

SKRIPSI

**STUDI EFISIENSI ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG CLASSROOM
DALAM MENCAPAI STANDAR KAMPUS HIJAU**

Disusun dan diajukan oleh:

**MAYLAFAYZZA TOMBOKAN
D011 20 1019**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI EFISIENSI ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG CLASSROOM DALAM MENCAPAI STANDAR KAMPUS HIJAU

Disusun dan diajukan oleh

MAYLAFAYZZA TOMBOKAN
D011 20 1019

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 11 September 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, S.T, M.Eng
NIP. 196805292002121002

Menyetujui,
Pembimbing Utama,



Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, S.T, M.Eng, PM.IPM
NIP. 197303061998021001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Maylafayzza Tombokan
NIM : D011201019
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

{STUDI EFISIENSI ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG CLASSROOM DALAM MENCAPAI
STANDAR KAMPUS HIJAU}

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 13 September 2024

Yang Menyatakan



Maylafayzza Tombokan

ABSTRAK

Maylafayzza Tombokan, 2024. *Studi Efisiensi Energi Listrik Pada Gedung Classroom Dalam Mencapai Standar Kampus Hijau* (dibimbing oleh Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, S.T, M.Eng, PM.IPM)

Bangunan hijau merupakan suatu konsep bangunan yang ramah lingkungan yang sudah menjadi perhatian khusus diberbagai negara dan mulai diterapkan di Indonesia. Konsep green building merupakan salah satu upaya penghematan energi yang dapat diterapkan pada suatu gedung. Dari sekian banyak bangunan di Indonesia belum banyak bangunan yang menggunakan konsep green building. Melihat dari populasi penduduk di Indonesia mengalami perkembangan yang cukup pesat, sehingga kebutuhan bangunan pun ikut meningkat dengan dampak negatif yang menyebabkan kurangnya ruang terbuka hijau di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis penghematan energi bangunan hijau pada gedung classroom. Dari hasil analisis penilaian menganalisis penghematan energi bangunan hijau pada gedung classroom diperoleh data menunjukkan bahwa melalui tindakan penghematan energi, seperti penggantian lampu TL dengan lampu LED dan penggunaan AC yang lebih efisien, dapat dihasilkan penghematan signifikan baik dalam jangka pendek maupun panjang. Proyek penggantian lampu LED 16 watt dan efisiensi energi pada penggunaan AC menunjukkan penghematan biaya yang signifikan. Penggantian lampu menghasilkan penghematan sebesar 194,965 atau 17% selama 30 tahun. Dalam penggunaan AC, penghematan energi (penambahan sensor AC) menghasilkan penghematan biaya listrik sebesar Rp385.895 atau 8% selama 30 tahun. Selain itu, penggunaan lift penghematan selama 30 tahun sebesar Rp126.643 menunjukkan persentase penghematan sebesar 6%. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi hemat energi seperti lampu TL LED 16 watt dan penambahan sensor AC, serta upaya penghematan energi untuk lift, memberikan penghematan energi dan biaya yang signifikan. Meskipun ada biaya investasi awal, manfaat jangka panjang dari penghematan energi dan pengurangan biaya operasional memberikan nilai ekonomis positif dan mendukung kelestarian lingkungan.

Kata Kunci: Bangunan Hijau; Efisiensi Energi Listrik; Gedung Classroom.

ABSTRACT

Maylafayzza Tombokan, 2024. *Study of Electrical Energy Efficiency in Classroom Buildings in Achieving Green Campus Standards* (supervised by Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, S.T, M.Eng, PM.IPM)

Green buildings are an environmentally friendly building concept that has become a special concern in various countries and has begun to be implemented in Indonesia. The green building concept is one of the energy saving efforts that can be applied to a building. Of the many buildings in Indonesia, not many buildings use the green building concept. Seeing that the population in Indonesia is growing quite rapidly, the need for buildings has also increased with a negative impact that causes a lack of green open space in Indonesia. The purpose of this study is to analyze the energy savings of green buildings in classroom buildings. From the results of the analysis of the assessment of green building energy savings in classroom buildings, data shows that through energy saving measures, such as replacing TL lamps with LED lamps and using more efficient ACs, significant savings can be generated both in the short and long term. The project to replace 16 watt LED lamps and energy efficiency in AC use shows significant cost savings. Replacing the lamps resulted in savings of 194,965 or 17% over 30 years. In the use of AC, energy savings (addition of AC sensors) resulted in electricity cost savings of Rp385,895 or 8% over 30 years. In addition, the use of elevators for 30 years of savings of Rp126,643 showed a savings percentage of 6%. This study shows that the application of energy-saving technologies such as 16-watt LED TL lamps and the addition of AC sensors, as well as energy-saving efforts for elevators, provide significant energy and cost savings. Although there is an initial investment cost, the long-term benefits of energy savings and reduced operational costs provide positive economic value and support environmental sustainability.

Keywords: Green Building; Electrical Energy Efficiency; Classroom Building.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	II
DAFTAR ISI	III
DAFTAR TABEL	V
DAFTAR LAMPIRAN	VI
KATA PENGANTAR	VII
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2. RUMUSAN PERMASALAHAN.....	4
1.3. TUJUAN PENELITIAN	4
1.4. MANFAAT PENELITIAN	4
1.5. RUANG LINGKUP PENELITIAN.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. PENGERTIAN GREEN BUILDING.....	5
2.2. GREEN BUILDING COUNCIL INDONESIA (GBCI).....	7
2.2.1. Greenship	7
2.2.2. Konsep Bangunan Hijau	8
2.2.3. Manfaat Bangunan Hijau	8
2.3. ECO OFFICE	9
2.4. GEDUNG KONVENSIONAL	10
2.5. TUJUAN PENERAPAN GREEN BUILDING	10
2.6. KATEGORI GREENSHIP UNTUK BANGUNAN	11
2.7. UI GREENMETRIC WORLD UNIVERSITY RANKING	13
2.8. KATEGORI EFISIENSI DAN KONSERVASI ENERGI	14
2.9. KESEHATAN DAN KENYAMANAN RUANGAN.....	16
2.9.1. Pencahayaannya Alami	17
2.9.2. Kenyamanan Visual	18
2.9.3. Minimalis Sumber Polutan	18
2.9.4. Tingkat Kebisingan	19
2.9.5. Kenyamanan Spasial.....	19
2.10. Kategori Efisiensi Dan Konservasi Energi	19
2.10.1 Energi Listrik	19
2.10.2 Kualitas Energi Listrik.....	20

2.11	Prinsip Dasar Konservasi Energi	21
2.12	PROSEDUR DAN PENGERTIAN AUDIT.....	21
	2.12.1 Jenis Audit Energi.....	21
	2.12.2 Audit Energi Awal (Preliminary Audit).....	21
	2.12.3 Laporan Audit Energi.....	21
2.13	SISTEM TATA UDARA.....	23
2.14	PENCAHAYAAN	24
	2.14.1 Cahaya.....	24
	2.14.2 Pencahayaan Alami.....	25
	2.14.2.1 Definisi Pencahayaan Alami.....	25
	2.14.2.2 Manfaat Pencahayaan Alami	25
	2.14.2.3 Kelebihan Dan Kekurangan Pencahayaan Alami.....	26
	2.14.2.4 Standar-standar Pada Pencahayaan Alami	26
	2.14.3 Pencahayaan Buatan.....	27
	2.14.3.1 Definisi Pencahayaan Buatan.....	27
	2.14.3.2 Manfaat Pencahayaan Buatan	28
	2.14.3.3 Kelebihan Dan Kekurangan Pencahayaan Buatan	29
2.15	Efisiensi Dan Konservasi Energi	29
2.16	Tabel Penelitian Terdahulu	30
	BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	35
	3.1. DIAGRAM ALIR PENELITIAN	35
	3.2. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN	35
	3.3. TEKNIK PENGUMPULAN DATA.....	36
	3.4. VARIABEL PENELITIAN	36
	3.5. TEKNIK ANALISIS DATA.....	37
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
	4.1 RENCANA PENGHEMATAN ENERGI	38
	4.2 KONDISI EKSISTING PEMAKAIAN ENERGI.....	45
	4.3 REKAPITULASI PENGHEMATAN ENERGI.....	51
	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	54
	5.1. KESIMPULAN	54
	5.2. SARAN	55
	DAFTAR PUSTAKA.....	

LAMPIRAN.....

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu	30
Tabel 4.1 Rencana Penanganan Penghematan Energi.....	38
Tabel 4.2 Kondisi Eksisting Pemakaian Energi	45
Tabel 4.3 Rekapitulasi Penghematan Energi.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rencana Penanganan Penghematan Energi	57
Lampiran 2. Kondisi Eksisting Pemakaian Energi.....	58
Lampiran 3. Rekapitulasi Penghematan Energi	60

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahim. Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah Subhanahu wa ta'ala, Tuhan semesta alam yang telah memberikan nikmat dan karunianya kepada penulis sehingga penyusunan penelitian Tugas Akhir ini dengan judul **"Studi Efisiensi Energi Listrik Pada Gedung Classroom Dalam Mencapai Standar Kampus Hijau"** ini bisa diselesaikan walau disajikan dengan bentuk yang sederhana dan masih terdapat banyak kekurangan didalamnya. Dan tak lupa salam dan salawat serta taslim atas junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam yang menjadi teladan bagi kita semua dan menjadi sebab terlepasnya sesuatu yang masih mengalami jalan buntu dan terbukanya kesempatan serta didatanginya semua hajat.

Dalam menyelesaikan penulisan ini terdapat banyak kesulitan dan hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat usaha yang dilakukan semaksimal mungkin dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak sehingga penulisan Tugas Akhir penulitain ini akhirnya dapat diselesaikan. Oleh karena itu, merupakan kewajiban bagi penulis untuk menghaturkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT., IPM., ASEAN.Eng, selaku Dekan Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, ST., M.Eng., PM.IPM selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
4. Bapak Andi Subhan Mustari, ST., MT., selaku Penasihat Akademik.
5. Dosen penguji yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk menguji dan memberikan saran dan masukan demi kebaikan penelitian ini.
6. Seluruh dosen dan tim pengajar serta staf Program Sarjana Departemen

Teknik Sipil Universitas Hasanuddin;

7. Seluruh Tenaga Pendidik Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Kepada kedua orang tua saya, yang telah memberikan dukungan moril, finansial, doa, dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan.
9. Seluruh keluarga tercinta, saya sebagai penulis mengucapkan banyak terima kasih dari atas doa, kasih sayang, nasehat, perhatian dan dorongan yang sangat besar kepada penulis selama menempuh Pendidikan ini, khususnya sepupu penulis yang telah banyak membantu penulis.
10. Saudara(i) Entitas 2020 yang telah banyak membantu dan menemani penulis selama masa perkuliahan.
11. Teman-teman KKD Rekayasa dan Manajemen Konstruksi 2020 yang senantiasa saling menyemangati dalam penyelesaian Tugas Akhir.
12. Serta semua pihak yang banyak membantu namun tidak sempat disebutkan namanya.

Tak ada imbalan yang dapat penulis berikan, hanya kepada Allah Subhanahu wa ta'ala penulis memohon semoga segala bantuan yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan pahala yang berlipat ganda dan semoga kita semua tergolong kedalam orang-orang yang mukhlis.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa apa yang penulis sajikan dalam skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena kekeliruan dan kehilafan yang dilakukan oleh penulis. Karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca sangat diharapkan guna kesempurnaan skripsi ini.

Wabillahi Taufik Walhidayah, Wassalamu Alaikum Wr. Wb

Makassar, September 2024

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemerintah Indonesia saat ini sedang konsen dalam meningkatkan pembangunan infrastruktur. Pembangunan infrastruktur terus dikembangkan, baik pembangunan irigasi, jalan, ruang-ruang publik, perumahan, hingga classroom untuk belajar. Pembangunan dapat menimbulkan dampak buruk diantaranya meningkatkan limbah pencemaran, polusi udara, berkurangnya daerah resapan dan lahan terbuka hijau. Hal tersebut akan berpengaruh terhadap pemanasan global, sehingga sangat penting bagi masyarakat terutama pelaku konstruksi agar lebih mawaspadai terhadap pembangunan yang memerhatikan lingkungan.

Dampak pemanasan global mendorong pergerakan ke arah pembangunan berkelanjutan melalui usaha peningkatan dalam aspek efisiensi ekonomi, pengaruh sosial budaya, perlindungan terhadap ekosistem, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Saat ini, banyak negara di dunia aktif menyuarakan program go green untuk mengatasi pemanasan global yang semakin hari semakin memburuk dampaknya terhadap lingkungan. Salah satu upaya nyata yang dapat dilakukan yaitu dengan menerapkan konsep green building. Konsep bangunan hijau (green building) merupakan salah satu upaya yang dirancang dengan mempertimbangkan lingkungan dan krisis energi yang sedang berlangsung saat ini. Bangunan dirancang, dibangun, dan dioperasikan dengan cara meminimalkan dampak lingkungan untuk mencapai tujuan efisiensi energi. Penerapan konsep bangunan hijau dapat mendorong adanya efisiensi energi bahkan pengurangan emisi.

Green Building adalah sebuah konsep tentang membuat bangunan yang ramah lingkungan. Mengapa perlu dilakukan pembangunan yang ramah lingkungan atau pembangunan hijau? Tidak lain karena menurunnya kapasitas dan daya dukung lingkungan dari tahun ke tahun akibat pembangunan konstruksi, maka sudah selayaknya konsep green dalam pembangunan harus diterapkan di setiap negara. Tujuan dari green building ini adalah terwujudnya pembangunan berkelanjutan yang memiliki konsep green. Konsep “green” dalam pembangunan tidak berarti trend menggunakan media vegetasi dalam proses pembangunan, tetapi menerapkan ramah lingkungan mulai dari 4 perencanaan, pengadaan, pelaksanaan, pengoperasian sampai proses pembongkaran suatu bangunan (Yudelson, 2018).

Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengurangi dampak buruk yang akan ditimbulkan. Solusi yang ditawarkan salah satunya adalah dengan menerapkan konsep *Green Building*. Konsep *green building* sendiri adalah suatu konsep yang menekankan

peningkatan efisiensi sumber daya alam baik penggunaan air dan energi. Selain itu, juga mengoptimalkan penggunaan material bangunan guna mengurangi dampak pembangunan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

Di Indonesia standar acuan untuk penilaian kriteria Green Building yaitu GreenShip yang dikembangkan oleh Green Building Council Indonesia (GBCI), terdapat 6 (enam) aspek dalam penerapan Green Building berdasarkan perangkat GreenShip untuk Bangunan Baru versi 1.2 meliputi Tepat Guna Lahan, Efisiensi dan Konservasi Energi, Konservasi Air, Sumber dan Siklus Material, Kualitas Udara Kenyamanan dan Manajemen Lingkungan Bangunan (GBCI, 2018). Masing-masing aspek terdiri atas nilai atau poin yang memuat standar-standar baku dan rekomendasi untuk pencapaian standar tersebut (Kandita, 2017). Jika gedung dapat menerapkan kriteria yang telah direkomendasikan, maka gedung akan mengalami peningkatan pada predikat/rating, sehingga gedung dapat dikategorikan sebagai bangunan ramah lingkungan. Menurut Sari & Putranto (2018), pada penelitian konsep bangunan hijau perolehan nilai dominan yaitu pada kategori Konservasi Air (WAC).

Menurut Nur Insani (2022) dapat 4 kesimpulan: 1. Gedung Classroom Fakultas Teknik UNHAS memenuhi lima syarat kelayakan bangun, 2. Gedung Classroom Fakultas Teknik UNHAS hanya memenuhi 2 (dua) prasyarat dari kategori GreenShip, diantaranya: Kategori Siklus dan Sumber Daya Material, 3. Gedung Classroom Fakultas Teknik UNHAS memperoleh 3 (tiga) dari 6 (enam) kategori yang mendapatkan poin. Poin penilaian terbesar pada Kategori Kesehatan dan Kenyamanan Ruang sebesar 6 poin dan poin penilaian terkecil pada Kategori Siklus dan Sumber Material sebesar 3 poin, 4. Dari 40 kriteria yang ada dalam kategori GreenShip, Gedung Classroom memperoleh total poin sebesar 16 poin dari 117 poin maksimal Suhu rata-rata bumi telah meningkat sebesar 0,74% yang berasal dari bangunan gedung yang disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah pembangunan yang tidak ramah lingkungan. Contohnya pemborosan energi dan material yang tidak ramah lingkungan, serta berkurangnya lahan hijau.

Menurut Ainun Jariah (2023) Dari hasil analisis penilaian kriteria green building berdasarkan GreenShip Rating Tools untuk Gedung Terbangun yang telah dilakukan pada Gedung Sipil dan Gedung Classroom Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin diperoleh kesimpulan sebagai berikut: 1. Untuk mendapatkan predikat Silver, Gedung Sipil harus memperoleh 46 Poin dari 117 poin maksimal yang dimana sebelumnya, Gedung Sipil telah memperoleh 18 poin. 2. Strategi yang digunakan Gedung Sipil untuk mendapatkan predikat Silver, pengembangan kriteria dari GreenShip Rating Tools, diantaranya ASD3 (1 poin), ASD6 (1 Poin), EEC3 (1 poin), WAC2 (2 poin), WAC4 (1 Poin), WAC8 (1 poin), MRC1

(2 poin), MRC3 (1 poin), MRC4 (2 Poin), MRC 5 (1 poin), IHC1 (1 Poin), IHC4 (8 Poin), BEM3 (2 Poin), BEM4 (2 Poin), BEM5 (2 Poin). Apabila dapat terpenuhi semua, maka Gedung Sipil bisa mendapatkan predikat Silver. 3. Biaya yang dibutuhkan Gedung Sipil untuk mendapatkan predikat Silver adalah Rp 326.788.000, 4. Untuk mendapatkan predikat Silver, Gedung Classroom harus memperoleh 46 Poin dari 117 poin maksimal yang dimana sebelumnya, Gedung Classroom telah memperoleh 18 poin 5. Strategi yang digunakan Gedung Sipil untuk mendapatkan predikat Silver, pengembangan kriteria dari Greenship Rating Tools, diantaranya ASD3 (1 poin), ASD6 (1 Poin), EEC3 (1 poin), WAC2 (2 poin), WAC4 (1 Poin), WAC8 (1 poin), MRC1 (2 poin), MRC4 (2 Poin), MRC 5 (1 poin), IHC1 (1 Poin), IHC4 (8 Poin), BEM3 (2 Poin), BEM4 (2 Poin), BEM5 (2 Poin). Apabila dapat terpenuhi semua, maka Gedung Classroom bisa mendapatkan predikat Silver. 6. Biaya yang dibutuhkan Gedung Classroom untuk mendapatkan predikat Silver adalah Rp 289.779.400.

Sejak 2010, Universitas Indonesia (UI) melakukan pemeringkatan UI GreenMetric World University Rankings. Hal ini merupakan pemeringkatan perguruan tinggi pertama di dunia berbasis komitmen tinggi dalam pengelolaan lingkungan hidup di kampus. UI GreenMetric yang merupakan pemeringkatan perguruan tinggi pertama di dunia berbasis komitmen dalam pengelolaan lingkungan hidup di kampus. Pemeringkatan ini mengevaluasi kondisi dan kebijakan terkait dengan program dan kebijakan terkait keberlanjutan pada universitas seluruh dunia.

Universitas Hasanuddin meraih peringkat 13 di Indonesia versi UI GreenMetric tahun 2023 dan menerima penghargaan dari UI GreenMetric (UIGM) World University Rankings 2023 sebagai kampus paling berkelanjutan di Indonesia Timur. Secara berkelanjutan, Unhas terus mengoptimalkan keterlibatannya dalam berbagai bidang sebagai penegasan komitmen untuk masyarakat. Ini akan menjadi semangat dan contoh bagi perguruan tinggi lainnya di bagian timur dan Indonesia secara umum, ini sebagai penyemangat untuk melaksanakan beberapa program yang telah direncanakan guna mendukung kampus hijau berkelanjutan dan infrastruktur kampus yang ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Studi Efisiensi Energi Listrik Pada Gedung Classroom Dalam Mencapai Standar Kampus Hijau”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun masalah penelitian dapat dirumuskan yaitu bagaimana penghematan listrik selama masa operasional gedung classroom bila konsep bangunan hijau di implementasikan.

1.3 Tujuan Penelitian/Perencanaan

Adapun tujuan penelitian ini yaitu menganalisis penghematan energi bangunan hijau pada gedung classroom, termasuk manfaat sumber daya terbarukan bangunan hijau pada gedung classroom.

1.4 Manfaat Penelitian/Perencanaan

Penelitian ini bermanfaat untuk menambah pengetahuan informasi mengenai berapa besaran anggaran biaya yang diperlukan untuk gedung classroom hemat energi.

1.5 Ruang Lingkup

Agar pembahasan tugas akhir ini tidak terlalu meluas, penulis perlu melakukan penelitian ini dengan membatasi masalah terkait penelitian. Maka dari itu, penulis perlu membatasi penelitian ini hanya berkaitan dengan “Studi Efisiensi Energi Listrik Pada Gedung Classroom Dalam Mencapai Standar Bangunan Hijau” meliputi pencahayaan ruangan, pendingin ruangan dan lift.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Green Building

Green Building/Bangunan hijau atau juga sebagai bangunan berkelanjutan adalah sebuah proses konstruksi menggunakan sumber daya alam yang berpengaruh terhadap lingkungan sekitar. Proses konstruksi sebuah bangunan, dari mulai didesain, lokasi tempat akan dibangun, proses membangun gedung tersebut, kemudian dilakukan perawatan dan apabila sudah tidak digunakan dan akan diruntuhkan, harus tetap memperhatikan lingkungan sekitar.

Green Building/Bangunan Hijau adalah praktek menciptakan atau membuat stuktur dengan menggunakan proses yang bertanggung jawab terhadap lingkungan sekitar dan sumber daya di sekitaran siklus hidup bangunan, mulai dari penempatan hingga desain, konstruksi, pengoperasian, pemeliharaan, renovasi, lalu dekonstruksi. Green Building atau Bangunan Hijau juga dikenal sebagai bangunan berkinerja tinggi atau berkelanjutan (US EPA, 2009).

Dalam “Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 8 Tahun 2010, tentang Kriteria Sertifikasi Bangunan Ramah Lingkungan Bab I Pasal 1”, bangunan ramah lingkungan atau disebut bangunan hijau adalah sebuah bangunan yang menerapkan prinsip ramah lingkungan dalam perancangan, pembangunan, pengoperasian, dan pengelolaannya dan salah satu yang penting adalah dapat menangani akibat dari perubahan iklim. Prinsip ramah lingkungan yang dimaksud yaitu prinsip yang mengedepankan serta memperhatikan unsur - unsur yang berkaitan dengan fungsi dari pelestarian lingkungan sekitar.

5 Pemahaman masyarakat tentang Green Building/Bangunan Hijau juga dijelaskan didalam, (Bulan Mutu Nasional dan Hari Standar Dunia, 2008) yaitu bangunan yang:

- a) Terhubung dengan alam atau bangunan yang proses pembangunan berkaitan atau memiliki sentuhan dengan alam.
- b) Perencanaan jangka panjang namun tetap memperhatikan ekosistem sekitar pembangunan.
- c) Tetap mempertimbangkan kualitas fisik dan sosial, karena bangunan adalah hasil konstruksi dari manusia.

Green Building atau sering juga disebut dengan bangunan hijau, adalah suatu rancangan dalam mendesain, membangun, mengelola serta memelihara suatu bangunan yang memiliki tujuan yaitu selain menjaga kesehatan penghuni bangunan, juga dapat meningkatkan kemampuan, kreativitas penghuni bangunan, menggunakan bahan – bahan yang berasal dari alam dengan tepat guna, dan dapat mengurangi dampak buruk yang

ditimbulkan bangunan terhadap lingkungan. Jadi sebenarnya, konsep Green Building sangat mempertimbangkan keadaan lingkungan sekitar termasuk dalam aspek pembangunan. (Batuwangala dalam Gupta (2013)). Sedangkan menurut (GBCI) Green Building Council Indonesia, bangunan hijau yaitu bangunan baru yang telah direncanakan dan dilaksanakan, atau bangunan yang sudah dibangun dan telah beroperasi, namun tetap memperhatikan hal – hal yang berkaitan dengan lingkungan sekitar seperti: efektivitas penggunaan lahan, memperhatikan kualitas udara didalam ruangan/gedung, penghematan air/penggunaan air secukupnya, efisiensi energi, efisien penggunaan bahan, dan mengurangi produksi limbah berlebihan.

Berikut adalah keuntungan dalam membangun Bangunan Hijau atau Green Building:

1. Desain yang lebih elegan dan fungsi dari setiap ruang didalam gedung lebih dapat dimanfaatkan ketimbang hanya sekedar dibangun. Penggunaan energi seperti listrik dan air lebih efektif sesuai kegunaannya.
2. Efektif penggunaan energi berakibat pada biaya yang dikeluarkan untuk keperluan tersebut lebih irit dan hemat.
3. Bangunan hijau dan ramah lingkungan, tentu dapat menghasilkan oksigen yang lebih banyak, suasana alam yang menenangkan sehingga berpengaruh terhadap kesehatan rohani dan jasmani.
4. Kesehatan jasmani dan rohani penghuni baik, tentu akan membangkitkan kreativitas dan produktivitas penghuni.
5. Selain efektif dalam kegunaan setiap ruang didalam gedung, tentu bangunan hijau akan membuat biaya pemeliharaan gedung semakin sedikit dan berjangka waktu yang panjang, karena menggunakan bahan bahan yang ramah lingkungan serta penghematan energi.
6. Saat ini bukan hanya Indonesia, melainkan perusahaan multinasional dan international banyak yang pembangunan merujuk kearah bangunan ramah lingkungan, sehingga bisnis bahan bahan yang ramah lingkungan menjadi sangat menguntungkan.
7. Apabila suatu bangunan sudah mendapatkan sertifikat sebagai suatu bangunan hijau, maka bangunan tersebut bisa dipelajari desainnya oleh perusahaan perusahaan dari luar Indonesia.
8. Klien/konsumen maupun karyawan akan tertarik bekerja atau beroperasi didalam gedung tersebut karena gedung mampu menjadi bangunan ramah lingkungan.

9. Selain konsep ramah lingkungan dibangun dan diterapkan tempat bekerja, diharapkan konsep tersebut bisa disalurkan didalam rumah tangga masing – masing, sehingga efek rumah kaca, tidak hanya diminimalisir oleh gedung – gedung fasilitas pemerintahan, layanan public, gedung komersial, tetapi juga diterapkan oleh bangunan rumah tinggal dll.

2.2 Green Building Council Indonesia (GBCI)

GBCI) Green Building Council Indonesia atau Lembaga Konsil Lingkungan Hijau Indonesia adalah lembaga yang bukan berasal dari lembaga pemerintah. Lembaga tersebut berkomitmen dalam membantu masyarakat untuk mengenalkan dan mengaplikasikan konsep bangunan ramah lingkungan atau gedung berkelanjutan. (GBCI) Green Building Council Indonesia memiliki beberapa kegiatan utama yaitu : Transformasi pasar, Pelatihan, Sertifikasi bangunan hijau, dan program kerjasama dengan stacholder (pemangku kepentingan yang berkaitan dengan isu yang sama).

(GBCI) sendiri merupakan anggota tetap dari World Green Building Council yang berada di Toronto, Kanada. Salah satu kegiatan utama (GBCI) yaitu sertifikasi bangunan hijau. Suatu bangunan akan mendapat sertifikat sebagai bangunan hijau apabila sudah dinilai berdasarkan perangkat penilaian dari (GBCI) bernama Greenship.

2.2.1 Greenship

Greenship adalah sebuah bentuk penilaian suatu bangunan yang memiliki konsep ramah lingkungan atau konsep berkelanjutan. Rating atau penilaian ini diharapkan agar industri – industri bangunan yang saat ini sedang beroperasi maupun yang akan dibangun di Indonesia agar pembangunan merujuk kepada konsep ramah lingkungan. Bangunan – bangunan yang sudah menerapkan konsep ramah lingkungan akan dinilai dan diberi sertifikat berdasarkan beberapa kriteria yang sudah ditentukan. Kriteria tersebut bukan baru saja ditemukan tetapi sudah melalui pengelompokan dan dipelajari dari industri – industri bangunan, yang kemudian diidentifikasi dan dijadikan kriteria oleh GBCI.

Dengan adanya kriteria tersebut, maka bangunan – bangunan yang akan dibangun atau yang akan direnovasi menjadi bangunan berkelanjutan, dapat mengetahui kriteria apa saja untuk suatu bangunan dikatakan Green Building atau Bangunan Hijau.

Greenship sendiri mempunyai kriteria untuk suatu bangunan yaitu :

1. Greenship Interior Space adalah kriteria penilaian untuk ruang dalam, dalam hal ini untuk pihak manajemen, kebijakan operasional, serta pemeliharaan gedung.
2. Greenship New Building adalah kriteria untuk kelayakan bangunan yang akan dibangun/bangunan baru sesuai standar dari GBCI, contohnya penilaian dari segi desain, konstruksi, sampai selesai.

3. Greenship Existing adalah kriteria penilaian untuk bangunan yang sudah terbangun, penilainya yaitu pemeliharaan bangunan dengan konsep ramah lingkungan, serta penilaian untuk pihak manajemen bangunan terkait.

Green Building Council Indonesia (GBCI) memiliki komponen penilaian suatu bangunan dikatakan bangunan hijau :

1. Pemanfaatan Lahan yang sesuai kegunaan (Appropriate Site Development /ASD)
 - a. Memiliki tanaman hijau di daerah sekeliling bangunan.
 - b. Terdapat infrastruktur pendukung seperti fasilitas pejalan kaki, shelter bus, dan area parker.
2. Pemeliharaan dan Penggunaan Energi yang efisien (Energy Efficiency and Conservation)
 - a. Bangunan didesain sehingga mengurangi pemakaian energi mekanikal dan elektrikal.
 - b. Pada siang hari, pencahayaan alami digunakan semaksimal mungkin untuk menerangi ruangan dalam jumlah banyak.
 - c. Pengurangan penyejuk ruangan/AC.
3. Konservasi Air (Water Conservation /WAC)
 - a. Menekan penggunaan air PAM.
 - b. Daur ulang air, sehingga air dari wastafel atau air bekas mencuci dapat di alirkan untuk digunakan menyiram tanaman.
 - c. Pada saat hujan, air hujan dapat ditampung.
4. Sumber dan Siklus Material (Material Resource & Cycle /MRC)
 - a. Desain modular yaitu komponen bangunan yang dirakit bukan dilapangan, atau proses pembuatannya sudah berasal dari pabrik, sehingga mengurangi dampak polusi limbah disekitaran area pembangunan.
 - b. Memperpanjang daur hidup bahan – bahan dan mengurangi sampah konstruksi. Material lama yang dimaksud merupakan material yang sudah dipakai sebelumnya.
 - c. Penggunaan produk ramah lingkungan, yaitu material yang bisa didaur ulang dan berasal dari sumberdaya terbarukan.
5. Kesehatan dan kadar udara serta kenyamanan ruang (Indoor Air Health & Confort /IHC)
 - a. Sirkulasi udara yang masuk atau keluar harus memadai, dalam hal ini laju udara melalui ventilasi.
 - b. Area bebas asap rokok.
 - c. Bebas dari polutan kimia, menggunakan cat atau lapisan dinding yang memiliki kandungan bahan kimia rendah dan tidak dapat menguap dalam suhu ruangan, mengurangi material yang mengandung asbes dan sejenisnya.

6. Manajemen lingkungan bangunan (Building & Environment Manajemen /BEM)
 - a. Pengelolaan limbah, seperti sampah, sehingga disediakan tempat sampah untuk masing masing jenis.
 - b. Keamanan dan kenyamanan dalam suatu bangunan agar penghuni bangunan tersebut kerasan.
 - c. Memfasilitasi fungsi gedung terhadap lingkungan tanpa mengurangi kualitas hidup penghuni.

2.2.2 Konsep Green Building

Ervianto (Studi Penerapan Konsep Green Building Pada Industri Jasa Konstruksi) menulis bahwa, Dalam Bulan Mutu Nasional dan Hari Standar Dunia, 2008 dijelaskan, cara merancang dan mendesain "Intelligent and Green building" harus memperhatikan beberapa hal berikut :

1. Memanfaatkan bahan – bahan sisa yang masih bisa digunakan. Penggunaan bahan – bahan yang sesuai kebutuhan merupakan salah satu cara untuk tetap menjaga kondisi lingkungan sekitar. Bahan bahan alternatif yang ramah lingkungan, saat ini menjadi sasaran utama beberapa produsen untuk menciptakan inovasi baru, sehingga dapat mengurangi penggunaan sumber daya alam dan energi yang berlebihan pada saat membangun.

2. Penggunaan energi berlebihan yang berakibat pada ekosistem setempat. Indonesia adalah negara yang beriklim tropis. Hal ini mengakibatkan suhu tertentu membuat penghuni membutuhkan energi yang besar contohnya pendingin ruangan untuk mendapatkan kesejukan. Namun pendingin ruangan cenderung menggunakan bahan senyawa Freon (senyawa yang digunakan sebagai fluida untuk menyerap pendingin ruangan, sehingga suhu ruangan dapat diatur yang berakibat dapat merusak lingkungan sekitar akibat pemakaian yang berlebihan.

3. Pemeliharaan Energi.

Sebenarnya konsep green building tidak mengorbankan kenyamanan dan produktifitas penghuni gedung, karena green building hanya ingin membuat penghematan energi yang lebih baik, suasana lingkungan yang nyaman dan sehat, sumber daya alam yang dijaga dan terus dilestarikan, akan membuat kualitas udara semakin baik, sehingga efek rumah kaca bisa terus ditekan.

4. Tepat Guna Penggunaan Air.

Tepat guna penggunaan air yaitu tidak terus menerus menggunakan air dari PAM untuk kegiatan sehari hari, tetapi dianjurkan menggunakan sisa - sisa air baik setelah mandi, mencuci atau air hujan untuk kepentingan seperti menyiram tanaman dll. Selain itu bisa

menggunakan sumur resapan, sehingga apabila air sisa tidak digunakan bisa dialirkan ke dalam tanah.

5. Penyelesaian Masalah Limbah.

Limbah - limbah rumah tangga, maupun limbah dari penghuni bangunan yang tidak ditangani dengan baik, merupakan salah satu masalah dalam konsep ramah lingkungan. Salah satunya ada limbah hasil buangan WC apabila tidak ada penyelesaian yang baik akan berdampak pada kondisi lingkungan sekitar. Oleh karena itu dianjurkan membuat septiktank yang memiliki penyaring biologis sehingga tidak mencemari lingkungan, dan penguraiannya secara bertahap.

6. Mempererat Hubungan Dengan Alam.

Hubungan dengan alam yang dimaksud yaitu bagaimana hasil pembangunan suatu bangunan mempunyai kesesuaiannya.

Contoh jika pembangunan menyebabkan 5 pohon atau tanaman disekitar bangunan rusak, maka dianjurkan setelah membangun, harus menanam kembali sejumlah atau lebih dari tanaman yang telah dirusak, sehingga ekosistem alam tetap terjaga, dan juga menggunakan teknologi dan bahan bahan alami yang tidak merusak. Begitulah konsep sebenarnya dari green building. 12 g.

Lebih baik renovasi ketimbang membangun ulang. Salah satu konsep green building yaitu menggunakan atau merenovasi kembali suatu bangunan dari pada membangun kembali, tentunya dengan merenovasi sesuai kebutuhan fungsi bangunan. Mengapa demikian, karena apabila membangun kembali, maka pembangunan akan lebih banyak menggunakan energi, baik itu penggunaan air dan belum tentu menggunakan bahan bahan yang ramah lingkungan, sehingga lingkungan sekitar bukan lebih baik, malah semakin rusak.

Oleh sebab itu disarankan untk merenovasi, sehingga penggunaan energi lebih sedikit, dan dampak kerusakan lingkungan tidak banyak terjadi.

2.3 Eco Office

Eco Office atau kantor berbudaya lingkungan hidup adalah salah satu solusi untuk persoalan pemanasan global pada skala mikro, dalam hal ini yaitu gedung perkantoran. Gedung perkantoran sendiri berada dalam lingkup mikro atau kecil, namun tidak berarti bahwa gedung perkantoran tidak membawa dampak pemanasan global. Dalam hal ini gedung perkantoran setiap hari menghabiskan kertas, listrik, air dan sampah - sampah, belum lagi asap rokok yang berasal dari pegawai yang merokok disembarang tempat. Hal hal tersebut yang membuat meningkatnya Efek Gas Rumah Kaca (GRK). GRK tidak hanya ditimbulkan oleh aktifitas industri, tapi juga oleh aktivitas manusia. Bahkan akibat

perkembangan tersebut, menuntut pembangunan pembangunan fasilitas publik atau perorangan ditingkatkan. Gas Rumah Kaca terdiri dari gas karbondioksida, CFC (cluoro fluoro carbon) dan metana. Jika dibiarkan terus maka bumi akan semakin sekarat dan kita hanya tinggal menunggu waktu untuk bumi hancur.

Hal ini tidak bisa dibiarkan, apalagi dengan kebutuhan manusia setiap saat terus meningkat dan berkaitan dengan lahan, oleh sebab itu dibutuhkan pembangunan yang sesuai dengan kebutuhan generasi yang akan 13 datang. Solusinya yaitu pembangunan berkelanjutan atau sustainable development. Pembangunan Berkelanjutan adalah pembangunan yang memiliki kegunaan memenuhi kebutuhan bukan hanya hari ini saja tetapi untuk kebutuhan yang akan datang. Eco office adalah salah satu rencana pembangunan berkelanjutan, untuk mencegah dan mengurangi pencemaran yang diakibatkan oleh aktivitas perkantoran. Selain itu Eco Office juga adalah salah satu upaya efektif, mewujudkan komunitas kantor yang ramah lingkungan, bersih dan nyaman. Ratnaningsih Maria menulis kriteria menurut World Wildlife Fund (WWF) tentang green office yaitu :

- 1.) Strategi Lingkungan untuk green office. Kantor merupakan salah satu tempat kegiatan operasional yang menyumbang cukup banyak kerusakan terhadap lingkungan sekitar. Contohnya dengan menggunakan kertas berlebihan, penggunaan air yang tidak efektif, serta tidak menggunakan bahan - bahan ramah lingkungan. Oleh sebab itu kantor harus memiliki strategi tersendiri, bagaimana cara mengatasi dampak dari kegiatan operasional dengan cara menyediakan atau peringatan dalam bentuk spanduk ajakan untuk mengurangi dampak kerusakan lingkungan.

- 2.) Perbaikan dan evaluasi rancangan tentang ramah lingkungan. Rancangan tentang ramah lingkungan harus selalu di evaluasi seiring dengan perkembangan waktu, sehingga rancangan tidak hanya sebatas rancangan tetapi ada aksi nyata untuk kepentingan dalam jangka waktu yang panjang.

- 3.) Adanya ketua pelaksana rancangan green office. Dalam sebuah kantor sebaiknya ada seorang ketua atau koordinator yang bertanggungjawab atas rancangan dan memperhatikan lingkungan hijau, sehingga program – program yang di rancang dapat di realisasikan dan program tersebut berjalan terus dengan baik. 4) Menumbuhkan kesadaran personel. Program yang sudah disusun sebaiknya disosialisasikan kepada seluruh anggota dalam kantor tersebut, sehingga maksud dan tujuan yang ingin dicapai menjadi tujuan dan kepentingan bersama bukan hanya milik satu personal atau sebagian saja. Selain itu diberi pelatihan bagaimana cara menerapkan konsep green building dalam hal ini eco office.

2.4 Gedung Konvensional

Gedung konvensional atau metode konvensional adalah metode pembangunan dimana bahan - bahan konstruksi yang digunakan dicetak ditempat konstruksi, seperti beton untuk kolom. Ada juga yang menjadi perhatian lain dalam metode konvensional ini, yaitu pelaksanaan konstruksi yang lama dan kurang kebersihannya. Bahan dasar cetakan yang semakin mahal, quality control yang susah ditingkatkan, menyebabkan harga proyek dengan metode konstruksi ini menjadi mahal. Sedangkan gedung ramah lingkungan menggunakan metode pracetak, yang memungkinkan pelaksanaan atau pembangunan gedung menjadi lebih cepat, menghemat pekerja konstruksi, kualitas control dengan mutu yang bagus.

Metode Pracetak yaitu Sebagian atau seluruh struktur yang dicetak pada suatu tempat tertentu atau dicetak dilokasi proyek atau dicetak dipabrik yang kemudian dipasang pada struktur yang dimaksud. Harga beton pracetak umumnya mahal disebabkan oleh cetakannya yang terbuat dari plat baja yang kurang lebih dapat digunakan 80 kali setiap cetakannya. Namun hal ini dapat menguntungkan dan mengurangi waktu cetak yang lama karena dapat diproduksi secara massal dan sesuai pemesanan. Menurut Bank Dunia melalui International Finance Corporation (IFC) bahwa gedung dengan konsep ramah lingkungan menghasilkan keuntungan penjualan lebih besar seperti biaya operasional yang lebih rendah 37% dari bangunan biasa. Hal ini disebabkan oleh penghematan dalam penggunaan kriteria membangun green building. Dan dalam bagian konstruksi ada penghematan biaya sebesar 0,5-12%.

2.5 Tujuan Penerapan Green Building

Tujuan utama diterapkannya konsep green building yaitu untuk meminimalkan dampak yang akan disebabkan oleh sebuah bangunan, baik dalam masa pelaksanaan pembangunan maupun masa penggunaan. Tingkatan Peringkat Green Building Peringkat yang diberikan mencerminkan tingkat usaha pemilik gedung dan tim-nya untuk mewujudkan green building. Ada empat peringkat green building berdasarkan Greenship, yaitu Platinum, Emas, Perak, dan Perunggu.

2.6 Kategori Greenship untuk Bangunan Baru Versi 1.2

1. Tepat Guna Lahan (ASD)

Kategori ini bertujuan untuk memperbaiki dan memanfaatkan lahan yang berkelanjutan. Penggunaan lahan yang tepat guna dan efisien serta tidak menggunakan seluruh lahan yang ada untuk bangunan, melainkan menyediakan 30% dari total lahan yang difungsikan sebagai daerah resapan dan lahan terbuka hijau (Hafiz, 2019).

2. Efisiensi dan Konservasi Energi (EEC)

Efisiensi atau penghematan merupakan salah satu langkah dalam upaya konservasi energi. Dengan adanya penghematan dalam penggunaan energi, diharapkan dampak terhadap lingkungan yang bersifat merusak dapat dikurangi.

3. Konservasi Air (WAC)

Konservasi air dalam kriteria greenship adalah upaya penghematan air agar mengurangi kebergantungan terhadap PDAM, dan sumur air tanah menjadi salah satu fokus utama pihak manajemen gedung (Hafiz, 2019).

4. Sumber dan Siklus Material (MRC)

Dalam penerapan konsep bangunan hijau, siklus hidup material tidak boleh berakhir di tempat pembuangan begitu saja, diharapkan material tersebut dimanfaatkan kembali sebisa mungkin. Yaitu dengan cara digunakan dan diolah kembali, dan apabila tidak dapat dilakukan dengan kedua cara tersebut, maka harus dibuang dengan cara yang ramah lingkungan (Sudiarta et al dalam Alfiana, 2017).

5. Kualitas Udara dan Kenyamanan Udara Dalam Ruang (IHC)

Konsep green building tidak hanya dengan meminimalkan dampak lingkungan dan efisiensi penggunaan sumber daya, tetapi juga mempertimbangkan kesehatan dan kenyamanan pengguna yang ada di dalamnya dan sekitarnya karena dapat mempengaruhi produktivitas.

6. Manajemen Lingkungan Bangunan (BEM)

Kategori ini memberikan penekanan bahwa faktor manusia merupakan faktor penting sebagai salah satu sumber daya yang memegang peranan penting dalam keberlangsungan suatu bangunan hijau. Dalam pengoperasiannya, bangunan hijau memerlukan standar manajemen yang terencana dan baku sebagai pengarah tindakan dari pihak pengelola dalam melakukan pengelolaan gedung sehingga dapat menunjukkan hasil yang ramah lingkungan (Fatih, 2012).

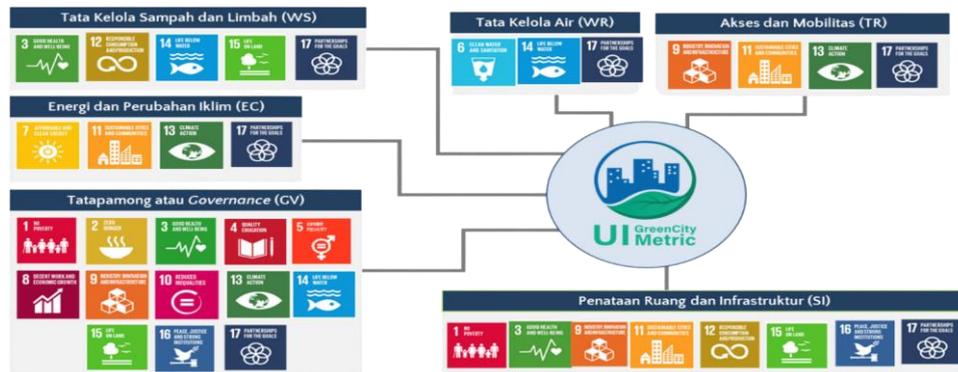
2.7 UI GreenMetric World University Ranking

Universitas Indonesia mengawali sebuah pemeringkatan universitas di tingkat dunia pada tahun 2010 yang dikenal dengan nama “UI GreenMetric World University Rankings” untuk mengetahui usaha berkelanjutan di universitas. Secara umum, UI GreenMetric mendasarkan penilaian berdasarkan kerangka konsep Environment, Ecology dan Economy serta Equity dengan tujuan agar indikator serta kategori pemeringkatan dapat relevan bagi semua pihak atau peserta.

Pada tahun 2023, sebanyak 1183 universitas dari 84 negara di seluruh dunia telah ikut berpartisipasi dalam pemeringkatan UI GreenMetric. Hal ini menunjukkan bahwa UI

GreenMetric dikenal sebagai yang pertama dan satu-satunya pemeringkatan universitas di dunia dalam bidang berkelanjutan.

Pada tahun 2022, UI GreenCityMetric memulai pemeringkatan dengan 71 Indikator dalam 6 kategori yaitu Penataan Ruang dan Infrastruktur (SI), Energi dan Perubahan Iklim (EC), Tata Kelola Sampah dan Limbah (WS), Tata Kelola Air (WR), Akses dan Mobilitas (TR) dan Tata Pamong/Governance (GV). Di tahun 2024, terdapat penyesuaian indikator dan pilihan jawaban berdasarkan hasil evaluasi pada pemeringkatan di tahun sebelumnya.



Gambar 2.7 UI GreenCityMetric dan SDGs

2.8 Kategori Efisiensi Dan Konservasi Energi

Bangunan menyumbang 30% emisi CO₂ secara global. Di Indonesia, dimana energi listrik yang dihasilkan bersumber dari sumber daya fosil, seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam, berpotensi menghasilkan CO₂ akibat proses pembakarannya. Energi tersebut digunakan dalam bangunan untuk proses konstruksi dan operasional. Dengan demikian, untuk mengurangi dampak pemanasan global akibat produksi CO₂ yang berlebih, perlu adanya upaya penghematan energi sejak tahap perencanaan, pemilihan prasarana, sarana, peralatan, bahan, dan proses, yang secara tidak langsung menggunakan energi yang efisien.

Pada tahap perencanaan, penghematan dapat dilakukan dengan mengedepankan konsep desain pasif, sejak dari penentuan orientasi bangunan yang dapat mereduksi radiasi sinar matahari, perancangan bukaan untuk pencahayaan dan penghawaan bangunan sehingga meminimalkan penggunaan lampu dan AC, serta perancangan selubung bangunan dan elemen lansekap di sekitar bangunan, sehingga suhu udara dalam bangunan tetap terjaga dalam kondisi nyaman. Selain itu, dapat pula direncanakan penggunaan peralatan hemat energi yang dewasa ini telah banyak dikembangkan, seperti penggunaan lampu Led, atau penggunaan energi alternatif seperti solar panel. Kategori efisiensi dan konservasi energi, dalam Greenship ini terdiri dari beberapa kriteria dan tolak ukur, yaitu

- a. Meteran Listrik Penggunaan meteran listrik pada bangunan hunian sangat penting dalam upaya penghematan energi untuk mengetahui konsumsi energi listrik agar dapat

melakukan pemantauan dan penghematan energi listrik. Tolok Ukur dari kriteria ini adalah adanya meteran listrik baik dari listrik jaringan dan listrik swadaya.

b. Analisis Desain Pasif Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa, pemikiran terkait penghematan energi seharusnya sudah direncanakan sejak awal proses desain, sehingga selain memberikan dampak yang positif pada bangunan, yakni mengurangi konsumsi energi, juga upaya ini tidak memerlukan biaya yang besar, dibandingkan dengan menyediakan piranti untuk energi alternatif. Tolok Ukur dari kriteria ini adalah menunjukkan adanya analisis desain pasif.

c. Sub Meteran Upaya pemantauan untuk penghematan listrik dapat pula dilakukan dengan pemasangan sub meteran listrik pada beberapa komponen bangunan seperti AC, lampu atau kotak kontak pada bangunan hunian. Tolok Ukur dari Kriteria ini adalah :

1. Menyediakan sub metering untuk salah satu komponen: lampu atau AC atau kotak kontak.
2. Melakukan perhitungan konsumsi listrik pada rumah (kwh/m²).

d. Pencahayaan Buatan Penghematan

Penggunaan pencahayaan buatan pada bangunan hunian dapat dilakukan sejak perencanaan awal, dengan memaksimalkan pemanfaatan pencahayaan alami pada bangunan. Selain itu, perlu diperhatikan pula kebutuhan pencahayaan masing- masing ruang berdasarkan kegiatan yang dilakukan, sesuai standar yang berlaku, sehingga penggunaan energi sesuai dengan peruntukannya dan tidak berlebihan. Demikian pula, pemilihan jenis lampu yang hemat energi juga merupakan upaya yang penting dalam menciptakan efisiensi penggunaan energi.

Adapun tolok ukur dari kriteria ini adalah :

1. Menggunakan lampu dengan penggunaan listrik sebesar 30% lebih hemat daripada besar penggunaan listrik (daya pencahayaan) yang tercantum dalam SNI 03 6197-2011.
2. Menggunakan LED dan elektronik ballast untuk pencahayaan di dalam rumah.
3. Zonasi pencahayaan untuk ruang keluarga dan ruang makan di rumah.
4. Menggunakan fitur otomatisasi seperti sensor gerak, timer, atau sensor cahaya minimal pada larea/ruangan rumah.

e. Pengkondisian Udara Sebagaimana penggunaan pencahayaan buatan, penggunaan pengkondisian udara dapat diminimalisir dengan menerapkan desain pasif pada bangunan seperti pengaturan orientasi bangunan, desain lansekap, pemilihan bahan untuk mereduksi transfer panas ke dalam bangunan dan bukaan untuk penghawaan alami. Tujuan dari

kriteria ini adalah Menghemat penggunaan energi dari perencanaan penggunaan AC sesuai kebutuhan. Tolok Ukur dari Kriteria ini adalah

1. Rumah mampu memberikan kondisi termal yang nyaman bagi penghuni tanpa menggunakan AC dan telah memenuhi minimal 3 poin dari kriteria sirkulasi udara dalam ruang
2. Hanya menggunakan AC maksimum 50% dari total luas lantai

f. Reduksi Panas Upaya reduksi panas, dilakukan untuk mengurangi radiasi panas akibat penyinaran matahari. Adapun cara yang dapat dilakukan untuk mereduksi panas yang masuk ke dalam bangunan, dapat dilakukan sejak tahap perencanaan, yakni dengan memilih jenis material bangunan di dalam maupun luar bangunan, terutama material bangunan pada fasad bangunan yang terpapar matahari langsung. Adapun Tolok ukur dari kriteria ini adalah

1. Adanya upaya desain dan/atau penggunaan bahan bangunan, yang dapat mereduksi panas pada seluruh atap (tidak termasuk skylight).
2. Adanya upaya desain dan/atau penggunaan bahan bangunan, yang dapat mereduksi panas pada seluruh dinding dan lantai.

g. Piranti Rumah Tangga Hemat Energi

Upaya penghematan energi dapat dilakukan melalui penggunaan komponen elektrik bangunan yang hemat energi, seperti lampu, AC, mesin cuci, dan elemen lainnya yang berlabel hemat energi. Tolok Ukur dari kriteria ini adalah 1a. Menggunakan peralatan elektrik pada rumah yang berlabel hemat energi minimum sebanyak 75% dari total daya (Watt) peralatan elektrik. 1b. Menggunakan peralatan elektrik pada rumah yang berlabel 'hemat energi' minimum sebanyak 50% dari total daya (Watt) peralatan elektrik.

h. Energi Sumber Terbarukan

Pada kenyataannya, sistem penyediaan dan pemanfaatan energi di Indonesia, masih didominasi oleh energi fosil (GBCI, 2013) Dengan demikian, tujuan dari kriteria ini adalah mengurangi penggunaan energi non-terbarukan, dan memanfaatkan energi alternatif untuk upaya pelestarian lingkungan, seperti penggunaan biofuel, solar panel, dan sebagainya. Tolok ukur dari Kriteria ini adalah adanya fitur pembangkit listrik alternatif untuk energi listrik.

2.9 Kesehatan Dan Kenyamanan Ruang

Kesehatan dan kenyamanan ruang menjadi penting untuk dipertimbangkan, karena sekitar 80% aktivitas manusia dilakukan di dalam ruangan (GBCI, 2013). Bangunan memiliki karakter fisik, kimia dan biologi yang mempengaruhi kesehatan fisiologis dan psikologis dari penggunaannya (Sassi, 2006). Pemilihan material bangunan untuk ruang

dalam, suhu udara, kelembaban udara, pencahayaan ruang, dan berbagai elemen bangunan lainnya, apabila tidak direncanakan dengan baik, dapat menimbulkan gejala gangguan kesehatan bagi penggunanya, antara lain sakit kepala, sesak nafas, mata perih, pegal-pegal, dan gejala penyakit ringan lainnya, dan bahkan dapat pula menyebabkan depresi.

Fenomena yang terjadi tersebut dikenal dengan istilah Sindrom Bangunan Sakit (Sick Building Syndrom). Paola Sassi dalam bukunya yang berjudul *Strategies For Sustainable Architecture* menjelaskan strategi desain untuk merancang bangunan yang sehat antara lain sebagai berikut:

- a. Pertimbangkan kesehatan dan keamanan pada site bangunan
- b. Pertimbangkan hal-hal terkait level kenyamanan fisik, yang mencakup temperatur udara dalam yang relatif terhadap temperatur udara luar ruangan, kelembaban relatif yang berpengaruh pada temperatur udara ruang, kenyamanan pencahayaan dalam ruangan (menyediakan akses bagi pencahayaan alami ruang dan kualitas cahaya yang baik tanpa silau), dan kenyamanan dari kebisingan luar
- c. Menjaga lingkungan tempat tinggal dari polusi, baik terhadap kontaminasi bahan kimia yang merugikan kesehatan seperti formaldehid, asbestos, VOC (Volatile Organic Compound) dan senyawa kimia sejenis lainnya, terhadap debu, dan terhadap polusi udara luar bangunan.

Adapun tolok ukur dari kriteria ini berdasarkan GreenShip adalah sebagai berikut:

- a. Non Asbestos Serbuk asbestos, yang terpapar dalam jangka waktu lama akan menyebabkan gangguan kesehatan, seperti penyakit paru-paru dan saluran pernapasan. Tujuan dari kriteria ini adalah menghindari kontaminasi serbuk asbestos yang dapat mengganggu kesehatan. Adapun tolok ukur dari kriteria ini adalah tidak menggunakan material asbestos pada seluruh bagian rumah.
- b. Sirkulasi Udara Bersih Sirkulasi udara bersih dan kebutuhan laju udara ventilasi di dalam bangunan dapat mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan termal penghuni dan dapat menghemat penggunaan energi yang disebabkan oleh penggunaan alat pengkondisian udara.

Tolok Ukur dari Kriteria ini adalah :

1. Luas ventilasi minimum 5-10% dari luas lantai.
 - 2a. >75% dari jumlah luas ruangan reguler didesain dengan ventilasi silang.
 - 2b. 50% dari jumlah luas ruangan reguler didesain dengan ventilasi silang.
 - 2c. Untuk rumah dengan kondisi udara luar yang buruk: Melakukan upaya untuk menjaga kualitas udara di dalam rumah.
3. Memiliki sirkulasi udara untuk seluruh kamar mandi.

4. Memiliki sirkulasi udara ke luar dapur.

2.9.1 Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami pada bangunan dapat memberikan efek fisiologis maupun psikologis bagi pengguna, yang secara tidak langsung mempengaruhi produktivitas. Pencahayaan alami yang berasal dari kondisi matahari yang cerah, dapat memberikan efek positif dan energik bagi pengguna. Selain itu, pencahayaan alami yang baik dapat mencegah munculnya sindrom Seasonal Affective Disorder (SAD) bagi pengguna yang menggunakan sebagian besar waktunya di dalam ruangan, dimana sindrom tersebut menimbulkan efek mudah mengantuk, vertigo, depresi, mudah lapar (carbohydrate craving), dan kenaikan berat badan (Sassi, 2006) Selain itu, dengan memanfaatkan pencahayaan alami, dapat mengurangi energy akibat penggunaan lampu di siang hari. Adapun tolok ukur dari kriteria ini adalah Cahaya alami dapat menerangi minimal 50% luas ruangan rumah, sesuai standar lux berdasarkan SNI yang berlaku.

2.9.2. Kenyamanan Visual

Tingkat pencahayaan yang tidak sesuai dengan standar, akan mempengaruhi produktivitas pengguna, menyebabkan kelelahan pada mata sehingga dapat meningkatkan beban kerja dan mempercepat kelelahan. (GBCI, 2013) Selain itu, tingkat pencahayaan yang tidak sesuai dapat memicu stress, yang berakibat pada masalah kesehatan. Tujuan dari kriteria ini adalah mencegah terjadinya gangguan visual akibat tingkat pencahayaan yang tidak sesuai dengan daya akomodasi mata Tolok Ukur dari Kriteria ini adalah menggunakan lampu dengan tingkat pencahayaan (iluminansi) ruangan sesuai dengan SNI yang berlaku.

2.9.3 Minimalisasi Sumber Polutan

Tujuan dari kriteria ini adalah mengurangi kontaminasi udara dalam ruang dari emisi material interior yang dapat membahayakan kesehatan. Adapun emisi material yang dapat membahayakan kesehatan, terdiri atas VOC (Volatile Organic Compound), yang terdiri atas senyawa kimia organik yang mudah menguap yang meliputi toluena, acetone, ethanol dan formaldehida, yang umumnya terdapat pada cat, coating serta laminating adhesive. Adapun Formaldehida merupakan bahan perekat pada material kayu komposit. Efek dari emisi VOC dan Formaldehida yang berlebih dapat menyebabkan iritasi mata, sakit kepala, hingga kanker.

Tolok Ukur dari Kriteria ini adalah

1. Menggunakan cat dan coating yang mengandung kadar Volatile Organic Compounds (VOCs) rendah.
2. Menggunakan produk kayu komposit, jenis sealant dan perekat yang mengandung kadar emisi formaldehida rendah.

3. Tidak menggunakan produk/material dan komponen bangunan yang menggunakan timbal, merkuri.

2.9.4. Tingkat Kebisingan

Kebisingan umumnya berasal dari lingkungan di sekitar bangunan, seperti kendaraan, atau suara mesin yang mengganggu. Sedangkan kebisingan dari dalam bangunan bisa berasal dari suara mesin pompa air, suara yang ditimbulkan akibat aktivitas antar ruang, Kebisingan dari sistem tata udara, dan sebagainya. Tujuan dari kriteria ini adalah memberikan kenyamanan dari gangguan suara luar ruangan. Tolak ukur dari kriteria ini adalah Tingkat kebisingan di Ruang Tidur dan Ruang Keluarga tidak lebih dari atau sesuai dengan SNI yang berlaku.

2.9.5. Kenyamanan Spasial

Bedasarkan Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah Nomor: 403/KPTS/M/2002 Tentang Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Sederhana Sehat dijelaskan bahwa kebutuhan ruang per orang dihitung berdasarkan aktivitas dasar manusia di dalam rumah sehingga diperoleh kebutuhan ruang per orang adalah 9 m² untuk standar di Indonesia, dengan ambang batas 7,2 m² per orang, sedangkan untuk standar internasional adalah 12 m² per orang. Tujuan dari kriteria ini berdasarkan Greenship adalah memberikan kenyamanan, kelayakan dan kesehatan kepada penghuni dari segi pemenuhan kebutuhan ruang.

2.10 Efisiensi dan Konservasi Energi

Konservasi Energi Konservasi energi menurut PP 70 tahun 2009 adalah upaya sistematis, terencana dan terpadu untuk melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi dalam pemanfaatannya. Akan tetapi sebaiknya dalam melakukan konservasi energi juga sangat perlu untuk dipertimbangkan dengan matang agar tidak mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan sehingga tidak mengurangi kenyamanan, fungsi, keamanan serta kualitas yang didapat oleh pengguna energi itu sendiri. Tujuan konservasi energi adalah untuk memelihara kelestarian sumber daya alam yang berupa sumber energi melalui kebijakan penggunaan teknologi dengan tepat dan pemanfaatan energi secara efektif dan efisien. Penghematan energi dapat dianggap berhasil jika kita mampu mengurangi penggunaan energi akan tetapi tetap dapat memperoleh manfaat yang sama seperti saat penggunaan energi awal. Penghematan energi akan menurunkan biaya.

2.10.1 Energi Listrik

Pengertian Energi Listrik Energi listrik adalah energi akhir yang dibutuhkan bagi peralatan listrik untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan,

mendinginkan ataupun untuk menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang berasal dari sumber arus yang dapat diubah menjadi bentuk lain seperti:

1. Energi listrik menjadi energi kalor/panas, contoh: setrika, solder dan kompor listrik
2. Energi listrik menjadi energi cahaya, contoh: lampu
3. Energi listrik menjadi energi mekanik, contoh: motor listrik
4. Energi listrik menjadi energi kimia, contoh: peristiwa pengisian accu, peristiwa penyepuhan (melapisi logam dengan logam lain) 14% 16% 9% 61% Utilitas House Keeping Penerangan AC

2.10.2 Kualitas Energi Listrik

Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mengetahui kualitas energi listrik, antara lain:

- a. Tegangan listrik (Volt) Tegangan listrik adalah perbedaan potensial listrik yang dihasilkan antara dua buah titik dalam rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan volt (V). Besaran tersebut mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor, nilainya tergantung pada perbedaan potensial listriknya. Tegangan listrik dapat dibagi menjadi beberapa tingkatan yaitu tegangan ekstra rendah, tegangan rendah, tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi. Secara definisi tegangan listrik menyebabkan obyek bermuatan listrik negatif tertarik dari tempat bertegangan rendah menuju tempat bertegangan tinggi.
- b. Arus listrik (Ampere) Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan oleh pergerakan elektron-elektron yang mengalir dari suatu titik ke titik lain dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Columb/detik atau Ampere (A). Dalam kebanyakan sirkuit dapat diasumsikan bahwa nilai resistansi terhadap arus listrik adalah konstan sehingga besar arus yang mengalir dalam sirkuit bergantung pada nilai voltase.
- c. Daya Listrik (Watt) Daya listrik seperti daya mekanik dilambangkan dengan huruf P dalam persamaan listrik. Pada rangkaian arus DC, daya listrik sesaat dapat dihitung menggunakan Hukum Joule yang menyatakan bahwa energi listrik dapat berubah menjadi energi mekanik.
- d. Frekuensi Adalah jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik atau banyaknya gelombang atau getaran listrik yang dihasilkan tiap detik. Frekuensi dilambangkan dengan huruf f. Frekuensi tersebut diperoleh dari kombinasi jumlah putaran dan jumlah kutub listrik pada generator di pembangkit listrik. Di Indonesia menggunakan sistem frekuensi 50 Hz.

e. Faktor Daya (PF) Adalah perbandingan antara daya aktif (Watt) dengan daya semua atau daya total (VA) atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semua.

2.11 Prinsip Dasar Konservasi Energi

Konservasi energi itu sendiri memiliki prinsip dasar melakukan penghematan energi tanpa mengurangi kenyamanan, keamanan, mutu produk, maupun produktivitas kerja. Dengan konservasi energi sehingga dapat diperoleh pengelolaan energi pada gedung yang tidak hanya mengutamakan penghematan energi saja melainkan tingkat kenyamanan dan keamanannya juga menjadi perhatian. Dirjen Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi dengan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral memiliki program kemitraan konservasi energi dengan melakukan kegiatan audit energi untuk bangunan gedung (gedung pemerintah dan komersial) dan industri dengan tujuan membantu pengelola bangunan gedung lebih memahami tentang konservasi energi dan dapat menerapkan konservasi energi secara intensif.

2.12. Prosedur dan Pengertian Audit

Energi Ruang lingkup yang merupakan standar untuk memuat prosedur audit energi pada bangunan gedung. Standar ini diperuntukkan bagi semua pihak yang berperan dalam pelaksanaan audit energi pada bangunan gedung. Bangunan gedung dalam standar ini mencakup antara lain kantor, hotel, toko atau pusat belanja, rumah sakit, apartemen, rumah tinggal, sekolah, bandara, pelabuhan. Acuan normatif dalam proses ini berdasarkan SNI 05-3052-1992 yang merupakan cara uji unit pengkondisian udara. Kemudian BOCA, International energy conservation code 2000. Lalu ASHRAE yang merupakan Standard 90.1: energy efficiency. Dan juga BOMA yang merupakan Standard method for measuring floor area in office building. Audit Energi sendiri adalah proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi, sehingga tercipta manajemen energi yang baik untuk sebuah bangunan.

2.12.1 Jenis Audit Energi

Audit Energi Singkat (walk through audit) Kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia dan observasi, perhitungan intensitas konsumsi energi (IKE) dan kecenderungannya, potensi penghematan energi.

2.12.2 Audit Energi Awal (preliminary audit)

Audit energi juga diartikan sebagai proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi. Audit energi

dilakukan untuk mendapatkan potret penggunaan energi. Tujuan audit energi ini dilakukan untuk memahami masalah penggunaan energi serta intensitas dan kinerja energi, potensi penghematan energi, manfaat dan langkah yang diperlukan (Marpaung, 2014).

Kegiatan audit energi yang meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran sesaat, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi dan penyusunan laporan audit. Berdasarkan dengan SNI 6196:2011. Persiapan pada Audit energi awal perlu dilakukan bila audit energi singkat merekomendasikan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut pada seluruh bangunan gedung atau secara langsung tanpa melalui audit energi singkat.

Persiapan audit energi yang dilakukan adalah untuk mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan lingkup kegiatan yang ditetapkan mencakup :

- a. Penyiapan dokumen terkait termasuk cek list data
- b. Penyiapan SDM yang sesuai bidang listrik dan mekanis
- c. Penyiapan alat ukur untuk pengukuran sampling
- d. Penetapan jadwal perencanaan

Pengumpulan data historis Mencakup dokumentasi bangunan yang sesuai gambar konstruksi terpasang (as built drawing), terdiri atas :

- 1) Tapak, denah dan potongan bangunan gedung seluruh lantai
- 2) Denah instalasi pencahayaan bangunan seluruh lantai
- 3) Diagram garis tunggal, lengkap dengan penjelasan penggunaan daya listrik dan besarnya penyambungan daya listrik PLN serta besarnya daya listrik cadangan dari set generator
- 4) Pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama satu tahun terakhir dan rekening pembelian bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan air
- 5) Beban penghunian bangunan selama 1 (satu) tahun terakhir

2.12.3 Laporan audit energi

Berdasarkan pada seluruh kegiatan yang dilaksanakan, maka laporan audit energi awal disusun. Laporan audit energi awal harus memuat:

- a. potret penggunaan energi dan rekomendasi spesifik
- b. potensi penghematan energi dan biaya pada obyek yang diteliti
- c. apabila diperlukan, rekomendasi ditindak lanjuti ke audit energi rinci.

Audit Energi Rinci (detail audit) Kegiatan audit energi yang dilakukan bila nilai IKE lebih besar dari nilai target yang ditentukan, meliputi pengumpulan data historis, data dokumentasi bangunan gedung yang tersedia, observasi dan pengukuran lengkap, perhitungan IKE dan kecenderungannya, potensi penghematan energi, analisis teknis dan finansial serta penyusunan laporan audit. Persiapan Audit energi rinci perlu dilakukan bila

audit energi singkat atau audit energi awal merekomendasikan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut pada seluruh bangunan gedung atau pada obyek khusus/spesifik yang dianggap memiliki potensi penghematan energi besar dan menyajikan tingkat kelaikan cukup menarik.

Audit energi juga diartikan sebagai proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna energi dan pengguna sumber energi dalam rangka konservasi energi. Audit energi dilakukan untuk mendapatkan potret penggunaan energi. Tujuan audit energi ini dilakukan untuk memahami masalah penggunaan energi serta intensitas dan kinerja energi, potensi penghematan energi, manfaat dan langkah yang diperlukan (Marpaung, 2014).

Umumnya nilai IKE yang lebih besar dari nilai benchmark atau target yang ditentukan merupakan alasan untuk merekomendasikan kegiatan audit energi rinci. Persiapan audit energi dilakukan adalah untuk 14 mendapatkan hasil audit yang sesuai dengan lingkup kegiatan yang ditetapkan. Persiapan yang dilakukan mencakup:

1. Penyiapan dokumen terkait termasuk daftar periksa data audit
2. Penyiapan SDM yang sesuai bidang listrik dan mekanis dan juga arsitektur
3. Penyiapan alat ukur untuk pengukuran detail yang dilakukan secara periodik
4. Penetapan jadwal rinci perencanaan. Pengumpulan data (SNI 696:2011)

Data historis mencakup dokumentasi bangunan yang sesuai gambar konstruksi terpasang, terdiri atas :

- 1) Tapak, denah dan potongan bangunan gedung seluruh lantai
- 2) Denah instalasi pencahayaan. bangunan seluruh lantai
- 3) Diagram garis tunggal, lengkap dengan penjelasan penggunaan daya listrik dan besarnya penyambungan daya listrik PLN serta besarnya daya listrik cadangan dari set generator
- 4) Pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama satu tahun terakhir dan rekening pembelian bahan bakar minyak (BBM), bahan bakar gas (BBG), dan air
- 5) Beban penghunian bangunan selama 1 (satu) tahun terakhir.

2.13. Sistem Tata Udara

Pengadaan suatu sistem tata udara adalah agar tercapai kondisi temperatur, kelembapan, kebersihan, dan distribusi udara dalam ruangan dapat dipertahankan pada tingkat keadaan yang diharapkan. Untuk kondisi iklim Indonesia (tropis), proses pengkondisian udara yang berupa pendinginan banyak sekali digunakan. Pendingin ini berfungsi untuk menciptakan kondisi nyaman bagi beberapa aktivitas manusia. Semakin nyaman suatu ruangan tentu akan meningkatkan tingkat produktifitas di dalamnya.

Persyaratan termal yang ditetapkan pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang.

Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran adalah : Suhu : 18°C - 28°C Kelembapan : 40% - 60% Sistem tata udara terdiri dari 2, yaitu :

1. Sistem tata udara alami Sistem tata udara alami hanya mengandalkan tata ruang dan aliran udara sekitar bangunan gedung. Untuk ruangan yang tidak menggunakan peralatan pendingin udara harus memiliki lubang ventilasi minimal 15% dari luas lantai dengan menerapkan ventilasi silang agar aliran udara dapat berjalan. Sistem tata udara alami ini berupa jendela, pintu, ventilasi, dan lain-lain.

2. Sistem tata udara buatan Sistem tata udara buatan digunakan untuk mengendalikan kondisi termal, kualitas, dan sirkulasi udara di dalam ruangan untuk memenuhi persyaratan kenyamanan termal penggunaan bangunan. Sistem tata udara buatan biasanya menggunakan AC (Air Conditioner) sebagai pendingin ruangan yang merupakan paling banyak digunakan di negara-negara tropis seperti Indonesia. Efisiensi sebuah mesin pendingin sering dinyatakan dengan istilah COP (Coefficient Of Performance) ataupun EER (Energy Efficiency Ratio). COP didefinisi sebagai perbandingan laju kalor yang dikeluarkan dengan laju energi yang harus dimasukkan ke sistem. COP berbanding terbalik dengan biaya operasional, apabila COP lebih tinggi maka biaya operasional yang dikeluarkan akan menjadi lebih rendah.

2.14 Pencahayaan

2.14.1 Cahaya

Cahaya didefinisikan sebagai energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang kasat mata dengan panjang gelombang sekitar 380 – 750 nm (wikipedia, 2019). Sedangkan pencahayaan adalah kepadatan dari suatu berkas cahaya yang mengenai suatu permukaan (Wibiyanti, 2008). Pencahayaan merupakan salah satu faktor penting dalam perancangan ruang. Ruang yang telah dirancang tidak dapat memenuhi fungsinya dengan baik apabila tidak disediakan akses pencahayaan. Pencahayaan di dalam ruang memungkinkan orang yang menempatnya dapat melihat benda-benda. Tanpa dapat melihat benda-benda dengan jelas maka aktivitas di dalam ruang akan terganggu.

Sebaliknya, cahaya yang terlalu terang juga dapat mengganggu penglihatan. Kualitas penerangan yang tidak memadai berefek buruk bagi fungsi penglihatan, psikologis serta aktivitas kerja (Atmam dan Zulfahri, 2015). Bila kuat penerangan berkurang maka suasana kerja menjadi kurang nyaman dan untuk pekerjaan-pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi menjadi sulit untuk dikerjakan (Atmam dan Zulfahri, 2015). Fungsi

pencahayaannya menurut Istiawan dan Kencana (2006) dibagi menjadi 3 yaitu: (Istiawan, 2006)

- a. Sumber penerangan utama Pencahayaannya sebagai sumber penerangan utama merupakan fungsi dasar pemanfaatan pencahayaannya.
- b. Pendukung aktivitas Beberapa aktifitas seperti membaca, menulis, menggambar dan membuat kerajinan membutuhkan cahaya yang lebih terang. Cahaya yang digunakan biasanya terpusat pada aktivitas tersebut.
- c. Dekorasi sebagai aksesoris ruang dan obyek Pada fungsi ini, pencahayaannya berperan memperindah ruangan maupun menonjolkan keindahan suatu obyek.

2.14.2 Pencahayaannya Alami

2.14.2.1. Definisi Pencahayaannya alami

Menurut Widiastuti, dkk (2017) adalah pencahayaannya yang memiliki sumber cahaya yang berasal dari matahari dan harus dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk mengurangi energi listrik pada bangunan. Lippsmeier mengatakan bahwa matahari merupakan satu-satunya sumber cahaya alami yang menghasilkan cahaya alami (daylight) dengan disertai energi cahaya dan energi panas. Energi cahaya yang dihasilkan oleh sinar matahari akan berpengaruh pada kenyamanan visual didalam bangunan, sedangkan energi panas akan berimplikasi pada kenyamanan termal (Atthailah, dkk 2017). Pencahayaannya alami merupakan cahaya yang bersumber dari matahari (Wisnu dan Indarwanto, 2017).

Sedangkan Latifah (2015) menyebutkan bahwa pencahayaannya alami berasal dari cahaya matahari yang selalu tersedia di alam serta cahaya langit hasil pemantulan cahaya matahari. Suptandar (1998) menyatakan bahwa pencahayaannya alami merupakan penerangan alam yang berasal dari sinar matahari, sinar bulan, sinar api dan sumber-sumber lain dari alam seperti fosfor dan sebagainya. Cahaya alam tersebut dibagi menjadi 2 yaitu: a) Pencahayaannya langsung yang berasal dari matahari yang masuk melalui atap, jendela, genteng kaca, dan lain-lain dimana cahaya ini sangat baik bagi kesehatan. b) Pencahayaannya tidak langsung yang diperoleh dari sinar matahari secara tidak langsung seperti sinar yang masuk melalui kaca.

2.14.2.2. Manfaat Pencahayaannya alami

Memiliki beberapa manfaat sebagai berikut (Arsinta, 2012):

- a. Mampu memberikan lingkungan yang nyaman dan menyenangkan pada bangunan dengan kualitas pencahayaannya yang mirip dengan di luar bangunan.
- b. Mampu mengurangi energi listrik, dan
- c. Mampu membasmi kuman-kuman penyakit

2.14.2.3. Kelebihan dan kekurangan Pencahayaan alami

Memiliki beberapa kelebihan diantaranya dapat memberikan lingkungan visual yang menyenangkan dan nyaman dengan kualitas cahaya yang mirip kondisi alami di luar bangunan sehingga mengurangi bahkan meniadakan pencahayaan buatan sehingga lebih hemat (Amin, dkk 2016). Selain itu kandungan vitamin D yang terdapat pada cahaya matahari terutama di pagi hari diperlukan oleh tubuh terutama memperkuat kesehatan tulang (Zakky, 2018). Sedangkan kekurangannya adalah besar kecilnya sumber cahaya bergantung dari kondisi cuaca dan waktu. Pada musim hujan tentu saja cahaya matahari akan sulit untuk dimanfaatkan dengan maksimal begitu juga apabila matahari sudah terbenam di waktu malam. Selain itu, jika jumlah cahaya matahari yang masuk ke ruangan terlalu banyak dapat mengakibatkan silau yang mengganggu penglihatan.

2.14.2.4. Standar-standar pada pencahayaan alami

Pencahayaan alami siang hari yang baik menurut Badan Standardisasi Nasional (2001) seperti yang tercantum dalam SNI Nomor 03-2396-2001 adalah:

- a. Pada siang hari antara jam 08.00 sampai dengan jam 16.00 waktu setempat, terdapat cukup banyak cahaya yang masuk ke dalam ruangan.
- b. Distribusi cahaya di dalam ruangan cukup merata dan atau tidak menimbulkan kontras yang mengganggu. Dalam standar yang sama juga disebutkan mengenai faktor pencahayaan alami siang hari yang merupakan perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat 14 pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut.

Faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi (Badan Standardisasi Nasional, 2001):

- a. Komponen langit (faktor langit-fl) yakni komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit.
 - b. Komponen refleksi luar (faktor refleksi luar - frl) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan.
 - c. Komponen refleksi dalam (faktor refleksi dalam frd) yakni komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi benda-benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit
- Pencahayaan alami siang hari sangat tergantung dari kondisi langit pada setiap saat.

Untuk keperluan perancangan, Commission Internationale L'Eclairage (CIE) telah menentukan beberapa jenis langit perancangan untuk berbagai lokasi dan kondisi antara lain: a. Langit cerah (clear sky): langit dengan luminansi yang bervariasi menurut lintang

geografis dan ketinggian matahari (azimut). Luminansi tertinggi berada dekat posisi matahari dan terendah berada pada posisi yang berseberangan dengan matahari.

b. Langit menengah (intermediate sky): variasi dari langit cerah yang lebih gelap. Luminansi tertinggi juga berada dekat posisi matahari, tetapi tidak seterang pada langit cerah. Perubahan luminansi yang ada tidak sedrastis pada langit cerah.

c. Langit mendung (overcast sky): langit dengan luminansi yang bervariasi menurut lintang geografis. Luminansi pada titik zenit (tepat di atas kepala) sebesar tiga kali luminansi pada horison (cakrawala). Model langit jenis ini umumnya digunakan untuk pengukuran faktor pencahayaan alami siang hari dalam bangunan.

d. Langit merata (uniform sky): langit dengan luminansi yang sama pada seluruh posisi, tidak tergantung dari lintang geografis dan ketinggian matahari. Untuk 15 Indonesia, dalam SNI 03-2396-2001 ditetapkan langit perancangan berupa langit merata dengan iluminansi pada bidang datar di lapangan terbuka sebesar 10000 lux.

Pencahayaan alami juga harus sesuai standar SNI 6197 tahun 2011 sebagai berikut:(BSN, 2011)

- a. Pencahayaan alami dalam bangunan gedung berpedoman pada SNI 03-2396- 2001
- b. Dalam pemanfaatannya, radiasi cahaya matahari langsung yang masuk harus minim guna menghindari pemanasan ruangan
- c. Cahaya langit pada bukaan transparan lebih diutamakan daripada cahaya matahari langsung
- d. Pemanfaatan cahaya matahari di siang hari dengan maksimal untuk menghemat listrik

2.14.3. Pencahayaan Buatan

Pencahayaan (penerangan) harus senantiasa dilihat dari sisi kualitas dan kuantitasnya. Makna pencahayaan buatan bukanlah hanya sekedar menyediakan lampu dan terangnya, tetapi lebih membentuk suasana untuk terlihat lebih indah. Dari titik tolak pandang tersebut, memilih bentuk, jenis warna lampu, dan peletakkannya dapat menjadi suatu pekerjaan yang mengandung unsur permainan yang sangat menyenangkan (Satwiko, 2004).

2.14.3.1. Definisi Cahaya buatan

Menurut Undang-Undang No. 28 tahun 2002 adalah penyediaan penerangan buatan melalui instalasi listrik atau sistem energi dalam bangunan gedung agar orang didalamnya dapat melakukan kegiatannya sesuai bangunan gedung (Pemerintah Republik Indonesia, 2002). Pencahayaan buatan menurut Amin (2011) dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya alami. Sedangkan Latifah (2015) menyatakan bahwa pencahayaan buatan merupakan sumber cahaya yang dibuat oleh manusia. Pencahayaan buatan adalah

pencahayaannya yang dihasilkan oleh sumber cahaya selain cahaya matahari (Prakoso, dkk 2014). Suptandar (1998) menyatakan bahwa cahaya buatan merupakan pencahayaannya yang berasal dari cahaya buatan manusia seperti cahaya lilin, sinar lampu, dan lain-lain yang bermanfaat dalam kegiatan sehari-hari serta menambah estetika ruangan.

Cahaya buatan menurutnya terbagi menjadi: (Suptandar, 1998)

- a. Pencahayaannya langsung terjadi ketika semua sinar yang memancar langsung dari pusatnya ke arah obyek sebagai contoh lampu sorot dalam dapur, lampu meja atau lampu lantai.
- b. Pencahayaannya tidak langsung terjadi jika sumber pencahayaannya disembunyikan dari pandangan mata sehingga kita hanya mendapat pantulan. Fungsinya menuntun menuju suatu obyek dan biasana terletak di dinding.
- c. Pencahayaannya setempat merupakan pencahayaannya yang diarahkan untuk menerangi suatu tempat atau obyek, misal penerangan dalam dapur, lampu belajar atau segala lampu yang digunakan untuk menerangi sesuatu yang dikerjakan pada jarak dekat dan membutuhkan pencahayaannya khusus.
- d. Pencahayaannya membias jika sinar yang memancar langsung dari sumber terlebih dahulu melalui suatu bahan/material yang menyebarkan sinar tersebut dalam area yang lebih besar dari sumber sendiri.

2.14.3.2. Manfaat Pencahayaannya buatan

Sangat diperlukan apabila posisi ruangan sulit dicapai oleh pencahayaannya alami atau saat pencahayaannya alami tidak mencukupi. Fungsi pokok pencahayaannya buatan baik yang diterapkan secara tersendiri maupun yang dikombinasikan dengan pencahayaannya alami adalah sebagai berikut (Amin, 2011):

- a. Menciptakan lingkungan yang memungkinkan penghuni melihat secara detail serta terlaksananya tugas serta kegiatan visual secara mudah dan tepat.
- b. Memungkinkan penghuni berjalan dan bergerak secara mudah dan aman.
- c. Tidak menimbulkan pertambahan suhu udara yang berlebihan pada tempat kerja.
- d. Memberikan pencahayaannya dengan intensitas yang tetap menyebar secara merata, tidak berkedip, tidak menyilaukan, dan tidak menimbulkan bayangbayang.
- e. Meningkatkan lingkungan visual yang nyaman dan meningkatkan prestasi.

2.14.3.3. Kelebihan dan kekurangan Pencahayaannya buatan

Biasanya diperlukan apabila tidak tersedia cahaya alami pada saat-saat antara matahari terbenam sampai matahari terbit. Juga pada saat cuaca di luar rumah tidak memungkinkan menghantarkan cahaya matahari sampai ke dalam rumah. Pencahayaannya buatan pun digunakan saat cahaya matahari tidak dapat menjangkau ruangan atau

menerangi seluruh ruangan secara merata, karena letak ruang dan lubang cahaya tidak memungkinkan. Sedangkan kekurangan dari pencahayaan buatan tentu saja terletak pada penggunaan listrik dalam pemanfaatannya.

2.15 Efisiensi dan Konservasi Energi (Energy Efficiency and Conservation)

Prasyarat 1: Rencana Pengelolaan Energi dan Kebijakannya (Policy and Energy Management Plan)

Prasyarat : Kinerja Energi Gedung Minimum (Minimum Building Energy Performance)

- 1) Optimized Efficiency Building Energy Performance (Kinerja Efisiensi Energi yang Optimal pada Gedung)
- 2) Testing, Re-commissioning & Retro-commissioning (Testing, Rekomisioning dan Retrokomisioning)
- 3) Kinerja Energi Sistem (System Energy Performance)
- 4) Pengendalian & Pemantauan Energi (Energy Monitoring & Control)
- 5) Operasional & Pemeliharaan (Operation & Maintenance)
- 6) Energi Terbarukan pada Gedung (On-Site Renewable Energy)
- 7) Emisi Energi Rendah (Less Energi Emission)

Tabel 1.2 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Penulis Penelitian	Tahun Penelitian	Permasalahan Penelitian	Tujuan Penelitian	Variabel Penelitian		Metode Penelitian	Analisis	Hasil Penelitian
						Variabel X	Variabel Y	Data		
1	Kajian Penerapan Green Building pada bangunan Existing	Nur Insani Nindi Pratiwi	2022	Suhu rata-rata bumi telah meningkat sebesar 0,74% yang berasal dari bangunan gedung yang disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah pembangunan yang tidak ramah lingkungan. Contohnya yang tidak ramah lingkungan, serta berkurangnya lahan hijauPemborosan energi dan material	Untuk mengevaluasi penerapan Green Building pada bangunan gedung classroom fakultas Teknik Universitas Hasanudin	Evaluasi Nilai Bangunan Hijau pada bangunan Gedung Classroom	Sistem rating Greenship untuk gedung terbangun versi 1.1	Observasi dan Wawancara Langsung	Kuantitatif	Didapatkan 4 kesimpulan 1. Gedung Classroom Fakultas Teknik UNHAS memenuhi lima syarat kelayakan bangun 2. Gedung Classroom Fakultas Teknik UNHAS hanya memenuhi 2 persyaratann dari kategori greenship diantaranya kategori siklus dan sumber daya material 3. Gedung classroom memperoleh 3 (tiga) 6 (enam) kategori kesehatan dan kenyamanan ruang sebesar 7 poin dan poin penilaian terkecil pada kategori siklus dan sumber material sebesar 3 poin, 4. 4 dari 40 kriteria yang ada dalam kategori

										greenship.
2	Strategi Pengembangan Gedung Teknik Sipil & Gedung Classroom Fakultas Teknik UNHAS Menjadi Bangunan Hijau	Ainun Jariah Hilal Anshary	2023	Mengetahui penerapan Green Building pada Gedung Classroom, strategi pengembangan dan pengembangan pada gedung Teknik sipil universitas Hasanudin	Untuk mengevaluasi strategi pengembangan dan pemeliharaan pada gedung classroom dan Gedung teknik sipil UNHAS	Evaluasi Nilai Bangunan Hijau pada bangunan Gedung Classroom	Sistem rating Greenship untuk gedung terbangun versi 1.1	Observasi dan Wawancara Langsung	Kuantitatif	Strategi yang digunakan gedung teknik sipil mendapatkan predikat silver pengembangan kriteria dari Greenship Rating Tools diantaranya ASD3 (1 poin), EEC3 (1 poin), WAC2 (2 poin), MRC1 (2 poin), MRC3 (1 poin), MRC4 (2 poin), MRC 5 (1 poin), IHCI (1 poin), IHC4 (8 poin) Bem 3 (2 poin) apabila dapat terpenuhi semua, maka gedung sipil bisa mendapatkan predikat

											Silver
3	Pengaruh Efisien Energi Dan Air Pada Bangunan Dalam Penerapan ECO-GREEN	Rabudin Rizki	2022	Efisiensi energi dalam arsitektur bukanlah suatu kriteria yang baru, batasan-batasan pada iklim dan material bangunan menentukan konteks keberadaan bangunan. Dalam seni dan tatanan arsitektur selalu dipengaruhi oleh iklim, energi dan kebutuhan sumberdaya bahkan dalam kondisi iklim	Untuk mengetahui pentingnya efisiensi energi dan air pada bangunan yang merupakan langkah yang tepat dalam mengetasi fenomena tersebut	Evaluasi Eco-Green dalam pengaplikasian pada bangunan dalam menghemat dan mengelola dan memaksimalkan penggunaan energi	Sistematis dan iklim interior yang sehat berdasarkan material yang bersih secara ekologis	Observasi secara langsung	Kuantitatif	Penerapan efisiensi energi akan memberikan pengaruh terhadap energi maupun air sehingga bangunan terhadap matahari, penataan, ventilasi, jendela dan air akan memberikan pengaruh dalam penghematan penggunaan listrik serta dapat mengurangi dampak negatif pada global warming	

				yang ekstrim yang tidak menghalangi		air				
4	Prakiraan Penggunaan Energi Listrik dengan Mengimplementasi Aspek Green Building Pada Gedung Serba Guna (GSG) Universitas Diponegoro	Muhammad Amin Zihni	2022	Konservasi dan efisiensi energi yang perlu dilakukan pada perencanaan ulang bangunan efisiensi energi dengan perhiyungan konsumsi energi dan simulasi menggunakan software	Untuk mengetahui pemenuhi standar green building menggunakan software bantu sefaira plugin	Evaluasi nilai over thermal transfer value (OTTV) pada bangunan green building	Memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi karena penggunaan inverter	Observasi secara langsung	Kuantitatif	Berdasarkan analisis data perencanaan awal didapatkan bahwa nilai OTTV dan COP peralatan pengkondisikan

5	Bangunan Hemat Energi	Dody Kusmana	2019	Wacana green building menembus dunia perencanangan dan kontruksi. Penyebab utamanya adalah sistem dan pelaksanaan pembangunan yang sering kali menggunakan banyak energi bumi, merusak habitat dan lingkungan sekitar dan juga mengganggu kehidupan manusia sekitarnya	Untuk mengetahui penggunaan energi, air dan sumber daya lain secara efesian, untuk perlindungan kesehatan bangunan peningkatan produktifitas karyawan	Evaluasi tolak ukur penilaian bangunan berhasil melakukan butir	memiliki efisiensi seluruh siklus bangunan	Observasi secara langsung	Kuantitatif	Energi matahari sebagai alternatif energi selain BBM &MIGAS dapat diterapkan dalam membangun rumah yang hemat energi dalam bentuk panel surya untuk atap maupun dalam bentuk sel gratzel yang bisa digunakan sebagai jendela
---	-----------------------	--------------	------	--	---	---	--	---------------------------	-------------	--