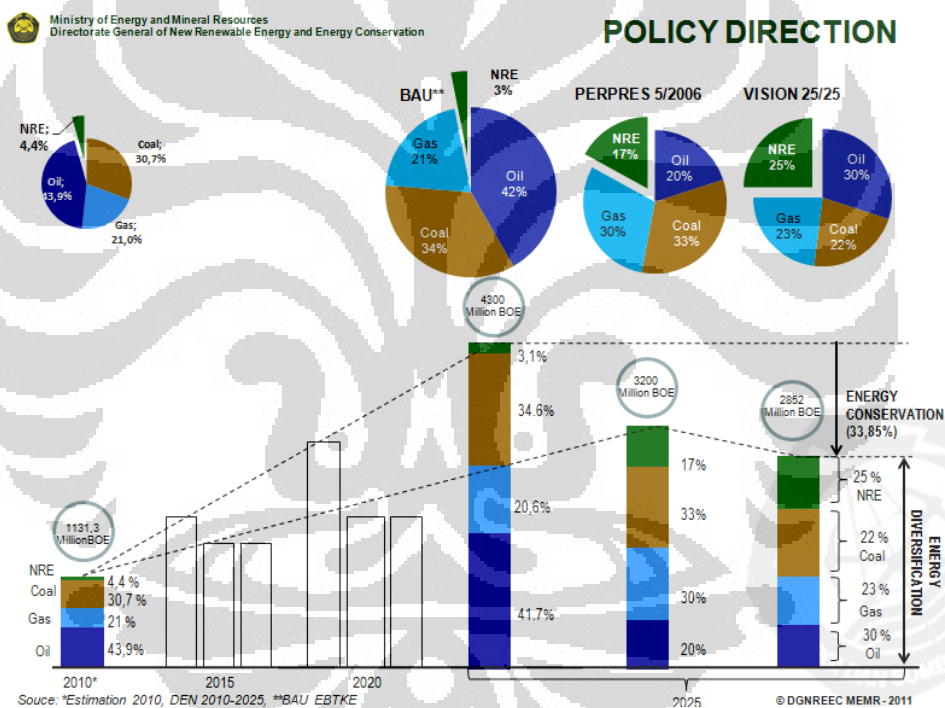
Saat ini harga PV di USA dan Eropa sekitar US \$ 3-4 per watt. India sekitar US \$ 2,80 dan Cina sekitar US \$ 2,50 dengan kualitas yang berbeda dengan PV di USA dan Eropa. (Md Jamil Uddin : 2009 hal 7) [60]. Indonesia belum dapat memproduksi panel PV sendiri, sehingga harganya masih sangat tinggi karena harus import dari negara lain yang sudah dapat memproduksi PV sendiri. Selain masalah initial cost yang masih tinggi, ada beberapa kebijakan dari pemerintah tentang PV yang diberlakukan di negara lain, agar masyarakat yang memiliki kesadaran akan pentingnya melakukan konservasi energi yang tidak terbarukan. Keuntungan yang ditawarkan pemerintah berupa pengurangan pajak (*tax incentive*), cicilan pajak (*tax credit*), dan subsidi terhadap penggunaan energi terbarukan (*renewable energi*).

Tahun 2005 UU kebijakan energi di Amerika telah menawarkan2 (dua) insentif pajak, yaitu kredit pajak sebesar 30% untuk PV dan sistem elektrikal, dan pengurangan pajak sebesar US\$ 1,80 per m², untuk proyek-proyek yang dapat mengurangi energi untuk penerangan, HVAC, dan sistem pemanas air dibandingkan tahun 2001. Sedangkan untuk bangunan pemerintah, pengurangan pajak diberlakukan untuk tim desain dan arsitek yang terlibat dalam perencanaan bangunan tersebut. (Jerry Yudelson : 2008) [61]

Saat ini telah banyak negara menetapkan *carbon tax policy*. Pajak ditetapkan berdasarkan ton CO₂ yang dihasilkan, dan untuk listrik berdasarkan kWh yang digunakan. Hal ini belum diterapkan di Indonesia, sehingga belum dapat dihitung biaya yang dapat dikurangi atas *carbon tax policy*. Berdasarkan data Departemen ESDM diketahui bahwa cadangan minyak bumi di Indonesia hanya cukup untuk 18 tahun mendatang, gas bumi hanya cukup untuk 61 tahun mendatang, dan batu bara hanya mencukupi 147 tahun kedepan. Selain dari jumlahnya yang terbatas, sumber daya energi tersebut memiliki kelemahan. Dampaknya terhadap pemanasan global cukup tinggi. Setiap 100 megaWatt bertenaga batu bara akan mengisi 5,6 juta ton CO₂ per tahun. (Teguh Priyambodo, dari Nji Raden Poespawati, 2007) [62].

Saat ini Indonesia mengikuti Clean Development Mechanism (CDM). Program untuk negara berkembang dalam usaha pengurangan CO₂. Setiap pengurangan CO₂/ton dihargai US\$10, sehingga dengan pengurangan CO₂ dapat menjadi pendapatan bagi negara berkembang.

Pemerintah mengalokasikan anggaran untuk subsidi listrik sebesar Rp.55,1 triliun, dan mulai 1 Juli 2010 PLN menaikkan Tarif Dasar Listrik (TDL), menutupi kekurangan subsidi sebesar Rp4,8 triliun. Kenaikan minyak dunia yang terus melonjak, karena semakin lama persediaanya semakin menipis, membuat pemerintah mulai merubah arah kebijakan tentang energi.

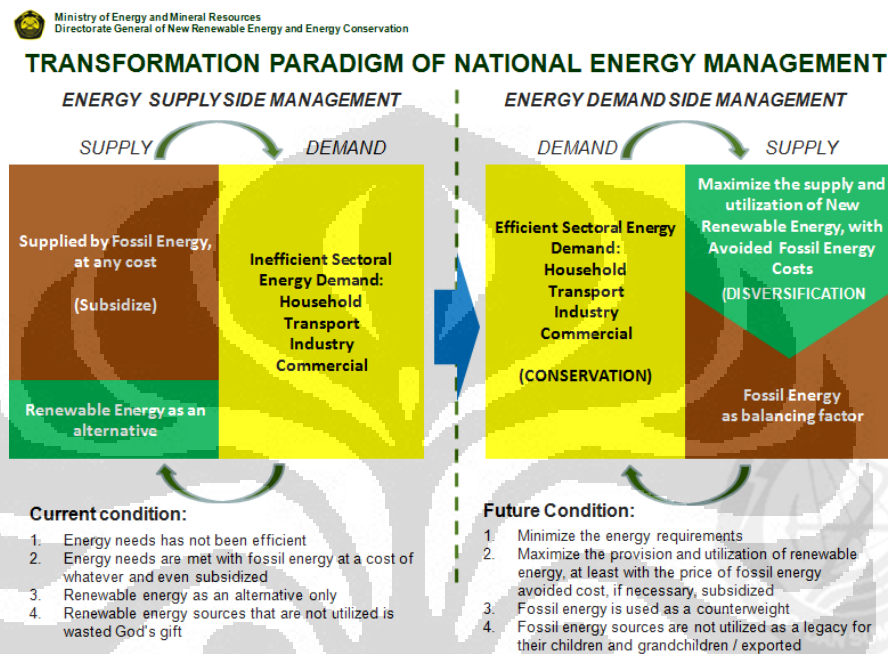


Gambar 5.29 Arah Kebijakan Energi Indonesia

Sumber : Dirjen Energi dan Sumber Daya Mineral

Saat ini pemerintah berusaha untuk mengubah paradigma pengelolaan energi nasional, yang sebelumnya dititikberatkan pada sisi persediaan menjadi sisi permintaan. Sebelumnya pengelolaan energi didasarkan atas supply dimana pemerintah berusaha memenuhi kebutuhan energi. Energi fosil terus disubsidi guna memenuhi kebutuhan energi. Energi terbarukan hanyalah alternatif dan

tidak diprioritaskan dalam eksplorasi maupun pemanfaatannya. Rencana kedepan, pemerintah mulai meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan menjadi 25% pada tahun 2025, dan mengurangi penggunaan energi berbahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui.



Gambar 5.30 Transformasi Paradigma Manajemen Energi Nasional

Sumber : Dirjen Energi dan Sumber Daya Mineral

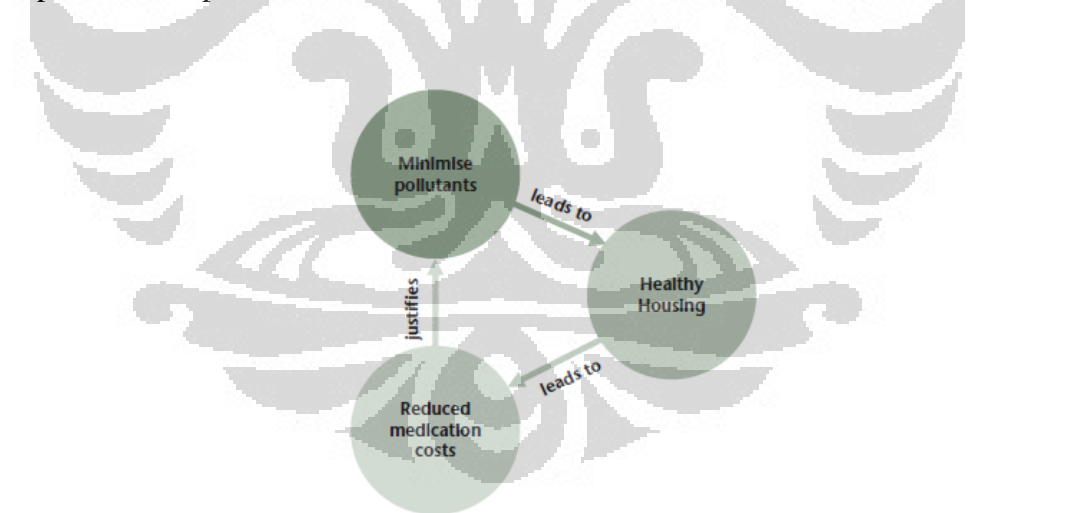
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa analisa *Life Cycle Cost* (LCC) dilakukan dengan membandingkan biaya total dan manfaat dari siklus hidup komponen, sistem, atau materi bukan hanya berfokus pada biaya pertama. Hal ini memungkinkan biaya masa depan dan manfaat yang akan diambil dalam analisis, sehingga nilai kumulatif jangka panjang menjadi dasar untuk membuat keputusan. Namun, biaya siklus hidup tidak mencantumkan biaya non finansial atau keuntungan seperti kualitas, estetika, dan dampak lingkungan.

Selain keuntungan-keuntungan yang disebutkan diatas, yaitu *tax incentive* , dan *carbon tax policy*, banyak keuntungan lainnya yang didapat dengan perancangan arsitektur berkelanjutan, antara lain, reduksi biaya operasional, perawatan dan perbaikan gedung, dengan perencanaan yang tepat dan terintegrasi dengan baik.

komisioning sistem pada saat awal oprasional perlu dilakukan, untuk mengetahui dengan pasti bahwa peralatan yang digunakan sudah sesuai dengan perencanaan dan dapat beroperasi dengan baik.

Perancangan arsitektur berkelanjutan juga dapat meningkatkan nilai ekonomi bangunan, dengan segala kelebihan dan performa yang dimiliki oleh bangunan tersebut, yang terasa manfaatnya baik dalam aspek kesehatan, lingkungan, sosial, maupun ekonomi. Berdasarkan laporan perusahaan-perusahaan besar di USA yang telah menerapkan *sustainability* pada gedung dan bisnis mereka menunjukkan bahwa sustainable building memberikan efek positif dan keuntungan bagi para *stakeholder*, karena itu terlihat peningkatan jumlah bangunan dengan konsep arsitektur berkelanjutan.

Manfaat yang terasa secara langsung adalah meningkatkan produktifitas dan kesehatan pengguna bangunan, dengan keadaan bangunan yang baik dan sehat, akan meningkatkan produktifitas dan kesehatan pengguna bangunan, dan hal ini merupakan keuntungan secara ekonomi yang tidak dirasakan secara langsung, seperti terlihat pada Gambar 6.6



Gambar 5.31 Hubungan Tingkat Polusi, Kesehatan Bangunan dan Reduksi Biaya Pengobatan

Sumber : Sustainable Construction 2008

Pinjaman modal adalah sesuatu yang penting dan sangat dibutuhkan oleh pemilik bangunan, baik pemilik bangunan komersial maupun bangunan *non profit*, seperti sekolah, universitas dan perpustakaan. Semakin besarnya kesadaran tentang

pentingnya masalah lingkungan, yang saat ini dilihat sebagai tanggung jawab sosial dan ekonomi, membuat para stake holder memberikan dukungan dan kemudahan dalam pemberian modal bagi bangunan dengan konsep arsitektur berkelanjutan. Para stake holder industri bangunan mulai mengerti tentang kelebihan dan manfaat dari bangunan berkelanjutan, dan menganggap bahwa menjaga lingkungan bukan hanya tugas salah satu pihak, tapi seluruh stake holder yang terlibat.

Manfaat lainnya adalah perijinan bangunan yang lebih mudah baik dari segi waktu dan perijinan, karena dalam perijinan bangunan dibutuhkan *risk mitigation*, dan bangunan dengan konsep arsitektur berkelanjutan dianggap lebih aman. Kemudahan ini telah diberlakukan di USA dan negara-negara lainnya, kemudahan perijinan dan prioritas oleh pemerintah merupakan salah satu bentuk dukungan dari pemerintah dalam pembangunan berkelanjutan.

Khusus untuk bangunan komersial, keuntungan yang dirasakan adalah penjualan dan sewa yang lebih cepat, sehingga keuntungan secara ekonomi langsung terasa oleh pemilik bangunan. Penyewa dan pembeli saat ini telah mengetahui tentang manfaat dan kelebihan dari bangunan berkelanjutan, sehingga mereka tertarik dengan konsep tersebut.

Negara-negara maju mewajibkan para pemilik bangunan untuk mengasuransikan bangunan yang mereka miliki. Bangunan dengan konsep arsitektur berkelanjutan dinilai memiliki resiko lebih rendah, maka di USA telah ditetapkan bahwa bangunan dengan konsep arsitektur berkelanjutan, mendapatkan pengurangan sebesar 5 % premi asuransi. Hal ini juga merupakan salah satu bentuk dukungan nyata terhadap perkembangan bangunan berkelanjutan.

Menurut pakar 1 (satu) dan pakar 2 (dua), manfaat-manfaat yang disebutkan diatas belum dirasakan langsung oleh stakeholder industri bangunan di Indonesia. Kendala yg paling dasar adalah paradigma masyarakat, dan jarak (*gap*) antar stake holder satu sama lain. Tidak ada otoritas yg berani menyatukan, pemerintah adalah salah satu stake holder yg harus berani dan memimpin dalam pengambilan keputusan.. Tapi masalahnya pemerintah saat ini belum mengerti akan kebutuhan green building, beda dengan pemerintah negara lain yang sudah lebih mengerti,

dan mengharuskan bangunan yang berkonsep green building, dengan menetapkan peraturan tentang green building pada setiap bangunan yang akan dibangun, maupun bangunan eksisting. DPR sebagai penentu kebijakan seharusnya dapat bekerja lebih keras dalam mewujudkan green building di Indonesia.



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Pendekatan arsitektur berkelanjutan untuk bangunan modern adalah fenomena baru di Indonesia, hanya sebagian kecil saja profesional di Indonesia yang memiliki pengalaman dan teknologi di bidang bangunan hijau. Penerapan arsitektur berkelanjutan di Indonesia masih bersifat parsial, sehingga perancangan arsitektur berkelanjutan belum dapat terintegrasi dengan baik. Aspek Lingkungan menjadi fokus utama para stake holder saat ini, sedangkan aspek sosial dan aspek ekonomi belum menjadi pertimbangan dan perhatian responden dalam perancangan. Hasil survey menunjukkan bahwa efisiensi biaya yang dapat dilakukan dengan perancangan arsitektur berkelanjutan adalah biaya energi, biaya perawatan dan perbaikan, dan biaya air.

Hasil temuan dan bahasan pada studi kasus yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa perancangan arsitektur berkelanjutan dengan konsep efisiensi energi pada studi kasus penggunaan Photovoltaic (PV) pada Gedung Perpustakaan Universitas Indonesia, belum dapat meningkatkan kualitas ekonomi bangunan dengan reduksi Life Cycle Cost (LCC).

6.2 SARAN

Diperlukannya panduan dan penelitian lebih lanjut tentang kriteria desain, proses, dan manfaat yang didapat dari arsitektur berkelanjutan dilihat dari berbagai aspek, yaitu aspek lingkungan, sosial dan ekonomi, sehingga memberikan kesadaran dan keinginan dari seluruh stakeholder industri bangunan di Indonesia untuk mendukung terwujudnya arsitektur berkelanjutan melalui tindakan-tindakan nyata yang tepat dan terintegrasi dengan baik. Hasil panduan dan penelitian desain

arsitektur berkelanjutan tersebut dapat digunakan sebagai alat bagi para pengambil keputusan dan kebijakan, untuk menetapkan peraturan dan perijinan bagi pengadaan bangunan di Indonesia, baik dalam skala lokal maupun nasional.

Kebijakan pemerintah yang memiliki kekuatan hukum tentang pembangunan berkelanjutan. Kebijakan yang dimaksud haruslah secara detail dan menyeluruh dari setiap proses dan fase bangunan, dimulai pada saat penentuan kriteria rancangan atau *Term of Reference* (TOR), proses pengadaan, perencanaan, perijinan, pembangunan, oprasional, perawatan dan perbaikan, sampai dengan umur bangunan tersebut habis. Hal ini perlu dilakukan agar pembangunan berkelanjutan dapat secara menyeluruh dan terintegrasi secara utuh.

Perhatian dan dukungan pemerintah sangat diperlukan untuk mendukung energi terbarukan, antara lain dengan memberikan subsidi, pengurangan pajak, dan kebijakan lainnya. Pembangunan berkelanjutan tidak dapat dilakukan secara parsial, harus dilakukan secara menyeluruh dari tingkat mikro, meso dan makro. Seluruh stakeholder diharapkan dapat saling mendukung, dan tidak terjadi kesenjangan. Partisipasi semua pihak dalam pembangunan berkelanjutan akan memberikan manfaat yang lebih besar.

DAFTAR ACUAN

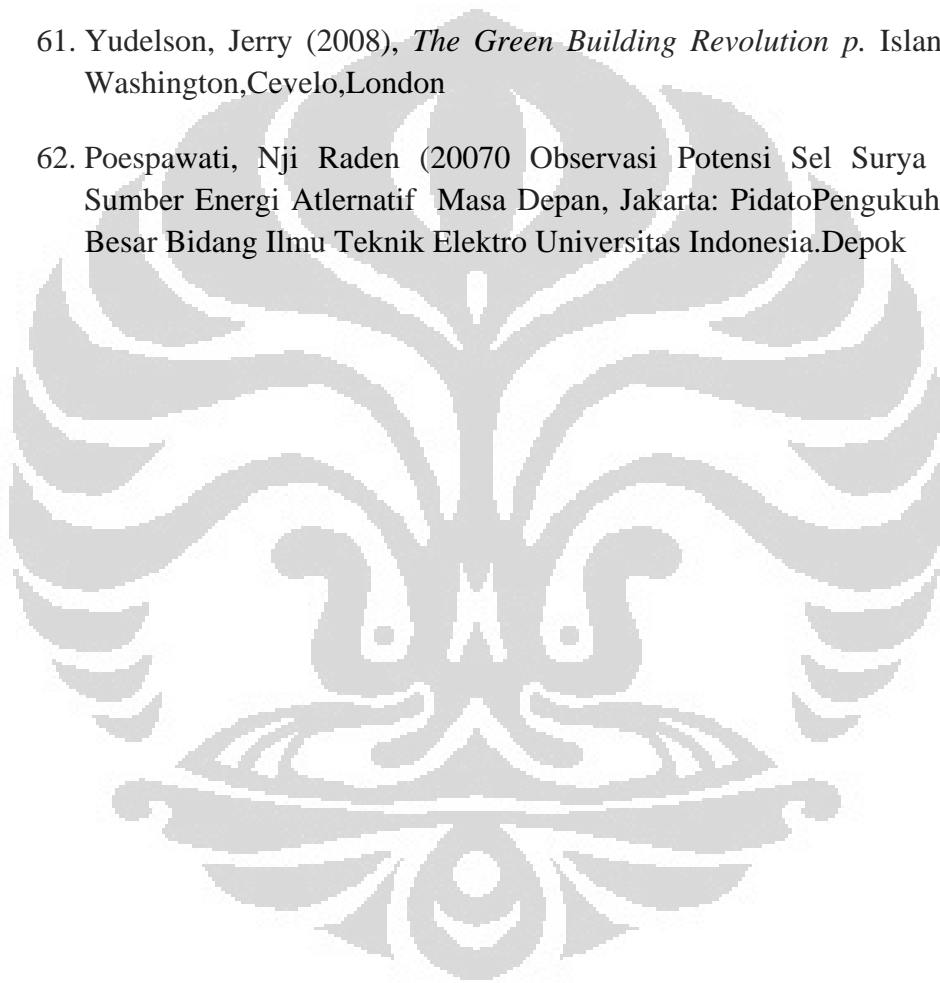
1. Aumnad Phdungsilp. (2009). *Comparative Study of Energy and Carbon Emissions*. Fifth Urban Research Symposium.
2. Aisa Tobing. (2009). *Best Practice Applying Carbon Finance to Cities*. New York City Global Partner, New York.
3. Carl-Alexander Graubner, Univ.Prof.Dr,-Ing. (2009) *German Sustainable Building Quality Label*, Jerman: Technische Universitat Darmstadt
4. Gregory H Kats. (2003). *Green Building Cost and Financial Benefits*, Massachusetts Technology Collaborative, Massachusetts.
5. Gregory H Kats. (2003). *Green Building Cost and Financial Benefits*, Massachusetts Technology Collaborative, Massachusetts.
6. Jatmika Adi Suryabrata. (2005). *Pasive and Low Energy Architecture an Alternative Design Approach For Sustainable Development*. The 6th International Seminar of Sustainable Environment and Architecture, Bandung
7. Jatmika Adi Suryabrata. (2005). *Pasive and Low Energy Architecture an Alternative Design Approach For Sustainable Development*. The 6th International Seminar of Sustainable Environment and Architecture, Bandung
8. Imam Soeharto, (1995). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Oprasional*, Erlangga.
9. Daniel castro-Lacouture, Karthik Ramkrishnan. (2008). *Fuzzy Logic Method for measuring Building Quality*. Journal of Quality vol. 15 no 2 Building Construction Program, Georgia Institute of technology, USA
10. Sam C M Hui.(2002). *Sustainable Architecture*. Building Environmental and Energy Research (BEER), China
11. Tondy O Lubis (2010) Wawancara, Praktisi-Core Founder Green Building Council Indonesia
12. Suganda, Emirhadi (2010) Menuju Tata Kelola Lingkung Bangun Berkelanjutan, Depok: PidatoPengukuhan Guru Besar Bidang Tata Kelola Bangunan Universitas Indonesia
13. Sam C M Hui.(2002). *Sustainable Architecture*. Building Environmental and Energy Research (BEER), China

14. Gunawan Tanuwidjaja. (2002). *Sustainable Architecture Betapa Hijau Rumahku*, Jakarta
15. Sam C M Hui.(2002). *Sustainable Architecture*. Building Environmental and Energy Research (BEER), China
16. Spadafora, Ronald.F, (1999) *Leadership in Energy And Environmental Design (LEED)*, The U.S. Green Building Council (USGBC), USA
17. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning engineers Inc, (2006). *ASHRAE Green Guide – The Design, Construction, and Operation of Sustainable Building*, New York.
18. Sam C M Hui.(2002). *Sustainable Architecture*. Building Environmental and Energy Research (BEER), China
19. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning engineers Inc, (2006). *ASHRAE Green Guide – The Design, Construction, and Operation of Sustainable Building*, New York
20. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning engineers Inc, (2006). *ASHRAE Green Guide – The Design, Construction, and Operation of Sustainable Building*, New York
21. Green Building Council Indonesia (2010). *Perangkat Penilaian untuk Bangunan Hijau di Indonesia*. Green Building Council Indonesia, Jakarta
22. James Steele (1997). *Sustainable Architecture*, The McGraw-Hill Companies, Inc, New York
23. Sam C M Hui.(2002). *Sustainable Architecture*. Building Environmental and Energy Research (BEER), China
24. Gregory H Kats. (2003). *Green Building Cost and Financial Benefits*, Massachusetts Technology Collaborative, Massachusetts.
25. Sam C M Hui.(2002). *Sustainable Architecture*. Building Environmental and Energy Research (BEER), China
26. Suganda, Emirhadi (2010) *Menuju Tata Kelola Lingkungan Bangun Berkelanjutan*, Jakarta: Pidato Pengukuhan Guru Besar Bidang Tata Kelola Bangunan.
27. Susianti Puspasari (2009) *Sustainable Development A Case for Indonesia*, Jakarta: National Development Planning Agency (Bappenas) Indonesia.

28. Departemen Komunikasi dan Informasi (2009), *Pertauran Gubernur tentang Gedung Ramah Lingkungan*. Depkominfo, Jakarta
29. Green Building Council Indonesia (2010). *Perangkat Penilaian untuk Bangunan Hijau di Indonesia*. Green Building Council Indonesia, Jakarta
30. Green Building Council Indonesia (2010). *Perangkat Penilaian untuk Bangunan Hijau di Indonesia*. Green Building Council Indonesia, Jakarta
31. Green Building Council Indonesia (2010). *Perangkat Penilaian untuk Bangunan Hijau di Indonesia*. Green Building Council Indonesia, Jakarta
32. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning engineers Inc, (2006). *ASHRAE Green Guide – The Design, Construction, and Operation of Sustainable Building*, New York
33. Green Building Council Indonesia (2010). *Perangkat Penilaian untuk Bangunan Hijau di Indonesia*. Green Building Council Indonesia, Jakarta
34. Mendler IAI, Sandra (2006). *The Guidebook to Sustainable Design*, John Wiley & Soon, Inc, Canada.
35. Carl-Alexander Graubner, Univ.Prof.Dr,-Ing. (2009) *German Sustainable Building Quality Label*, Jerman: Technische Universitat Darmstadt
36. Kevin Hydes- Chair World Green Building Council.(2008) *The Future Arch Interview*. Future Arch 3rd Quarter volume 10, Indonesia
37. Sieglinde Fuller (2009). *Life-Cycle Cost Analysis*, National Institute of Standards and Technology, USA
38. Sieglinde Fuller (2009). *Life-Cycle Cost Analysis*, National Institute of Standards and Technology, USA
39. Blanchard, Benjamin S p 556. *System Engineering and Analysis*, Prentice Hall International Series In Industrial and system engineering, USA
40. Sieglinde Fuller (2009). *Life-Cycle Cost Analysis*, National Institute of Standards and Technology, USA
41. Thorbjoern Mann (1992). *Building Economics for Architects*, USA
42. Sieglinde Fuller (2009). *Life-Cycle Cost Analysis*, National Institute of Standards and Technology, USA

43. Sieglinde Fuller (2009). *Life-Cycle Cost Analysis*, National Institute of Standards and Technology, USA
44. Jutta Schade (2007). *Life Cycle Cost for Buildings*, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden
45. Flanagan et al dari Jutta Schade (2007). *Life Cycle Cost for Buildings*, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden
46. Blanchard, Benjamin S p 556. *System Engineering and Analysis*, Prentice Hall International Series In Industrial and system engineering, USA
47. Yin, R. K. (1994). *Case Study Research Design and Methods*. New Delhi, Sage Publication
48. Yin, R. K. (1994). *Case Study Research Design and Methods*. New Delhi, Sage Publication
49. Sugiyono, (2006). *Statistika untuk penelitian*, Penerbit Alfabeta, Bandung
50. Poespawati, Nji Raden (2007) *Observasi Potensi Sel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif Masa Depan*, Jakarta: Pidato Pengukuhan Guru Besar Bidang Ilmu Teknik Elektro Universitas Indonesia. Depok
51. Sieglinde Fuller (2009). *Life-Cycle Cost Analysis*, National Institute of Standards and Technology, USA
52. James Steele hal.16 (1997). *Sustainable Architecture*, The McGraw-Hill Companies, Inc, New York
53. James Steele hal.8 (1997). *Sustainable Architecture*, The McGraw-Hill Companies, Inc, New York
54. Abioso, Wanita Subarda (2007). *Kriteria Rancangan Arsitektur dalam Konteks Pembangunan Berkelanjutan*, Thesis Jurusan Arsitektur Institut Teknologi Bandung, Bandung.
55. Anshori, Imam (2008). *Konsepsi Pengelolaan Sumber Daya Air menyeluruh dan Terpadu*, Dinas Sumber Daya Air Nasional, Jakarta.
56. Green Building Council Indonesia (2010). *Perangkat Penilaian untuk Bangunan Hijau di Indonesia*. Green Building Council Indonesia, Jakarta

57. Halliday, Sandy (2008). *Sustainable Construction*. Gaia Research, Burlington USA
58. Thor Kerr (2008) Green Issue 2008. Future Ach, Indonesia
59. Md Jamil Uddin (2009), *Mono Crystalline Solar Photovoltaic Module Pricing Comparison p 6* GreenTek Energy Research USA, Inc, USA.
60. Md Jamil Uddin (2009), *Mono Crystalline Solar Photovoltaic Module Pricing Comparison p 7* GreenTek Energy Research USA, Inc, USA.
61. Yudelson, Jerry (2008), *The Green Building Revolution p.* Island Press, Washington, Cevelo, London
62. Poespawati, Nji Raden (2007) Observasi Potensi Sel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif Masa Depan, Jakarta: Pidato Pengukuhan Guru Besar Bidang Ilmu Teknik Elektro Universitas Indonesia. Depok



DAFTAR PUSTAKA

Abioso, Wanita Subarda (2007). Kriteria Rancangan Arsitektur dalam Konteks Pembangunan Berkelanjutan, Thesis Jurusan Arsitektur Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Aisa Tobing. (2009). *Best Practice Applying Carbon Finance to Cities*. New York City Global Partner, New York

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning engineers Inc, (2006). *ASHRAE Green Guide – The Design, Construction, and Operation of Sustainable Building*, New York.

Anshori, Imam (2008). Konsepsi Pengelolaan Sumber Daya Air menyeluruh dan Terpadu, Dinas Sumber Daya Air Nasional, Jakarta.

Aumnad Phdungsilp. (2009). *Comparative Study of Energy and Carbon Emissions*. Fifth Urban Research Symposium.

Blanchard, Benjamin S p 556. *System Engineering and Analysis*, Prentice Hall International Series In Industrial and system engineering, USA

Carl-Alexander Graubner, Univ.Prof.Dr,-Ing. (2009) *German Sustainable Building Quality Label*, Jerman: Technische Universitat Darmstadt

Daniel castro-Lacouture, Karthik Ramkrishnan. (2008). *Fuzzy Logic Method for measuring Building Quality*. Journal of Quality vol. 15 no 2 Building Construction Program, Georgia Institute of technology, USA

Departemen Komunikasi dan Informasi (2009), Pertauran Gubernur tentang Gedung Ramah Lingkungan. Depkominfo, Jakarta

Galen Barbose, Naïm Darghouth, Ryan Wiser (2010) *Tracking the Sun III The Installed Cost of Photovoltaics in the U.S. from 1998-2009*, Lawrence Berkeley National Laboratory, USA.

Gregory H Kats. (2003). *Green Building Cost and Financial Benefits*, Massachusetts Technology Collaborative, Massachusetts.

Gunawan Tanuwidjaja. (2002). *Sustainable Architecture Betapa Hijau Rumahku*, Jakarta

Halliday, Sandy (2008). *Sustainable Construction*. Gaia Research, Burlington USA

Imam Soeharto, (1995). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Oprasional*, Erlangga.

Jatmika Adi Suryabrata. (2005). *Pasive and Low Energy Architecture an Alternative Design Approach For Sustainable Development*. The 6th International Seminar of Sustainable Environment and Architecture, Bandung

Jutta Schade (2007). *Life Cycle Cost for Buildings*, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden

Kevin Hydes- Chair World Green Building Council.(2008) *The Future Arch Interview*. Future Arch 3rd Quarter volume 10, Indonesia

Md Jamil Uddin (2009), *Mono Cryctalline Solar Photovoltaic Module Pricing Comparison p 6* GreenTek Energy Research USA, Inc, USA.

Spadafora, Ronald.F, (1999) *Leadership in Energy And Environmental Design (LEED)*, The U.S. Green Building Council (USGBC), USA

Sam C M Hui.(2002). *Sustainable Architecture*. Building Environmental and Energy Research (BEER), China

Sieglinde Fuller (2009). *Life-Cycle Cost Analysis*, National Institute of Standards and Technology, USA

Solar Photovoltaic Plant Operating and Maintenance Costs (2010) Scott Maden Management Consulant, USA

Spadafora, Ronald.F, (1999) *Leadership in Energy And Environmental Design (LEED)*, The U.S. Green Building Council (USGBC) Thorbjoern Mann (1992). *Building Economics for Architects*, USA

Suganda, Emirhadi (2010) *Menuju Tata Kelola Lingkungan Bangun Berkelanjutan*, Depok: PidatoPengukuhan Guru Besar Bidang Tata Kelola Bangunan Universitas Indonesia

Sugiyono, (2006). *Statistika untuk penelitian*, Penerbit Alfabeta, Bandung

Susianti Puspasari (2009) *Suistainable Development A Case for Indonesia*, Jakarta: National Development Planning Agency (Bappenas) Indonesia.

Thor Kerr (2008) Green Issue 2008. Future Ach, Indonesia

Tondy O Lubis (2010) Wawancara, Praktisi-Core Founder Green Building Council Indonesia

Yin, R. K. (1994). *Case Study Research Design and Methods*. New Delhi, Sage Publication

Yudelson, Jerry (2008), *The Green Building Revolution p*. Island Press, Washington, Cevelo, London

