

BAB V

KAJIAN TEORI

5.1 Kajian Teori Penekanan Desain

Tema desain yang dipilih dalam proyek asrama atlet GOR Jatidiri adalah *Green Building*.

5.1.1 Uraian Interpretasi Dan Elaborasi Teori

a. *Green Building*

Mencakup pada dua hal, yaitu *green architecture* dan *green building*. Kedua hal tersebut memiliki dua pengertian yang berbeda walaupun masih dalam satutujuan. *Green* disini tidak diartikan sebagai lingkungan terbangun yang serba hijau, tapilebih menekankan kepada keselarasan dengan lingkungan global, yaitu udara, air,tanah dan api.

Definisi *green architecture* (arsitektur hijau) adalah sebuah kesadaran lingkungan arsitektur yang tidak hanya memasukkan aspek utama arsitektur (kuat,fungsi, nyaman, rendah biaya, estetika), namun juga memasukkan aspek lingkungan dari sebuah *green buildings* yaitu efisiensi energi, konsep keberlanjutan dan pendekatan secara holistic terhadap lingkungan.

Green architecture memiliki pengertian sebagai sebuah istilah yang menggambarkan tentang ekonomi, hemat energi, ramah lingkungan, dan dapat dikembangkan menjadi pembangunan berkesinambungan.

Green architecture mencakup keselarasan antara manusia dan lingkungan alamnya. Arsitektur hijau mengandung juga dimensi lain seperti waktu, lingkungan alam, sosio-kultural, ruang, serta teknik bangunan. *Green architecture* (arsitektur hijau) juga didefinisikan sebagai arsitektur yang berwawasan lingkungan dan berlandaskan kepedulian tentang konservasi lingkungan global alami dengan penekanan pada efisiensi energi (*energy-efficient*), pola berkelanjutan (*sustainable*) dan pendekatan holistik (*holistic approach*). Bertitik tolak dari pemikiran disain ekologi yang menekankan pada saling ketergantungan (*interdependencies*) dan keterkaitan (*interconnectedness*) antara semua sistim (artifisial maupun natural) dengan lingkungan lokalnya dan biosfeer. *Credo form follows energy* diperluas menjadi *form follows environment* yang berdasarkan pada prinsip *recycle, reuse, reconfigure*.

Green architecture yaitu suatu konsep perancangan untuk menghasilkan suatu lingkungan binaan (*green building*) yang dibangun serta berjalan secara lestari atau berkelanjutan. Berkelanjutan merupakan suatu kondisi dimana unsur-unsur yang terlibat selama proses pemanfaatan suatu sistem sebagian besar dapat berfungsi sendiri, sedikit mengalami penggantian atau tidak menyebabkan sumber lain berkurang jumlah serta kualitasnya.

Lingkup *green architecture* yang lebih sempit adalah *green building*. *Green building* (bangunan hijau) didefinisikan sebagai bangunan yang meminimalkan dampak lingkungan melalui

konservasi sumber daya dan memberikan kontribusi kesehatan bagi penghuninya. Secara garis besar, *green building* lebih ditekankan pada nyaman dan kuat. Sedangkan *green architecture* penekanannya menyangkut pada aspek kekuatan,kenyamanan, estetika dan komposisi yang tetap mementingkan efisiensi energi, konsepberkelanjutan, dan pendekatan holistic.

DEFINISI

Bangunan hijau (*Green Building*) adalah bangunan berkelanjutan yang mengarah pada struktur dan pemakaian proses yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan hemat sumber daya sepanjang siklus hidup bangunan tersebut, mulai dari pemilihan tempat sampai desain, konstruksi, operasi, perawatan, renovasi, dan peruntuhan. Praktik ini memperluas dan melengkapi desain bangunan klasik dalam hal ekonomi, utilitas, durabilitas, dan kenyamanan.

Bangunan hijau (*Green Building*) dirancang untuk mengurangi dampak lingkungan bangunan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan alami dengan:

- Menggunakan energi, air, dan sumber daya lain secara efisien
- Melindungi kesehatan penghuni dan meningkatkan produktivitas karyawan

- Mengurangi limbah, polusi dan degradasi lingkungan
Bagaimana dikatakan Green Building?

Suatu bangunan dapat disebut sudah menerapkan konsep bangunan hijau apabila berhasil melalui suatu proses evaluasi tersebut tolak ukur penilaian yang dipakai adalah Sistem Rating.

Sistem Rating adalah suatu alat yang berisi butir-butir dari aspek yang dinilai yang disebut rating dan setiap butir rating mempunyai nilai. Apabila suatu bangunan berhasil melaksanakan butir rating tersebut, maka mendapatkan nilai dari butir tersebut. Kalau jumlah semua nilai yang berhasil dikumpulkan bangunan tersebut dalam melaksanakan Sistem Rating tersebut mencapai suatu jumlah yang ditentukan, maka bangunan tersebut dapat disertifikasi pada tingkat sertifikasi tersebut.

Sistem Rating dipersiapkan dan disusun oleh *Green Building Council* yang ada di negara-negara tertentu yang sudah mengikuti gerakan bangunan hijau. Setiap negara tersebut mempunyai Sistem Rating masing-masing. Sebagai contoh : USA mempunyai LEED Rating (*Leadership Efficiency Environment Design*)

Di Indonesia sendiri ada GBCI (*Green Building Council Indonesia*) Menurut GBCI sebuah bangunan yang mengikuti standar penilaian *GreenShip* biasanya mampu melakukan penghematan energi antara 26% sampai 40% setiap bulannya.

Penghematan tersebut didapat dari berkurangnya volume pemakaian AC, penerangan gedung, serta penggunaan air.

⁷Standar penilaian *GreenShip* dikeluarkan oleh GBCI (*Green Building Council Indonesia*) mengacu pada klasifikasi kelas , lihat tabel 5.1 dibawah ini.

Tabel 5. 1 Klasifikasi Kelas Penilaian Green Building
Sumber : GBCI

Kelas	%	DS Score	FA Score
Platinum	73 %	56	74
Gold	57 %	43	58
Silver	46 %	35	47
Bronze	35 %	27	35

Ada 6 (enam) aspek yang menjadi pedoman dalam evaluasi penilaian *Green Building*

- Tepat Guna Lahan (*Approtiate Site Development / ASD*)
- Efisiensi dan Konservasi Energi (*Energy Efficiency & Conservation / EEC*)
- Konservasi Air (*Water Conservation / WAC*)
- Sumber dan Siklus Material (*Material Resource and Cycle / MRC*)
- Kualitas Udara & Kenyamanan Ruang (*Indoor Air Health and Comfort / IHC*)
- Manajemen Lingkungan Bangunan (*Building and Environment Management / BEM*)

• ⁷ Geen Building Council Indonesia (Konsil Bangunan Hijau Indonesia), melalui gbcindonesia.org

GBC Indonesia saat ini sudah mengeluarkan 4 jenis GREENSHIP, yaitu :

- a. GREENSHIP Bangunan Baru / New Building (NB) – Perangkat tolok ukur untuk bangunan baru
- b. GREENSHIP Bangunan Terbangun / Existing Building (EB) – Perangkat tolok ukur untuk bangunan terbangun
- c. GREENSHIP Interior Space – Perangkat tolok ukur untuk ruang dalam
- d. GREENSHIP Rumah Tinggal / Homes – Perangkat tolok ukur untuk rumah tinggal
- e. GREENSHIP Kawasan / Neighborhood (NH) – Perangkat tolok ukur untuk kawasan

Penerapan aspek *Green Building* dari segi desain bangunan yaitu :

1) Bentuk dan Orientasi Bagunan

Gedung Menteri Kementerian Pekerjaan Umum memiliki bentuk massa bangunan yang tipis, baik secara vertikal maupun horizontal. Sisi tipis di puncak gedung didesain agar mampu menjadi shading bagi sisi bangunan dibawahnya sehingga dapat membuat bagian tersebut menjadi lebih sejuk. Pada desain gedung ini memiliki area *opening* yang lebih banyak di sisi timur. hal ini dikarenakan cahaya pada sore hari (matahari barat) lebih bersifat panas dan menyilaukan.

2) Shading & Reflektor

Shading light shelf bermanfaat mengurangi panas yang masuk ke dalam gedung namun tetap memasukan cahaya dengan efisien. Dengan *light shelf*, cahaya yang masuk kedalam bangunan dipantulkan ke *ceiling*. Panjang shading pada sisi luar *light shelf* ditentukan sehingga sinar matahari tidak menyilaukan aktifitas manusia di dalamnya. Cahaya yang masuk dan dipantulkan ke *ceiling* tidak akan menyilaukan namun tetap mampu memberikan cahaya yang cukup.

3) Sistem Penerangan

Sistem penerangan dalam bangunan menggunakan *intelegent lighting system* yang dikendalikan oleh *main control panel* sehingga nyala lampu dimatikan secara otomatis oleh *motion sensor & lux sensor*. Dengan begitu, penghematan energy dari penerangan ruang akan mudah dilakukan.

4) Water Recycling System

Water Recycling System berfungsi untuk mengolah air kotor dan air bekas sehingga dapat digunakan kembali untuk keperluan flushing toilet ataupun sistem penyiraman tanaman. Dengan sistem ini, penggunaan

air bersih dapat dihemat dan menjadi salah satu aspek penting untuk menunjang konsep *green building*.

Konsep Pembangunan Green Building. Beberapa aspek utama *green building* antara lain :

1) Material

Material yang digunakan untuk membangun harus diperoleh dari alam, dan merupakan sumber energi terbarukan yang dikelola secara berkelanjutan. Daya tahan material bangunan yang layak sebaiknya teruji, namun tetap mengandung unsur bahan daur ulang, mengurangi produksi sampah, dan dapat digunakan kembali atau didaur ulang.

2) Energi

Penerapan panel surya diyakini dapat mengurangi biaya listrik bangunan. Selain itu, bangunan juga selayaknya dilengkapi jendela untuk menghemat penggunaan energi, terutama lampu dan AC. Untuk siang hari, jendela sebaiknya dibuka agar mengurangi pemakaian listrik. Jendela tentunya juga dapat meningkatkan kesehatan dan produktivitas penghuninya. *Green building* juga harus menggunakan lampu hemat energi, peralatan listrik hemat energi, serta teknologi energi terbarukan, seperti turbin angin dan panel surya.

3) Air

Penggunaan air dapat dihemat dengan menginstal sistem tangkapan air hujan. Cara ini akan mendaur ulang air yang dapat digunakan untuk menyiram tanaman atau menyiram toilet. Gunakan pula peralatan hemat air, seperti pancuran air beraliran rendah, tidak menggunakan *bath tub* di kamar mandi, menggunakan toilet hemat air, dan memasang sistem pemanas air tanpa listrik.

4) Kesehatan

Penggunaan bahan-bahan bangunan dan furnitur harus tidak beracun, bebas emisi, rendah atau non-VOC (senyawa organik yang mudah menguap), dan tahan air untuk mencegah datangnya kuman dan mikroba lainnya. Kualitas udara dalam ruangan juga dapat ditingkatkan melalui sistem ventilasi dan alat-alat pengatur kelembaban udara.

Manfaat Pembangunan Green Building :

Manfaat Lingkungan

- Meningkatkan dan melindungi keragaman ekosistem
- Memperbaiki kualitas udara
- Memperbaiki kualitas air
- Mereduksi limbah

- Konservasi sumber daya alam

Manfaat Ekonomi

- Mereduksi biaya operasional
- Menciptakan dan memperluas pasar bagi produk dan jasa hijau
- Meningkatkan produktivitas penghuni
- Mengoptimalkan kinerja daur hidup ekonomi

Manfaat Sosial

- Meningkatkan kesehatan dan kenyamanan penghuni
- Meningkatkan kualitas estetika
- Mereduksi masalah dengan infrastruktur lokal



5.1.2 Studi Preseden

1. CH2, Melbourne

CH2 atau Council House 2 terletak di pusat kota Melbourne, adalah bangunan yang mendapatkan penghargaan PBB untuk design yang berkelanjutan dan efisiensi energi. Bangunan ini mempunyai pendinginan termal massa, sel surya, turbin angin, daur ulang limbah, langit langit dingin dan permadani menakjubkan yang berasal dari daur kayu fotovoltaik dan mempromosikan bangunan ramah lingkungan yang sehat. Lihat gambar 5.1 dibawah ini.



Gambar 5. 1 Bangunan CH2, Melbourne
Sumber : <http://qotadahamran.blogspot.co.id>

2. BSD Green Office Park 9

BERITA PROPERTI – BSD Green Office Park (GOP) 9 yang dikembangkan **Sinar Mas Land**, berhasil mencapai rating PLATINUM untuk Design Recognition dari Assessor Green Building Council Indonesia (GBCI). Itu artinya, semua komponen design BSD GOP 9 telah mengikuti persyaratan Green Building yang paling tinggi dari semua standard Green Building yang diakui di dunia, terutama untuk komponen hemat energi, hemat penggunaan air, low carbon emission, serta penghijauan yang didukung green roof untuk mendinginkan suhu dibawahnya. Lihat gambar 5.2 dibawah ini,

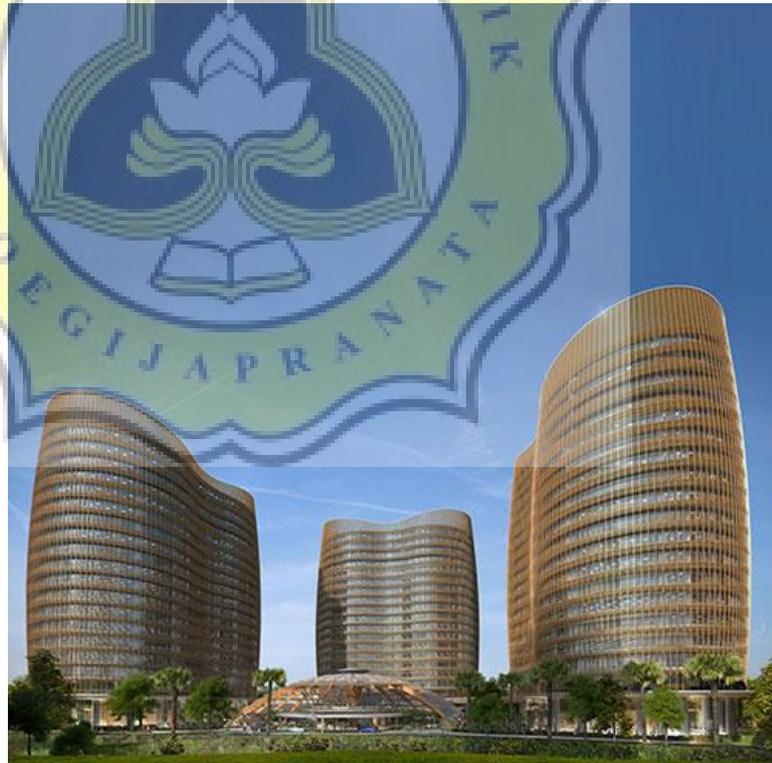


Gambar 5. 2 BSD Green Office Park 9
Sumber : propertybank.com

3. South Quarter

South Quarter, kawasan perkantoran terpadu di TB Simatupang berambisi jadi ikon baru ruang kantor dan pusat lifestyle di wilayah tersebut.

Manager Marketing Promotion South Quarter Nurafni Febriana mengatakan, ambisi itu didukung oleh sejumlah faktor, terutama keberadaan ruang terbuka atau open space di antara bangunan di South Quarter. Lanjutnya mengungkapkan, berdasarkan hal tersebut South Quarter menyabet Sertifikasi Green Building dari Green Building Council Indonesia (GBCI). Lihat gambar 5.3 dibawah ini.



Gambar 5. 3 South Quarter
Sumber : okezone

5.1.3 Kemungkinan Penerapan Teori ke Proyek

Kajian teori yang diusung dalam bangunan ini adalah green building, dan dari beberapa teori yang dipaparkan, terdapat beberapa yang bisa diterapkan di dalam proyek, lihat tabel 5.2 dibawah ini.

Tabel 5. 2 Kemungkinan Penerapan Teori Ke Proyek
Sumber : Dokumen Pribadi

Teknologi Tepat Guna	
Area Dasar Hijau	<p>Vegetasi</p> <p>1. Ukuran besar >15m Pohon Mahoni – pohon ini bisa mencapai 40 m, minim perawatan, pertumbuhan cepat, bisa menyerap 47%-69% polusi di sekitarnya. Lihat gambar 5.4.</p>  <p>Gambar 5. 4 Pohon Mahoni Sumber : google image</p> <p>2. Ukuran sedang 8m - 15m Pohon Ketapang Kencana – pohon ini minim perawatan, pertumbuhan cepat, tajuknya rindang, lihat gambar 5.5.</p>  <p>Gambar 5. 5 Pohon Ketapang Sumber : google image</p> <p>Ukuran kecil <8m</p>

	<p>Pohon Kamboja – pohon ini memiliki pertumbuhan cepat, dapat menambah keindahan lansekap</p>  <p>Gambar 5. 6 Pohon Kamboja Sumber : google image</p> <p>3. Rumput dan Semak</p> <p>4. Softscape dan hardscape menggunakan grassblock pada softscape dan paving pada hardscape.</p> <p>Menurut standar Greenship perhitungan RTH minimal 10% dari total luas lahan , sedangkan pada peraturan RTRW minimal 20% (sudah memenuhi standar)</p>
<p>Akseibilitas Penghuni</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pada lingkungan tapak sudah dilengkapi dengan fasilitas umum seperti <ol style="list-style-type: none"> 1. Bank 2. Rumah Makan 3. Taman Umum 4. Foto Kopi Umum 5. Parkir Umum (di luar lahan) 6. Fasilitas Kesehatan 7. Warung/Toko Kelontong 8. Kantor Pos 9. Minimarket 10. Pusat Pendidikan 11. Tempat Ibadah 12. GOR 13. Kantor Pemerintah 14. Apotek <p>Adanya penyediaan fasilitas untuk pedestrian pada area tapak yang tidak terhalang oleh akses motor dan langsung menghubungkan antar bangunan</p> <p>Adanya penyediaan fasilitas untuk pedestrian pada area tapak yang tidak terhalang oleh akses motor dan langsung menuju keluar tapak</p>
<p>Transportasi Umum</p>	<p>Terdapat Angkutan Umum ke arah Gunung pati Unnes, Sampangan dan juga BUS Trans semarang</p>

Fasilitas Pengguna sepeda	Terdapat tempat parkir sepeda
Lansekap Pada Lahan	Adanya area softscape (tanaman) yang bebas bangunan
Iklim Mikro	Menggunakan <i>green roof</i> sebesar 50% dari luas atap
	Pemberian atap pergola tanaman pada area pedestrian sebagai pelindung dari radiasi matahari
Manajemen air limpahan hujan	Pengurangan volume limpahan air dari bangunan ke jaringan kota dengan acuan curah hujan 50mm/hari
	Menggunakan penampungan air hujan dan filterisasi sehingga dapat mengurangi debit limpahan air hujan
Efisiensi & Konservasi Energi	
Pemasangan sub meter	Pemasangan Kwh meter untuk mengukur konsumsi listrik meliputi <ul style="list-style-type: none"> • Sistem tata udara : instalasi listrik 1 fasa • Sistem tata cahaya : indoor unit • Beban lain : lift, pompa air instalasi 3 fasa
Pencahayaam Alami	Penerapannya pada pemberian jendela atau dinding kaca yang menggunakan sistem kaca ganda serta bukaan pada kerawang dinding
	Penggunaan box lampu T5 yang dilengkapi sensor lux untuk optimisasi penchayaan buatan apabila kurang dari 300 lux
Ventilasi	Tidak memberi AC pada area lavatory, tangga, koridor dengan pemanfaatan sirkulasi udara dari bukaan
Energi Terbarukan	Penerapan sistem solar panel
Konservasi Air	
Perhitungan penggunaan air	Penggunaan worksheet oleh GBCI
Pengurangan penggunaan air	Pengurangan penggunaan air dengan memanfaatkan kembali air hujan dan grey water
Fitur Air	Tingkat penghematan sebesar 50% dari air yang di produksi
Daur Ulang Air	Daur ulang diterapkan pada

	<ul style="list-style-type: none"> • Pengolahan air bekas pakai (grey water) yang dimanfaatkan untuk flushing wc, kebutuhan lansekap, cooling tower • Pengolahan air hujan (rain water harvesting) yang dimanfaatkan untuk <i>cooling tower</i>, wudhu, washtafel, 	
Sumber Air alternatif	Menggunakan sumber dari hasil pengolahan air hujan dan hasil pengolahan air bekas (grey water)	
Penampungan air hujan	Menggunakan tangki penampung air hujan dengan kapasitas 20% dari air hujan yang jatuh	
Efisiensi Penggunaan Air Lansekap	Sumber air lansekap menggunakan hasil pengolahan dari air bekas (<i>grey water</i>)	
Sumber dan Siklus Material		
Penggunaan Gedung dan Material	Menggunakan bahan daur ulang pada desain interiornya, seperti kayu bekas bantalan rel, atau kayu limbah pabrik	
Material Ramah Lingkungan	Menggunakan sebagian besar material gedung yang berstandar GBCI	
Kayu Bersertifikat	Menggunakan kayu bersertifikat resmi dari dinas kehutanan sehingga jelas asal usulnya dan hukumnya.	
Material Prefabrikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Dinding precast • Elemen fasade menggunakan GRC / kerawang, • Bekisting struktur • Curtain wall 	
Material Regional	material	Vendor
	Beton	Supplier ready mix nasional
	Besi	Supplier besi beton lokal
	Kaca	Ashahi mas
	Aluminium composi panel	Alcopanel
	Gypsum panel	Knauf
	Accoustic panel	Knauf
	Cat	Jatun, ICI
Sanitasi	Toto	
Kesehatan dan Kenyamanan dalam Ruang		
Pemantauan kadar CO2	Menggunakan sensor gas CO2 untuk mengontrol masuknya kadar CO2 ke dalam	

	ruangan agar tidak lebih dari 1000 ppm, untuk peletakkannya di atas lantai sekitar 1,5m dan dekat jendela atau pendingin ruangan
Kendali asap rokok di lingkungan	Pemberian sign system yang ditempatkan di area publik dan privat pada gedung (<i>smoke detector</i>)
Polutan Kimia	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan cat yang memiliki kadar VOC rendah dan di akui oleh GBCI contohnya nippon paint dan propan • Menggunakan kayu composit sebagai pengganti kayu, karena kayu komposit ini berbahan dari limbah kayu dengan bahan kimia yang ramah lingkungan, seperti WPC (wood plastic composite) • Penerangan gedung menggunakan lampu jenis LED yang bebas merkuri dan tidak memancarkan sinar UV
Pemandangan keluar gedung	Tidak menggunakan pelapis dinding / secondary skin yang menghalangi kaca jendela untuk pemandangan keluar minimal sebesar 75%
Kenyamanan Visual	Penggunaan lampu LED yang ramah lingkungan dengan standar 300 lux
Kenyamanan Thermal	Menggunakan sistem kaca ganda untuk jendela dan fasade gedung sehingga mereduksi suhu panas dan menciptakan kenyamanan thermal pada ruangan dalam gedung
Tingkat Kebisingan	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan barrier tumbuhan pada batas lahan untuk mengurangi kebisingan • Menggunakan cladding untuk mengurangi kebisingan • Penggunaan sistem kaca ganda pada jendela bangunan untuk mereduksi kebisingan masuk ke dalam ruangan dalam gedung
Manajemen Lingkungan Bangunan	
Dasar Pengolahan sampah	Pemisahan pada jenis sampah seperti jenis sampah organik, anorganik, B3 melalui shaft , lalu dimasukkan ke dalam bak penampung dan di jual ke vendor untuk pengolahan lebih lanjut
GP sebagai anggota tim proyek	Melibatkan tenaga ahli yang diakui atau bersertifikat GP (<i>greenship professional</i>)
Polusi dari aktivitas konstruksi	<ul style="list-style-type: none"> • Memisahkan antara limbah padat dan limbah cair,

	<ul style="list-style-type: none"> • Memanajemen limbah padat untuk pengolahan selanjutnya atau dibuang ke TPA • Melakukan filtrasi pada limbah cair sebelum di buang ke drainase kota
Pengolahan sampah tingkat lanjut	<ul style="list-style-type: none"> • Mengolah sampah gedung jenis organik yang dilakukan secara mandiri yang dimanfaatkan untuk pupuk kompos, sedangkan untuk sampah jenis anorganik pengolahannya melibatkan pihak ketiga
Penyerahan data green building	<ul style="list-style-type: none"> • Menyerahkan database penerapan Green Building pada gedung yang sesuai dengan form / standar GBCI • Menyerahkan databasem implementasi hasil penerapan green building selama kurun waktu 12 bulan kepada GBCI
Survei pengguna gedung	Menyerahkan data hasil survei mengenai suhu dan kelembapan pada kurun waktu 12 bulan dan apabila hasilnya masih di bawah standar maka bersedia untuk melalkukan perbaikan dalam kurun waktu 6 bulan setelahnya

5.2 Kajian Teori Optimalisasi Kenyamanan Thermal & Visual Pada Asrama

Focus kajian pada perencanaan proyek asrama ini adalah optimalisasi kenyamanan thermal dan visual pada asrama.

5.2.1 Uraian Interpretasi Dan Elaborasi Teori

a. Thermal

Kenyamanan termal merupakan suatu kondisi dari pikiran manusia yang menunjukkan kepuasan dengan lingkungan termal (Nugroho, 2011). Menurut Karyono (2001), kenyamanan dalam kaitannya dengan bangunan dapat didefinisikan sebagai suatu keadaan dimana dapat memberikan perasaan nyaman dan menyenangkan bagi penghuninya.

Kenyamanan thermal merupakan suatu keadaan yang berhubungan dengan alam yang dapat mempengaruhi manusia dan dapat dikendalikan oleh arsitektur (Snyder, 1989). Sementara itu, menurut McIntyre (1980), manusia dikatakan nyaman secara termal ketika ia tidak merasa perlu untuk meningkatkan ataupun menurunkan suhu dalam ruangan. Olgyay (1963) mendefinisikan zona kenyamanan sebagai suatu zona dimana manusia dapat mereduksi tenaga yang harus dikeluarkan dari tubuh dalam mengadaptasikan dirinya terhadap lingkungan sekitarnya. Menurut ASHRAE (2009), kenyamanan termal adalah suatu kondisi dimana ada kepuasan terhadap keadaan termal di sekitarnya.

Menurut Auliciems dan Szokolay (2007), kenyamanan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni temperatur udara, pergerakan angin, kelembaban udara, radiasi, faktor subyektif, seperti metabolisme, pakaian, makanan dan minuman, bentuk tubuh, serta usia dan jenis kelamin.⁸

Teori Fanger, Standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55-1992) dan Standar Internasional untuk kenyamanan termis (ISO 7730:1994) juga menyatakan hal yang sama bahwa kenyamanan termis yang dapat dirasakan manusia merupakan fungsi dari faktor iklim serta dua faktor individu

⁸Szokolay S.V, et. Al. 1973. Manual of Tropical Housing and Building, Bombay: Orient Langman.

yaitu jenis aktifitas yang berkaitan dengan tingkat metabolisme tubuh serta jenis pakaian yang digunakan. Menurut teori ini, kenyamanan suhu tidak secara nyata dipengaruhi oleh perbedaan jenis kelamin, tingkat kegemukan, faktor usia, suku bangsa, tempat tinggal geografis, adaptasi, faktor kepadatan, faktor warna dan sebagainya.⁹

Sedangkan Humphreys dan Nicol menyatakan bahwa kenyamanan suhu juga dipengaruhi oleh adaptasi dari masing-masing individu terhadap suhu luar di sekitarnya. Manusia yang biasa hidup pada iklim panas atau tropis akan memiliki suhu nyaman yang lebih tinggi dibanding manusia yang biasa hidup pada suhu udara rendah seperti halnya bangsa Eropa.¹⁰ Berikut adalah perbandingan faktor penentu suhu nyaman, lihat tabel 5.3 dibawah ini.

Tabel 5. 3 Tabel Pemanding Faktor Penentu Suhu Nyaman
 Sumber: jurnal sistem teknik industri volume 6, Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan

szokolay	Fanger, Standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55-1992), Standar Internasional (ISO 7730:1994)	Humphreys dan Nicol
Iklim: <ul style="list-style-type: none"> • Matahari (besarnya radiasi), • suhu udara, • angin (kecepatan udara), 	Iklim: <ul style="list-style-type: none"> • matahari (besarnya radiasi), • suhu udara, • angin (kecepatan udara), 	Iklim: <ul style="list-style-type: none"> • matahari (besarnya radiasi), • suhu udara, • angin (kecepatan udara),

⁹ Menciptakan kenyamanan thermal didalam bangunan
[http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/15895/1/sti-jul2005-%20\(26\).pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/15895/1/sti-jul2005-%20(26).pdf)

¹⁰ Humphreys, Peter and Williamson Nicole. 2012. Faktor Kenyamanan Thermal.

<ul style="list-style-type: none"> • kelembaban udara luar <p>Faktor Individu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Pakaian <input type="checkbox"/> Aklimatisasi <input type="checkbox"/> Usia dan jenis kelamin <input type="checkbox"/> Tingkat kegemukan <input type="checkbox"/> Tingkat kesehatan <input type="checkbox"/> Jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi <input type="checkbox"/> Warna kulit (suku bangsa) 	<ul style="list-style-type: none"> • kelembaban udara luar 	<ul style="list-style-type: none"> • kelembaban udara luar <p>Faktor Individu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktifitas • Pakaian • adaptasi individu <p>Lokasi geografis</p>
---	---	---

Hal sama juga sebutkan dari teori Humphreys dan Nicol, Lipsmeier (1994) menunjukkan beberapa penelitian yang membuktikan batas kenyamanan (dalam Temperatur Efektif/TE) berbeda-beda tergantung kepada lokasi geografis dan subyek manusia (suku bangsa) yang diteliti seperti pada tabel di bawah ini:¹¹ lihat tabel 5.4 dibawah ini.

Tabel 5. 4 Perbandingan Kenyamanan Thermal Dari Berbagai Pengarang

Sumber : jurnal sistem teknik industri volume 6, Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan

Pengarang	Tempat	Kelompok Manusia	Batas Kenyamanan
ASHRAE	USA Selatan (30° LU)	Peneliti	20,5°C - 24,5°C TE
Rao	Calcutta (22°LU)	India	20°C - 24,5°C TE
Webb	Singapura Khatulistiwa	Malaysia Cina	25°C - 27°C TE
Mom	Jakarta (6°LS)	Indonesia	20°C - 26°C TE
Ellis	Singapura Khatulistiwa	Eropa	22°C - 26°C TE

¹¹Humphreys, Peter and Williamson Nicole. 2012. Faktor Kenyamanan Thermal.

Standar tata cara dalam perencanaan teknis konservasi energi pada bangunan gedung yang diterbitkan oleh yayasan LPMB-PU menjabarkan suhu nyaman yang sesuai untuk orang yang berada di Indonesia, dengan tiga bagian, lihat table 5.5 dibawah ini.

Tabel 5. 5 Suhu Nyaman menurut Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung
 Sumber : Jurnal sistem teknik industri volume 6, Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan

	Temperatur Efektif (TE)	Kelembaban (RH)
• Sejuk nyaman ambang batas	20,5°C - 22,8°C 24°C	50% 80%
• Nyaman optimal ambang batas	22,8°C - 25,8°C 28°C	70%
• Hangat nyaman ambang batas	25,8°C - 27,1°C 31°C	60%

Berkaitan dengan penelitian yang dilakukan Lippsmeier, (menyatakan pada temperatur 26°C TE umumnya manusia sudah mulai berkeringat serta daya tahan dan kemampuan kerja manusia mulai menurun) dengan pembagian suhu nyaman orang Indonesia menurut Yayasan LPMB PU, maka suhu yang kita butuhkan agar dapat beraktifitas dengan baik adalah suhu nyaman optimal (22,8°C - 25,8°C dengan kelembaban 70%). Angka ini berada di bawah kondisi suhu

udara di Indonesia yang dapat mencapai angka 35°C dengan kelembaban 80%.¹²

Pengkondisian lingkungan di dalam bangunan secara arsitektural dapat dilakukan dengan mempertimbangkan perletakan bangunan (orientasi bangunan terhadap matahari dan angin), pemanfaatan elemen-elemen arsitektur dan lansekap serta pemakaian material/bahan bangunan yang sesuai dengan karakter iklim tropis panas lembab. Melalui keempat hal di atas, temperatur di dalam ruangan dapat diturunkan beberapa derajat tanpa bantuan peralatan mekanis.

- Orientasi Bangunan

- a. Orientasi Terhadap Matahari

Orientasi bangunan terhadap matahari akan menentukan besarnya radiasi matahari yang diterima bangunan.

Semakin luas bidang yang menerima radiasi matahari secara langsung, semakin besar juga panas yang diterima bangunan. Dengan demikian, bagian bidang bangunan yang terluas (mis: bangunan yang bentuknya memanjang) sebaiknya mempunyai orientasi ke arah Utara-Selatan sehingga sisi bangunan yang pendek, (menghadap Timur – Barat) yang menerima radiasi matahari langsung.

¹²Menciptakan kenyamanan thermal didalam bangunan
[http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/15895/1/sti-jul2005-%20\(26\).pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/15895/1/sti-jul2005-%20(26).pdf)

b. Orientasi terhadap angin

Kecepatan angin di daerah iklim tropis panas lembab umumnya rendah. Angin dibutuhkan untuk keperluan ventilasi (untuk kesehatan dan kenyamanan penghuni di dalam bangunan). Ventilasi adalah proses dimana udara 'bersih' (udara luar), masuk (dengan sengaja) ke dalam ruang dan sekaligus mendorong udara kotor di dalam ruang ke luar. Ventilasi dibutuhkan untuk keperluan oksigen bagi metabolisme tubuh, menghalau polusi udara sebagai hasil proses metabolisme tubuh (CO₂ dan bau) dan kegiatan-kegiatan di dalam bangunan. Untuk kenyamanan, ventilasi berguna dalam proses pendinginan udara dan pencegahan peningkatan kelembaban udara (khususnya di daerah tropika basah), terutama untuk bangunan rumah tinggal. Kebutuhan terhadap ventilasi tergantung pada jumlah manusia serta fungsi bangunan. baik terhadap matahari sekaligus arah angin primer. Penelitian menunjukkan, jika harus memilih (untuk daerah tropika basah seperti Indonesia), posisi bangunan yang melintang terhadap arah angin primer lebih dibutuhkan dari pada perlindungan terhadap radiasi matahari sebab panas radiasi dapat dihalau oleh angin yang berhembus. Kecepatan angin yang baik dalam

ruangan adalah 0,1 – 0,15 m/detik. Besarnya laju aliran udara tergantung pada:

- Kecepatan angin bebas
- Arah angin terhadap lubang ventilasi
- Luas lubang ventilasi
- Jarak antara lubang udara masuk dan keluar
- Penghalang di dalam ruangan yang menghalangi udara

- Elemen Arsitektur

- a. Pelindung Matahari

Apabila posisi bangunan pada arah Timur dan Barat tidak dapat dihindari, maka pandangan bebas melalui jendela pada sisi ini harus dihindari karena radiasi panas yang langsung masuk ke dalam bangunan (melalui bukaan/kaca) akan memanaskan ruang dan menaikkan suhu/temperatur udara dalam ruang. Di samping itu efek silau yang muncul pada saat sudut matahari rendah juga sangat mengganggu. Gambar di bawah adalah elemen arsitektur yang sering digunakan sebagai pelindung terhadap radiasi matahari.

- Elemen Lansekap

- a. Vegetasi

Di samping elemen arsitektur, elemen lansekap seperti pepohonan dan vegetasi juga dapat digunakan sebagai pelindung terhadap radiasi matahari. Kehadiran pohon

secara langsung atau tidak langsung dapat menurunkan suhu udara di sekitar bangunan, dikarenakan radiasi matahari akan terserap oleh dedaunan pada pohon untuk melakukan proses fotosintesis dan penguapang. Efek dari bayangan dari vegetasi akan menghambat pemanasan exterior bangunan dan tanah yang berada di bawahnya.

Pohon dan tanaaman dapat difungsikan untuk mengatur aliran udara yang masuk ke dalam bangunan. Penataan pohon dan tanaman yang tidak tepat dapat menghilangkan udara sejuk yang berasal dari tumbuhan yang diinginkan terutama pada periode puncak musim panas. Menurut White R.F (dalam Concept in Thermal Comfort, Egan, 1975) kedekatan pohon terhadap bangunan mempengaruhi ventilasi alami dalam bangunan.

Sekumpulan pohon juga dapat dimanfaatkan sebagai 'windbreak' untuk daerah yang kecepatan anginnya cukup besar. Pohon sebagai 'windbreak' dapat mengurangi kecepatan angin lebih dari 35 % jika jaraknya dari bangunan sebesar 5 x tinggi pohon. Bangunan harus dirancang dimana kecepatan angin di daerah pedestrian dan bukaan kurang dari 10 mph (mil per jam). Untuk bangunan tinggi, pengujian dengan menggunakan model bangunan yang berskala untuk memprediksi kekuatan

bangunan terhadap kecepatan angin seringkali harus dilakukan dengan menggunakan terowongan angin (wind tunnels). Di bawah ini menunjukkan bagaimana pengaruh kecepatan angin terhadap manusia.

b. Unsur air

Untuk memodifikasi udara luar yang terlalu panas masuk ke dalam bangunan dapat dilakukan dengan membuat air mancur di dalam bangunan. Keberadaan air akan menurunkan suhu udara di sekitarnya karena terjadi penyerapan panas pada proses penguapan air. Selain menurunkan suhu udara, proses penguapan akan menaikkan kelembaban. Untuk daerah iklim tropis basah seperti di Indonesia yang memiliki kelembaban yang tinggi maka peningkatan kelembaban harus dihindarkan. Oleh sebab itu penggunaan unsur air harus mempertimbangkan adanya gerakan udara (angin) sehingga tidak terjadi peningkatan kelembaban.

- Material/bahan bangunan

Panas masuk ke dalam bangunan melalui proses konduksi (lewat dinding, atap, jendela kaca) dan radiasi matahari yang ditransmisikan melalui jendela/kaca. Radiasi matahari memancarkan sinar ultra violet (6%), cahaya tampak (48%) dan sinar infra merah yang memberikan efek panas sangat besar (46%). Hasil

penelitian menunjukkan bahwa radiasi matahari adalah penyumbang jumlah panas terbesar yang masuk ke dalam bangunan. Besar radiasi matahari yang ditransmisikan melalui selubung bangunan dipengaruhi oleh fasade bangunan yaitu perbandingan luas kaca dan luas dinding bangunan keseluruhan (wall to wall ratio), serta jenis dan tebal kaca yang digunakan seperti pada tabel 5.6 dibawah ini.

Tabel 5. 6 Radiasi Matahari Dan Serapan Kalor
 Sumber: Pengantar fisika bangunan, Manguwijaya, hal 117

Permukaan bahan	%
Asbes baru	42 -59
Asbes lama (6 tahun terpakai)	83
Kulit bitumen/aspal	86
Kulit bitumen bila dicat alumunium	40
Genteng keramik merah	62 – 66
Seng baru	64
Seng lama (kondisi kotor)	92
Selulose cat hijau tua	88
Selulose cat merah tua	57
Selulose cat hitam	94
Selulosa cat kelabu hitam	90

Warna juga berpengaruh terhadap angka serapan kalor. Warna-warna muda memiliki angka serapan kalor yang lebih sedikit dari pada warna tua. Warna putih memiliki angka serapan kalor paling sedikit (10%-15%), sebaliknya warna hitam dengan permukaan tekstur kasar dapat menyerap kalor sampai 95%. Berikut tabel koefisien kalor akibat pengaruh warna dan juga matahari pada tabel 5.7 & 5.8.

Tabel 5. 7 Koefisien Serapan Kalor Akibat Pengaruh Warna
 Sumber: pengantar fisika bangunan, Manguwijaya, hal 116

Permukaan	%
Dikapur putih (baru)	10 – 15
Dicat minyak (baru)	20 – 30
Marmer/pualam putih	40 -50
Kelabu madya	60 – 70
Batu bata, beton	70 – 75
Hitam mengkilat	80 – 85
Hitam kasat	90 - 95

Tabel 5. 8 Pengaruh Serapan Kalor Yang Berasal Dari Radiasi Matahari, Bila Permukaan Dicat Putih
 Sumber: pengantar fisika bangunan, Manguwijaya, hal 118

Pukul (siang hari)	Suhu pelat-pelat seng (°F)	Bila dicat putih (°F)	Selisih suhu (°F)
2.40	127	106	21
2.45	134	108.5	25.5
3.50	128	106.5	21.5
4.30	114	99	15
5.25	102.5	93,5	9
6.10	89	86.5	2.5
6.35	85	84.5	0.5

b. Visual

Bangunan adalah salah satu pengkonsumsi energi terbesar, World Green Building Council menyebutkan bahwa sektor konstruksi menyerap 30-40% total energy dunia (Kerr, 2008). Oleh karenanya, penerapan konsep hemat energi dari sektor bangunan akan dapat memberikan efek signifikan pada keberlanjutan ketersediaan energi. Studi pada bangunan kantor di Hawaii menyebutkan bahwa 27% dari total konsumsi energi bangunan digunakan untuk pencahayaan buatan, dengan pengoptimalisasian penggunaan pencahayaan

alami maka persentase tersebut dapat ditekan. Masalah yang muncul adalah tentang kenyamanan visual yang ditimbulkan oleh pencahayaan alami dalam ruang. Pengguna bangunan pada dasarnya menghendaki adanya pencahayaan alami. Sebuah review pada reaksi pengguna terhadap lingkungan dalam bangunan menyatakan bahwa tersedianya pencahayaan alami secara optimal sangat diinginkan karena memenuhi dua kebutuhan dasar manusia: kebutuhan visual untuk melihat baik bidang kerja maupun ruangan dan untuk mengalami stimulasi lingkungan dari efek pencahayaan tersebut (Boyce, 1998 dalam IEA, 2000).

