

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Sains Learning Center

2.1.1 Pengertian Sains Learning Center

Learning Center menurut asal katanya terdiri, “Learning” dan “Center” dapat didefinisikan menurut *Encarta Encyclopedia* 2006 Learning adalah memperoleh pengetahuan / mengembangkan kemampuan untuk hal baru. Sedangkan Center adalah tempat dimana suatu kegiatan tertentu dilaksanakan. Learning Center secara global adalah bangunan edukasi yang mewadahi bermacam kegiatan belajar yang dibangun untuk umum. Kegiatan utama di dalam Learning Center adalah **belajar** dan prosesnya, **belajar** dapat dijabarkan menjadi 2 jenis. Belajar **Aktif**, artinya dalam memperoleh ilmu pelaku melakukan serangkaian kegiatan yang menuntut keaktifan dari pelaku (ada timbal balik / interaksi). Misalnya, seseorang yang sedang memperagakan eksperimen di lab atau seseorang yang sedang melakukan observasi pada suatu benda yang riil. Kegiatan pelatihan dan belajar-mengajar juga termasuk kegiatan aktif karena adanya interaksi antara tutor dan murid. **Pasif**, artinya dalam memperoleh ilmu pelaku melakukan kegiatan yang tidak menimbulkan interaksi langsung (keaktifan dari pelaku) melainkan pelaku harus memproses sendiri terlebih dahulu dengan membayangkan ataupun memikirkannya. Misal, membaca buku referensi, mendengarkan berita radio/rekaman, melihat video dokumenter.

Learning Center adalah sarana yang memiliki beragam fasilitas terintegrasi dan berimbang yang memungkinkan 2 jenis kegiatan belajar di atas untuk dilaksanakan di dalamnya. Fasilitas-fasilitas ini terbagi menjadi 2 yang utama, pertama perpustakaan yang mewakili belajar pasif dan kedua peragaan iptek yang mewakili belajar aktif. Learning center juga dilengkapi dengan kelas-kelas untuk pelatihan, ruang diskusi kelompok dan fasilitas penunjang pendidikan lainnya.

Sedangkan *Science Learning Center* (Muhammad Amien (1988: 1) adalah prasarana, sarana dan mekanisme kerja yang menunjang secara

unit satu atau lebih dari dharma sekolah (pendidikan dan pengajaran, penelitian serta pengabdian kepada masyarakat) melalui pengalaman langsung dalam membentuk keterampilan, pemahaman, dan wawasan dalam pendidikan dan pengajaran, dalam pengembangan ilmu dan teknologi, serta pengabdian kepada masyarakat luas.

Berdasarkan beberapa definisi pada paragraf sebelumnya Sains Learning Center adalah suatu bangunan yang di dalamnya dilengkapi sarana dan prasarana, baik itu peralatan maupun bahan-bahan yang digunakan untuk kepentingan pelaksanaan eksperimen, praktek pembelajaran sains, dan penemuan ilmiah melalui pengalaman langsung dalam membentuk keterampilan.

2.1.2 Kriteria Bangunan *Science Learning Center*

Science Learning Center dibagi menjadi dua tipe yaitu *Science Learning Center* sebagai tempat wisata belajar bagi masyarakat luas yang didirikan oleh pemerintah ataupun pihak swasta dan science learning center sebagai fasilitas belajar dan penelitian bagi pengajar dan siswa yang didirikan oleh institusi pendidikan.

Jenis ruang yang terdapat dalam science learning center:

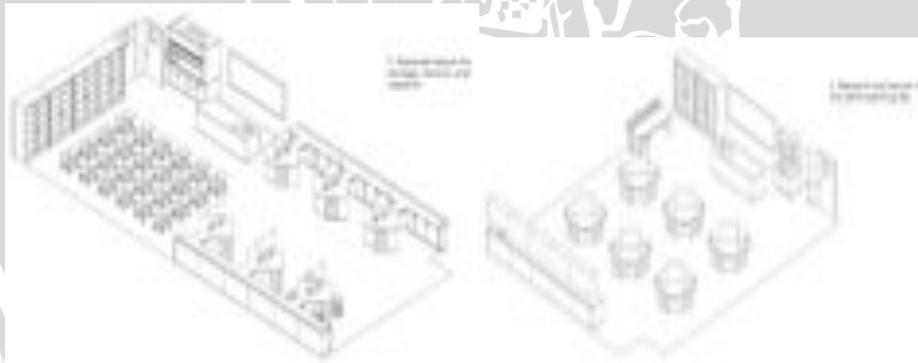
1. Laboratorium sains seperti laboratorium fisika, laboratorium kimia dan laboratorium biologi
2. Ruang belajar
3. Perpustakaan
4. Hall atau ruang pameran
5. Ruang servis

Laboratorium pada umumnya mempunyai modul 10' 6" x 30' (320 NSF) yang dapat menampung empat sampai enam mahasiswa. Laboratorium kimia organik untuk 24 mahasiswa sekitar 1600 NSF.

Laboratorium pengajaran biasanya hanya digunakan saat jam sekolah/kuliah saja yaitu dari hari senin sampai minggu dari jam 09.00-17.00. Tetapi seiring dengan perkembangan pendidikan, malam hari dan akhir pekan juga menjadi jadwal perkuliahan. Oleh karena itu, sistem mekanikal laboratorium seharusnya didesain untuk bisa bekerja penuh 24 jam selama satu minggu penuh.

Ruang bangku bersama dapat berkisar dari 15 sampai 30 linear ft per laboratorium pengajaran tergantung pada jumlah siswa biasanya dikonfigurasi sebagai perimeter dinding bangku atau pusat bangku, dan digunakan untuk instrumen benchtop, memamerkan display, atau mendistribusikan alat-alat berbahan kaca. Sepuluh sampai 20 ft linear dari ruang dinding per lab harus dibiarkan tersedia untuk lemari penyimpanan, serta untuk built-in peralatan yang dapat dipindah-pindah seperti lemari es dan inkubator. Tempat kerja untuk mahasiswa biasanya adalah 3-4 kaki lebar dengan lemari arsip dan data dan hookups listrik untuk komputer.

Beberapa laboratorium pengajaran menggunakan meja kerja yang mahasiswa dapat dengan mudah mengubah tinggi untuk mengakomodasi duduk (30 in.) atau siaga (36 in.) kerja. Fleksibilitas furnitur mendorong berbagai skenario pengajaran dan pembelajaran. Biaya tambahan furnitur fleksibel diimbangi oleh besaran ruang dengan menghilangkan kebutuhan terpisah untuk duduk dan stand-up workstation. Lemari asam bersama untuk dua mahasiswa setidaknya harus memiliki jarak 6 kaki. Jarak antara meja kerja siswa dan lemari asam harus diminimalkan untuk mengurangi kemungkinan tumpahan bahan kimia.

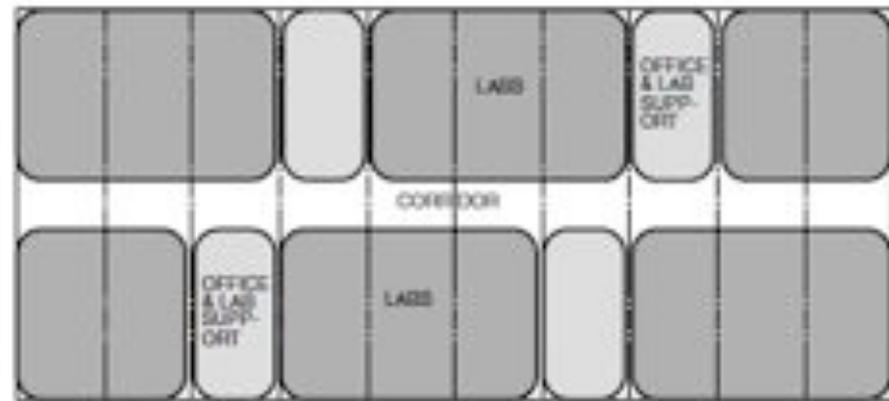


Gambar 2.1 Ilustrasi Laboratorium
(Sumber: *Building Type Basic for Research Laboratories*)

Laboratorium sebaiknya memiliki jendela yang cukup luas untuk pencahayaan alami dan pemandangan sekitar. Bangunan laboratorium biasanya ditata dengan massing bangunan yang berbentuk persegi untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam peletakan modul ruang.

Penyimpanan sangat penting dalam kebanyakan laboratorium. Rak dan lemari di atas bangku harus sepenuhnya dikoordinasikan untuk

menggunakan volume ruang seefisien mungkin. Dalam menemukan penyimpanan yang tinggi di atas bangku, persyaratan untuk sprinkler harus diperhitungkan. Menggunakan dinding ruang efisien adalah pilihan lain. Banyak peneliti lebih suka memiliki dinding sebagai ruang untuk penyimpanan atau penempatan peralatan, sehingga diperlukannya banyak dinding solid sebagai tempat penyimpanan peralatan.



Gambar 2.2 Ilustrasi Laboratorium
(Sumber: *Building Type Basic for Research Laboratories:143*)

Perancangan laboratorium juga memperhatikan koridor dan juga posisi ruang penyimpanan. Salah satu penataan hubungan ruang antara koridor, laboratorium, dan ruang penyimpanan yaitu seperti gambar di atas. Penataan koridor tunggal yang terletak di tengah bangunan, akan mendapatkan sedikit atau tanpa sinar matahari ke dalam ruang. jika memungkinkan, dinding interior di sekitarnya menggunakan kaca untuk memungkinkan cahaya alami ke koridor. Hal ini biasanya lebih baik untuk memiliki pandangan terbuka ke bagian luar dari koridor. Pandangan mengarahkan orientasi orang saat mereka berjalan di sepanjang koridor. Koridor tunggal membuka kesempatan untuk berkomunikasi antar ruang dengan menciptakan "jalan utama." Ruang penyimpanan dapat langsung mengakses laboratorium utama secara langsung.

2.1.3 Persyaratan Desain Laboratorium Akademik

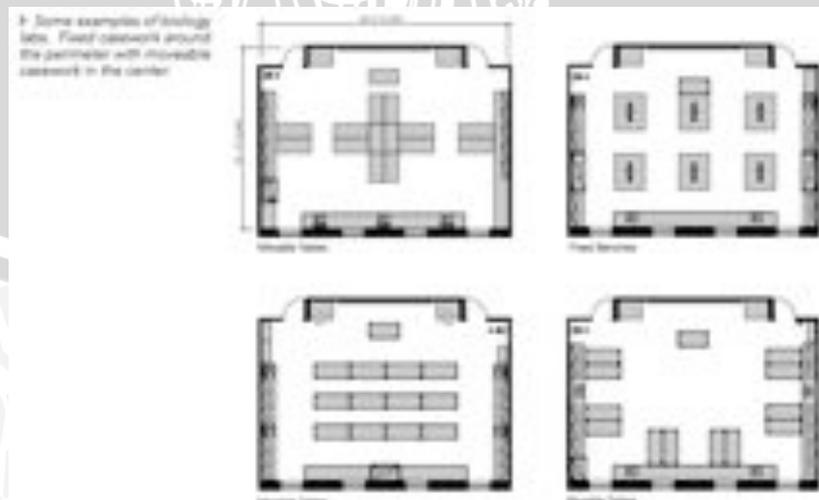
2.1.3.1 Laboratorium Biologi

Laboratorium biologi merupakan laboratorium basah yang memerlukan sebagai berikut:

- Layout dan peralatan untuk melayani berbagai model pengajaran
- Lemari asam dan lemari biosafety
- Ruang untuk inkubator, lemari es, dan freezer berbagai ukuran
- Bench dan ruang penyimpanan untuk peralatan dan bahan siswa
- Air berkualitas tinggi di wastafel
- Rak untuk bahan-bahan kimia dan bahan yang mudah terbakar
- Ruang persiapan, penyimpanan, dan pasokan peralatan yang berdekatan untuk mendukung efisiensi penggunaan laboratorium pengajaran

Laboratorium biologi harus cukup fleksibel untuk mengakomodasi anatomi, biokimia, biologi umum, mikrobiologi, biologi sel, dan genetika molekuler.

Ruang dukungan untuk laboratorium biologi mencakup fasilitas vivarium, rumah kaca, daerah kultur jaringan, kamar lingkungan, inkubator, ruang pertumbuhan, tempat mencuci kaca, daerah kamar gelap, kamar instrumen, penyimpanan. Penyimpanan tumbuhan dan hewan spesimen dan tampilan kamar harus berada di dekat laboratorium mengajar biologi.



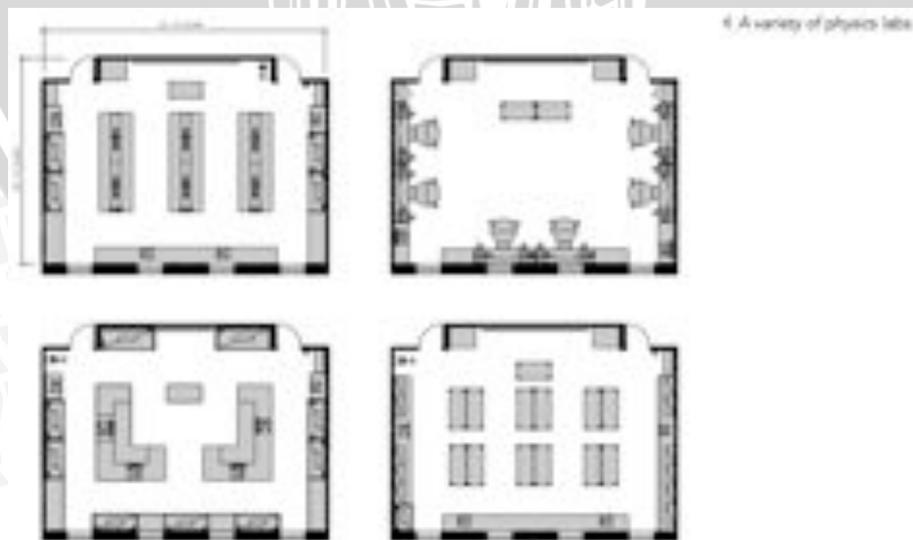
Gambar 2.3 Ilustrasi Laboratorium Biologi
(Sumber: *Building Type Basic for Research Laboratories*)

2.1.3.2 Laboratorium Fisika

Laboratorium fisika membutuhkan komputer dan telekomunikasi dukungan yang signifikan. Masalah-masalah desain kunci untuk laboratorium fisika meliputi berikut ini:

- Layout dan peralatan untuk melayani berbagai model pengajaran
- Kebisingan dan getaran kontrol untuk pengukuran yang akurat
- Perisai magnetik
- Kebutuhan daya listrik yang luas
- Kerja kasus Durable dan mobile
- Jaringan komputer luas
- Ruang kerja Fleksibel
- Penyimpanan di rak-rak atau lemari di untuk percobaan "kit" dalam wadah kecil

Beberapa laboratorium fisika merupakan laboratorium kering yang tidak memerlukan 100 persen udara luar. Ada kebutuhan minimal untuk lemari asam. Laboratorium dengan persyaratan khusus meliputi workshop untuk optik, pengerjaan logam dan elektronik, teluk daerah percontohan dan peralatan yang tinggi, laboratorium isotop, dan penyimpanan peralatan. Laboratorium fisika memerlukan ruang penyimpanan untuk peralatan besar. Troli dapat digunakan untuk memindahkan peralatan antara laboratorium dan penyimpanan. Beban lantai mungkin lebih tinggi daripada di kebanyakan laboratorium lain.



Gambar 2.4 Ilustrasi Laboratorium Fisika
(Sumber: *Building Type Basic for Research Laboratories*)

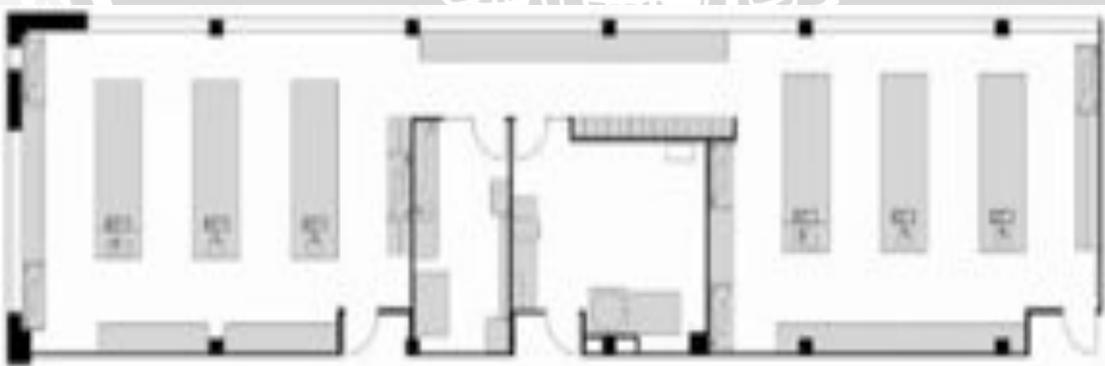
2.1.3.3 Laboratorium Kimia

Daerah untuk fokus dalam merancang laboratorium mengajar kimia meliputi hal-hal berikut ini:

- Layout dan peralatan untuk melayani berbagai model pengajaran
- Ruang bangku yang memadai untuk peralatan dan instrumentasi
- Under-hood atau di bawah-bangku penyimpanan untuk percobaan siswa
- Jumlah besar lemari asam di sepanjang dinding perimeter
- Daerah Write-up untuk mendokumentasikan pengalaman penelitian

Kimia sintetis (organik dan anorganik) laboratorium umumnya memerlukan 3 linear ft lemari asam untuk setiap siswa. Ruang persiapan yang berdekatan dengan ruang penyimpanan, peralatan, dan pasokan bahan kimia dan gelas membantu untuk mendukung efisiensi penggunaan laboratorium pengajaran. Laboratorium instrumen sering memiliki bangku split dan operator layanan utilitas yang fleksibel untuk kebutuhan peralatan unik.

Laboratorium kimia adalah laboratorium basah membutuhkan gas pipa, infrastruktur listrik dan data berat untuk instrumen, dan 100 persen ventilasi udara luar. Daerah dukungan kimia dan penelitian termasuk laboratorium gas kromatografi, spektroskopi massa, aparat NMR, dan pencitraan.



Gambar 2.5 Ilustrasi Laboratorium Kimia
(Sumber: *Building Type Basic for Research Laboratories*)

Menurut M.Amin Genda Padusa (1988:9), persyaratan umum lokasi laboratorium dalam hubungannya dengan bangunan-bangunan lain yang sudah ada di sekitarnya:

1. Tidak terletak di arah angin, untuk menghindari pencemaran udara. Gas sisa reaksi kima yang mungkin digunakan pada laboratorium ilmu pengetahuan alam yang berbau kurang sedap agar tidak terbawa angin ke ruangan-ruangan lain.
2. Mempunyai jarak yang cukup dari sumur (10 sampai 15 meter), untuk menghindari pencemaran air.
3. Mempunyai saluran pembuangan sendiri, untuk menghindarkan pencemaran saluran air penduduk.
4. Mempunyai jarak yang cukup terhadap bangunan lain (kira-kira 3 meter) untuk memberikan ventilasi dan penerangan yang optimum
5. Terletak pada bagian yang mudah terkontrol dalam kompleks, dalam hubungannya dengan pencegahan terhadap pencurian, kebakaran dan sebagainya.

2.1.3.4 Akustik

Tingkat kebisingan maksimum yang dapat diterima dalam laboratorium sains adalah sama seperti di ruang mengajar lainnya, yaitu sekitar 40 dB. Waktu dengung yang direkomendasikan untuk laboratorium adalah dalam kisaran 0,5 sampai 0,8 s. Jika waktu dengung adalah lebih lama dari ini, ketika guru dan murid berbicara mereka cenderung berbicara lebih keras untuk membuat diri mereka mendengar yang hanya membuat situasi menjadi tidak kondusif. Panel akustik, tirai jendela dan tirai dan furnitur kayu mengurangi waktu dengung. Panel akustik tidak disarankan untuk diletakkan di langit-langit karena ini tidak membuat suara guru akan tercermin kepada semua murid. Sangat disarankan agar lemari asap dan unit ventilasi lainnya dijalankan pada kurang dari 65 dB (pada jarak 300 mm) dari motor sehingga guru dapat terdengar di mesin dan tidak terdoda untuk memamatkannya jika asap lemari motor terlalu keras.

2.1.3.5 Lighting

Perlakuan cahaya pada laboratorium sama seperti ruang lain dan harus memiliki pencahayaan tidak kurang dari 300 lux pada permukaan kerja. Bagian tentang kerja ilmiah dan laboratorium menekankan kebutuhan untuk lampu bangku adjustable dimana pencahayaan terarah sesuai, yaitu portable pencahayaan. Biasanya, pencahayaan khusus untuk mikroskop dan kegiatan fisika akan disediakan menggunakan lampu portable. Perhatian khusus yang harus diperhatikan adalah silau dari papan putih, layar proyeksi dan monitor komputer dan dari bangku dengan warna pucat. Pencahayaan di wilayah demonstrasi atau layar proyeksi harus terpisah switchable.

2.1.3.6 Ventilasi

Ventilasi yang tepat adalah suatu keharusan bagi setiap lab karena sumber bahan kimia dan kontaminan biologis yang dihasilkan dalam kegiatan praktikum. Ventilasi yang tidak tepat dapat mencemari tidak hanya laboratorium tetapi seluruh fasilitas. Air dari laboratorium basah tidak boleh diresirkulasi ke kamar lain di gedung. Kebanyakan laboratorium basah harus di bawah tekanan udara negatif saat digunakan. Untuk mencapai hal ini, volume udara exhaust harus melebihi volume udara pasokan. Lemari asam direkomendasikan untuk kegiatan yang menghasilkan tingkat yang tidak dapat diterima dari paparan bahan udara beracun atau tidak menyenangkan.

2.1.3.7 Standar Umum Bangunan Laboratorium

Standar tinggi dari lantai ke plafon untuk laboratorium adalah 9' 6", karena cukup tinggi untuk memasang instalasi lampu yang berfungsi untuk menerangi seluruh ruangan. Dengan luasan yang lebih besar maka memerlukan plafon yang lebih tinggi untuk menyeimbangkan antara luasan ruang dan volume ruang. Laboratorium sebaiknya memiliki plafon yang bertipe terbuka.

Minimum lebar pintu yang disarankan untuk laboratorium adalah 38", tetapi lebar 42" lebih disarankan. Memiliki dua pintu di setiap ruang laboratorium sangat disarankan terlebih lagi laboratorium kimia yang

banyak menggunakan bahan kimia berbahaya. Sebaiknya menggunakan pintu yang berkaca di setiap ruang laboratorium.

2.1.3.8 Plumbing

Pipa air pembuangan dari atap dan lantai harus direncanakan dengan matang untuk menghindari terjadinya kebocoran pada ruang laboratorium. Idealnya, pipa horisontal dari saluran pembuangan harus langsung ke dinding luar atau melewati kolom khusus.

2.2 Tinjauan *Green Architecture*

2.2.1 Pengertian *Green Architecture*

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*).

(Jimmy Priatman, "**ENERGY -EFFICIENT ARCHITECTURE**" PARADIGMA DAN MANIFESTASI ARSITEKTUR HIJAU).

Arsitektur hijau (*Green Architecture*) adalah suatu pendekatan pada bangunan yang dapat meminimalisasi berbagai pengaruh membahayakan pada kesehatan manusia dan lingkungan. Arsitektur hijau meliputi lebih dari hanya sekedar bangunan tempat bernaung manusia dengan segala fungsinya (Nirwono Yoga, praktisi arsitektur hijau)

Menurut Ken Yeang Arsitektur Hijau (*Green Architecture*) adalah 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 biosfer. *Credo form follows energy* diperluas menjadi *form follows environment* yang berdasarkan pada prinsip *recycle, reuse, reconfigure*.

2.2.2 Prinsip *Green Architecture*

Menurut *Brenda dan Robert Vale* dalam buku “*Green Architecture : Design for A Sustainable Future*” , ada 6 prinsip dasar dalam perencanaan *Green Architecture*:

1. *Conserving Energy* (Hemat Energi)

Sungguh sangat ideal apabila menjalankan secara operasional suatu bangunan dengan sedikit mungkin menggunakan sumber energi yang langka atau membutuhkan waktu yang lama untuk menghasilkannya kembali. Solusi yang dapat mengatasinya adalah desain bangunan harus mampu memodifikasi iklim dan dibuat beradaptasi dengan lingkungan bukan merubah lingkungan yang sudah ada. Lebih jelasnya dengan memanfaatkan potensi matahari sebagai sumber energi. Cara mendesain bangunan agar hemat energi, antara lain:

- Bangunan dibuat memanjang dan tipis untuk memaksimalkan pencahayaan dan menghemat energi listrik.
- Memanfaatkan energi matahari yang terpancar dalam bentuk energi thermal sebagai sumber listrik dengan menggunakan alat *Photovoltaic* yang diletakkan di atas atap. Sedangkan atap dibuat miring dari atas ke bawah menuju dinding timur-barat atau sejajar dengan arah peredaran matahari untuk mendapatkan sinar matahari yang maksimal.
- Memasang lampu listrik hanya pada bagian yang intensitasnya rendah. Selain itu juga menggunakan alat kontrol pengurangan intensitas lampu otomatis sehingga lampu hanya memancarkan cahaya sebanyak yang dibutuhkan sampai tingkat terang tertentu.
- Menggunakan *Sunscreen* pada jendela yang secara otomatis dapat mengatur intensitas cahaya dan energi panas yang berlebihan masuk ke dalam ruangan.
- Mengecat interior bangunan dengan warna cerah tapi tidak menyilaukan, yang bertujuan untuk meningkatkan intensitas cahaya.

- Bangunan tidak menggunakan pemanas buatan, semua pemanas dihasilkan oleh penghuni dan cahaya matahari yang masuk melalui lubang ventilasi.
- Meminimalkan penggunaan energi untuk alat pendingin (AC) dan lift.

2. *Working with Climate* (Memanfaatkan kondisi dan sumber energi alami)

- Melalui pendekatan *green architecture* bangunan beradaptasi dengan lingkungannya. Hal ini dilakukan dengan memanfaatkan kondisi alam, iklim dan lingkungannya sekitar ke dalam bentuk serta pengoperasian bangunan, misalnya dengan cara:
 - Orientasi bangunan terhadap sinar matahari.
 - Menggunakan sistem air pump dan *cross ventilation* untuk mendistribusikan udara yang bersih dan sejuk ke dalam ruangan.
 - Menggunakan tumbuhan dan air sebagai pengatur iklim. Misalnya dengan membuat kolam air di sekitar bangunan.
 - Menggunakan jendela dan atap yang sebagian bisa dibuka dan ditutup untuk mendapatkan cahaya dan penghawaan yang sesuai kebutuhan.

3. *Respect for Site* (Menanggapi keadaan tapak pada bangunan)

Perencanaan mengacu pada interaksi antara bangunan dan tapaknya. Hal ini dimaksudkan keberadaan bangunan baik dari segi konstruksi, bentuk dan pengoperasiannya tidak merusak lingkungan sekitar, dengan cara sebagai berikut.

- Mempertahankan kondisi tapak dengan membuat desain yang mengikuti bentuk tapak yang ada.
- Luas permukaan dasar bangunan yang kecil, yaitu pertimbangan mendesain bangunan secara vertikal.
- Menggunakan material lokal dan material yang tidak merusak lingkungan.

4. *Respect for User* (Memperhatikan pengguna bangunan)

Antara pemakai dan *green architecture* mempunyai keterkaitan yang sangat erat. Kebutuhan akan *green architecture* harus memperhatikan kondisi pemakai yang didirikan di dalam perencanaan dan pengoperasiannya.

5. *Limitting New Resources* (Meminimalkan Sumber Daya Baru)

Suatu bangunan seharusnya dirancang mengoptimalkan material yang ada dengan meminimalkan penggunaan material baru, dimana pada akhir umur bangunan dapat digunakan kembali untuk membentuk tatanan arsitektur lainnya.

6. *Holistic*

Memiliki pengertian mendesain bangunan dengan menerapkan 5 poin di atas menjadi satu dalam proses perancangan. Prinsip-prinsip *green architecture* pada dasarnya tidak dapat dipisahkan, karena saling berhubungan satu sama lain. Tentu secara parsial akan lebih mudah menerapkan prinsip-prinsip tersebut. Oleh karena itu, sebanyak mungkin dapat mengaplikasikan *green architecture* yang ada secara keseluruhan sesuai potensi yang ada di dalam site.

2.3 Perkembangan Green Building di Indonesia

IAI membentuk organisasi nirlaba Green Building Council Indonesia, merupakan salah satu kepedulian akan masalah green building di Indonesia. Organisasi serupa ini sudah ada di 10 negara dan 16 negara lainnya sudah dalam proses persiapan. Organisasi ini GBC Indonesia adalah organisasi non profit yang berkomitmen penuh untuk menerapkan dan mengembangkan penggunaan green building di Indonesia. Organisasi ini didukung oleh kalangan profesional bidang konstruksi, pemerintah, lembaga non pemerintah, institusi dan pemerhati lingkungan yang akan berkolaborasi membangun Indonesia ke arah yang lebih tanggap lingkungan, sustainable dan melestarikan lingkungan untuk kepentingan masa depan.

Visi GBC Indonesia adalah mengembangkan penerapan bangunan yang berwawasan lingkungan (sustainable building) di Indonesia dengan mengacu pada praktek green building dan mempertimbangkan aspek nilai ekonomis (market value). Meningkatkan kesadaran akan kelestarian lingkungan alam sekitar dengan merubah cara kerja dengan memakai pemahaman green building baik dalam merencanakan, membangun, maupun memelihara.

Tujuan GBC adalah mempromosikan “green building “ di sector property di Indonesia baik dalam mendesain, pelaksanaan, operasional maupun masa pemeliharaan dengan membuat guidelines, melakukan sertifikasi gedung melalui

LEED Indonesia dengan menerapkan rating system. Memberikan informasi dan meningkatkan pengetahuan seputar green building melalui seminar, training maupun pelatihan. Membantu industri melakukan standar yang ramah lingkungan. Kesadaran sebagian masyarakat dunia terhadap keselamatan bumi dan kesempatan bagi generasi mendatang untuk tetap mendapat kualitas hidup yang sama baik seperti saat ini merupakan salah satu tujuan utama didirikannya Green Building Council.

Green Building Council Indonesia mempunyai kriteria menyangkut rumah ramah lingkungan, greenship bagi bangunan baru, greenship bagi bangunan lama dan greenship bagi interior ruang.

Persyaratan penilaian GREENSHIP bagi bangunan baru yaitu:

1. Tepat Guna Lahan (Appropriate Site Development-ASD)
2. Efisiensi dan Konservasi Energi (Energy Efficiency and Conservation-EEC)
3. Konservasi Air (Water Conservation-WAC)
4. Sumber dan Siklus Material (Material Resources and Cycle-MRC)
5. Kesehatan dan Kenyamanan dalam Ruang (Indoor Health and Comfort-IHC)
6. Manajemen Lingkungan Bangunan (Building Environment Management-BEM)

2.3.1 Tolak Ukur Green Building Menurut Green Building Council Indonesia

Research center biasanya menghabiskan lima kalih lebih banyak energi dan air per meter² dibanding tipe bangunan lainnya (Watch, Daniel. 2001. Research Laboratories). Research center membutuhkan banyak energi karena:

- Membutuhkan banyak ruang tertutup dan perangkat exhaust
- Research center merupakan bangunan pembangkit panas
- Peneliti membutuhkan akses 24 jam
- Eksperimen yang tidak tergantikan memerlukan sistem cadangan berlebih dan *uninterrupted power supply* (UPS) atau listrik darurat.

Selain itu, fasilitas penelitian memiliki persyaratan ventilasi intensif dan harus memenuhi kode keselamatan dan kesehatan lainnya, yang menambah penggunaan energi. Memeriksa energi dan air persyaratan dari

perspektif menyeluruh, bagaimanapun, dapat mengidentifikasi peluang yang signifikan untuk meningkatkan efisiensi dan memenuhi standar kesehatan dan keselamatan. *Sustainable* lingkungan laboratorium juga harus meningkatkan produktivitas.

Kriteria *Green Building Council* Indonesia disini menjadi tolak ukur bagi Science Learning Center dalam menciptakan suatu fasilitas yang *sustainability*. Berikut tolak ukur *Green Building* yang sesuai dengan yang dikeluarkan oleh *Green Building Council Indonesia*:

1. Tepat Guna Lahan

Perencanaan mengacu pada interaksi antara bangunan dan tapaknya. Hal ini dimaksudkan keberadaan bangunan baik dari segi konstruksi, bentuk dan pengoperasiannya tidak merusak lingkungan sekitar. Tolak ukur ini bertujuan untuk memelihara atau memperluas kehijauan kota untuk meningkatkan kualitas iklim mikro, mnegurangi CO₂, dan zat polutan dengan adanya area lansekap berupa vegetasi yang bebas dari struktur bangunan. Tepat guna lahan memiliki 7 tolak ukur yaitu:

a. Pemilihan Tapak

Dalam rangka untuk menghindari pembangunan di area *greenfields* dan menghindari pembukaan lahan baru

b. Aksesibilitas Komunitas

Mendorong pembangunan di tempat yang memiliki jaringan konektivitas dan meningkatkan pencapaian bangunan untuk mendorong dan mempermudah pengguna bangunan sehingga perlahan penggunaan kendaraan bermotor dapat terhindari.

c. Transportasi Umum

Mendorong penggunaan bangunan untuk lebih menggunakan transportasi umum dalam hal pencapaian bangunan.

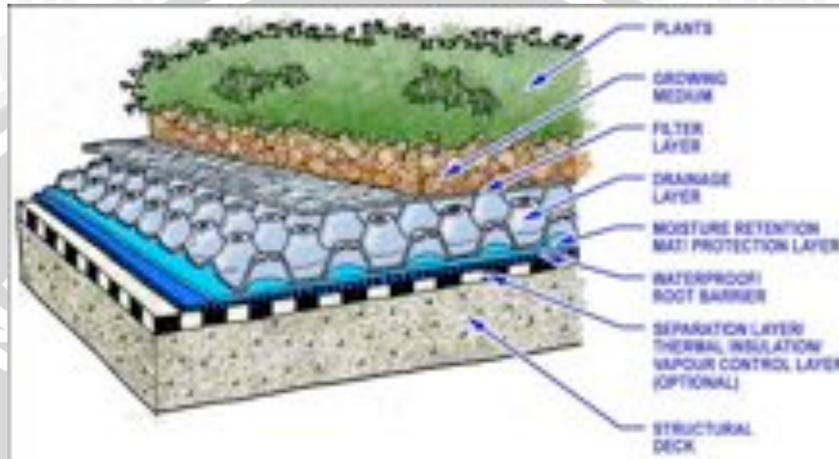
d. Fasilitas Pengguna Sepeda

Menyediakan space parkir sepeda untuk mendorong penggunaan sepeda bagi pengguna gedung sehingga mengurangi penggunaan kendaraan bermotor.

e. Lansekap pada Lahan

Memperluas kehijauan kota dengan adanya area lansekap berupa vegetasi yang bebas dari bangunan taman (*hardscape*) yang luasnya

minimal 40% dari total luas lahan. Luas area yang diperhitungkan termasuk *roof garden*, *terrace garden*, *wall garden*, dan taman diatas basement. Aplikasi *roof garden* dalam rangka mengurangi tingkat polusi udara, menurunkan suhu udara dalam bangunan, konservasi air, mengurangi polusi suara/ kebisingan, menampilkan keindahan pada aspek estetika bangunan, meningkatkan keanekaragaman hayati kota (Green Rooftops. 2008; Holladay, 2006)



Gambar 2.6 Struktur Dasar Taman Atap (Ekstensif dan Intensif)
(Sumber: Townshead dan Duggie, 2007)

Pada gambar 2.6 tampak bahwa semua komponen taman atap ditopang sepenuhnya oleh struktur dasar yang tidak lain adalah atap bangunan (roof). Di sini atap bangunan berfungsi sebagai pijakan dasar sekaligus wadah tanam bagi taman atap. Oleh karena itu, agar atap bangunan mampu memberikan daya tahan yang kuat (maksimal) terhadap seluruh beban yang ada maka dibutuhkan teknik dan komponen khusus dalam pembuatannya

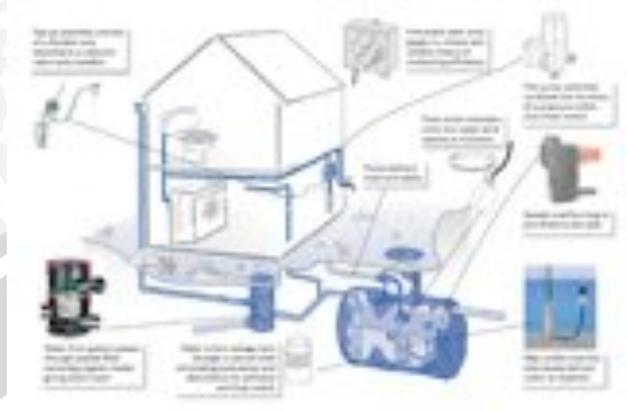
f. Iklim Mikro

Meningkatkan kualitas iklim mikro di sekitar gedung yang mencakup kenyamanan manusia dan habitat sekitar gedung.

g. Manajemen Air Limpasan Hujan

Mengurangi beban volume limpasan air hujan ke drainase lingkungan dengan menerapkan sistem manajemen air hujan secara terpadu. Penggunaan penangkap air hujan (*Rainwater Caching*). Air hujan yang dominan terutama di daerah tropis seperti Indonesia dapat dimanfaatkan untuk menyiram tanaman, mencuci kendaraan sebagai cadangan air

untuk bahaya kebakaran. Selain itu juga menggunakan sistem pengumpulan dan distribusi sistem memanfaatkan *Grey Water* untuk semua sistem siram WC dan urinoir.



Gambar 2.7 *Rainwater Harvesting*
(Sumber: aspiredefence.co.uk)

2. Efisiensi dan Konservasi Energi

- **Pencahayaan Berkelanjutan**

Sustainable pencahayaan mengurangi penggunaan energi sekaligus meningkatkan kenyamanan dan produktivitas pengguna bangunan. Strategi penehayaan berkelanjutan termasuk penggunaan *compact fluorescent* (CFL) daripada lampu pijar, memaksimalkan pencahayaan alami di seluruh fasilitas, dan menggunakan berbagai teknologi photosensing untuk menghemat energi.

Lampu pijar yang sangat tidak efisien, hanya menggunakan 10 persen dari energi yang mereka konsumsi untuk menghasilkan cahaya (sisanya dilepaskan sebagai panas). CFL harus digunakan sebagai gantinya. Pencahayaan pada research center bisa kurang dari 0,75 watt/sq ft terhubung beban, dan dengan kontrol pencahayaan mungkin mengkonsumsi kurang dari 0,5 watt / sq ft. Dimana izin kebutuhan fungsional, desain pencahayaan harus menggabungkan tugas dan pencahayaan ambient untuk mengurangi tingginya tingkat cahaya secara keseluruhan. Tugas pencahayaan yang baik mengurangi silau dan kelelahan mata.

- **Pencahayaan alami**

Pencahayaannya alami merupakan komponen penting dalam desain *Green Building*. Tidak hanya mengurangi penggunaan energi, tetapi meningkatkan kenyamanan dan meningkatkan produktivitas. Pencahayaan alami diarahkan ke sebagian besar ruang laboratorium dan tempat umum sehingga, dari hampir di mana saja di dalam gedung, orang memiliki kesempatan untuk melihat di luar ruangan untuk melihat cuaca dan menyesuaikan diri dengan waktu. Jika memungkinkan, pencahayaan alami harus menjadi sumber utama penerangan; pencahayaan buatan harus dianggap sebagai elemen pendukung pencahayaan.

Biasanya, yang pertama 15 ft kedalaman di perimeter bangunan bisa menyala seluruhnya oleh pencahayaan pada siang hari. Penggunaan rak cahaya dapat memperluas zona daylight sejauh 45 ft ke dalam gedung. Jendela clerestory dan skylight dapat digunakan untuk mendapatkan sinar matahari lebih ke dalam gedung.

Sistem kontrol pencahayaan menentukan jumlah cahaya yang tersedia dalam ruang tertentu dan mematikan satu atau lebih bank lampu setiap kali ada sinar matahari yang cukup. Kedua penuh-range dan langkah sistem peredupan neon bekerja dengan baik.



Gambar 2.8 Pencahayaan Alami, Inspiria Science Learning Center
(Sumber: inhabitat.com)

SUSTAINABLE DESIGN CRITERIA				
Parameter	Code Minimum	Code Reference	Standard Practice	Design Target
Ventilation	10 cfm/person	ASHRAE 62/99	same	Maximize outdoor air in the breathing zone
Filtration	none		35-80%	65% per filter 85% final filter
Indoor design Temperature	75°F summer 72°F winter		same	
Humidity control	uncontrolled		uncontrolled	60% RH summer 40% RH winter
Equipment heat dissipation	NA		3-4W/sq ft	1.5W/sq ft or 2W/sq ft with 75% diversity factor
Toilet exhaust	50 cfm/fixture	ASHRAE 62/99	same	2 cfm/sq ft
Connected lighting heat load	NA		2W/sq ft	0.5-0.75W/sq ft Total task/ambient with occupancy sensors and daylight sensors
Lighting levels	100 ft candle all direct		same	20-30 ft candle with ambient and task lighting
Building shell infiltration	5 in./100 sq ft	ASHRAE guideline	3 in./100 sq ft	1.5 in./100 sq ft (Canadian Standard)
Building shell Infiltration (alternate)	0.60 cfm/sq ft		0.30 cfm/sq ft	0.10 cfm/sq ft
Exterior wall insulation	U = 0.28 btu/sq ft/hr	BOCA energy code	U = 0.10 btu/sq ft/hr	U = 0.15 btu/sq ft/hr (S) U = 0.05 btu/sq ft/hr (N, E, W) A/B - with insulation both sides
Exterior wall moisture control	none			
Roof insulation	U = 0.07 btu/sq ft/hr	BOCA energy code	U = 0.05 btu/sq ft/hr	U = 0.05 btu/sq ft/hr with low albedo surfacing
Windows				
Glazing type	single/clear		double/clear	heat reflecting clear
Visible transmittance	0.80		0.78	0.70
Shading coefficient	1.00		0.80	0.45
U value	1.04		0.68	0.30
Heat degree days	6,155 btu	ASHRAE	same	determined by DOE 2 analysis of TMY data

Tabel 2.1 Kriteria Pencahayaan
(Sumber: Watch, Daniel. 2001. Research Laboratories)

a. Konservasi Air

Berbagai strategi dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi energi pendinginan, pemanasan, dan sistem pipa (Watch, Daniel. 2001. Research Laboratories):

- Melindungi air panas, uap, dan pipa air dingin.
- Menjaga air kondensor setenang mungkin, tetapi tidak kurang dari 20 derajat di atas suhu dingin pasokan air.
- Reuse terbuang panas dengan sistem pemulihan panas.
- Instal economizer pada boiler. (Air-side economizer akan membantu dengan kontrol kelembaban.)

- Menjaga air panas untuk mencuci tangan pada 105 derajat F. Pertimbangkan untuk menggunakan tangki air panas lokal di dapur, toilet, dan daerah lain, bukan air panas pusat.
- Untuk sistem pipa, menggunakan toilet ultra-rendah aliran (0,5 galon per siram) dan kontrol otomatis seperti sensor inframerah untuk kran.
- Penggunaan penangkap air hujan (*Rainwater Catching*). Selain itu juga menggunakan sistem pengumpulan dan distribusi sistem memanfaatkan *Grey Water* untuk semua sistem siram WC dan urinoir.

b. Sumber dan Siklus Material

Penggunaan material *reuse, recycle, renewable* (3R) dalam konsep *Green Building* ada berbagai macam antara lain :

- Banyaknya material yang dapat dimanfaatkan untuk bangunan yang berasal dari material 3R, sebagai contoh botol kaca bekas yang banyak terdapat di TPA yang dapat digunakan untuk fasade bangunan, atau pemakaian material daur ulang sebagai inovasi material bangunan (kertas bekas dapat diubah menjadi acian camouran semen uuntuk plester)dll.
- Banyaknya material yang dapat digunakan kembali dari bidang lain ke dalam bidang konstruksi bangunan. Sebagai contoh peti kemas (container) yang merupakan alat untuk mobilitas pengangkutan barang dapat digunakan sebagai module konstruksi untuk hunian,office (modifikasi peti kemas bekas untuk hunian pekerja sementara) dll.
- Penggunaan material *reuse, recycle, renewable* dapat mengurangi sampah dan polusi bagai bumi.Dapat mengambil contoh peti kemas bekas (container) di Amerika Serikat yang mencapai hamper 17 juta, dapat dimanfaatkan sekaligus mengurangi sampah di bumi.

c. Kesehatan dan Kenyamanan dalam Ruang

Perencanaan mengacu pada pemantauan udara dan polusi udara, kenyamanan visual, kenyamanan thernal serta tingkat kebisingan dalam gedung.

Hal ini dapat diupayakan dengan cara:

- Menggunakan cat dan *coating* yang mengandung kadar *volatile organic compounds* (VOCs) rendah, yang ditandai dengan label/sertifikasi yang diakui GBC Indonesia.
- Memasang tanda “Dilarang Merokok di Seluruh Area Gedung” dan tidak

menyediakan bangunan/area khusus untuk merokok di dalam gedung. Apabila tersedia, bangunan/area merokok di luar gedung, minimal berada pada jarak 5 m dari pintu masuk, *outdoor air intake*, dan bukaan jendela.

- Menggunakan lampu dengan iluminansi (tingkat pencahayaan) ruangan sesuai dengan SNI 03-6197-2011 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan.

d. Manajemen Lingkungan Binaan

Perencanaan mengacu pada pengelolaan sampah tingkat lanjut pada bangunan yang dapat diterapkan dengan cara:

- Mengadakan instalasi atau fasilitas untuk memilah dan mengumpulkan sampah sejenis sampah rumah tangga (UU No. 18 Tahun 2008) berdasarkan jenis organik, anorganik, dan B3
- Mengelola limbah organik gedung yang dilakukan secara mandiri maupun bekerjasama dengan pihak ketiga sehingga menambah nilai manfaat dan dapat mengurangi dampak lingkungan
- Mengelola limbah anorganik gedung yang dilakukan secara mandiri maupun bekerjasama dengan pihak ketiga sehingga menambah nilai manfaat dan dapat mengurangi dampak lingkungan.



2.4 Studi Komparasi

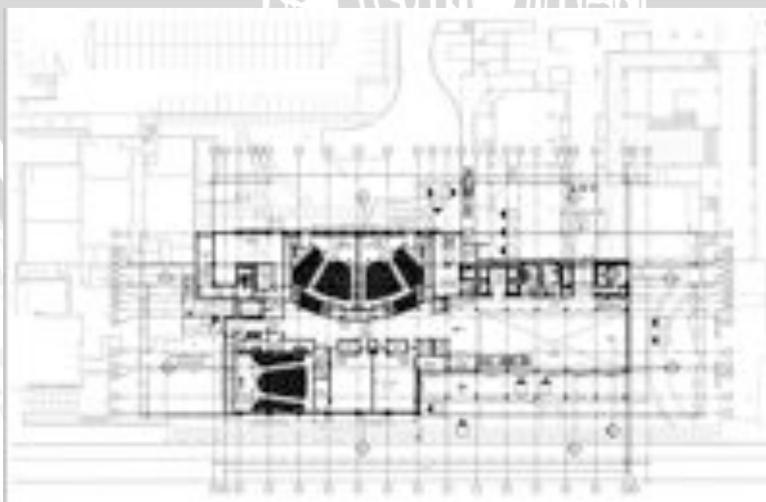
2.4.1 Science Education and Research Centre, Temple University



Gambar 2.9 Science Education and Research Centre
(Sumber: Inhabitat.com)

Project	: Science Education and Research Centre
Lokasi	: Temple University, Philadelphia
Luas Bangunan	: 247.000 m ²
Arsitek	: Architectural Resources Cambridge

Science Education and Research Center merupakan fasilitas sains yang baru dimiliki Temple University setelah 50 tahun lamanya. Science Education and Research Centre yang memiliki 52 laboratorium penelitian dan 16 laboratorium pengajaran ini meraih gold sertifikasi dari LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*).



Dari segi pemanfaatan lahan, Science Education and Research Centre (SERC) ini memaksimalkan area hijau di sepanjang sisi barat, timur dan selatan bangunan; berlokasi 1,3 KM dari stasiun umum transportasi bis, subway dan kereta bawah tanah sehingga mengajak mahasiswa untuk lebih menggunakan transportasi umum; menyediakan tempat parkir sepeda dan juga penyewaan sepeda untuk keliling kampus; menggunakan reflektifitas yang tinggi pada atap untuk mengurangi pendinginan dan pemanasan pada daerah ini. Atap reflektif ini mencerminkan dan memancarkan kembali panas matahari dengan tidak mentransfer ke bangunan dibawahnya.

SERC memiliki perlengkapan pipa berefisiensi tinggi untuk mengurangi volume air dan menggunakan air hujan dalam tangki air non-minimum untuk kamar kecil di lantai 1 dan 2. SERC dirancang dengan maksud untuk mengurangi penggunaan material yang terbarukan oleh sebab itu dalam konstruksi menggunakan material yang memiliki tingkat daur ulang yang tinggi, seperti struktur baja.



Pengefisiensian energi pada lapisan kaca, dalam hubungannya dengan jalur kisi-kisi pada eksterior jendela dan tirai otomatis pada jendela, melindungi bangunan dari sinar matahari langsung dan memberikan penerangan untuk penghuni bangunan. Penggunaan sensor penghuni ruangan dan waktu pada lampu untuk menghindari pemborosan energi.

2.4.2 Loyola Science Center, University of Scranton



Gambar 2.10 Loyola Science Center
Sumber: inhabitat.com

Loyola Science Center yang terletak di University of Scranton, Pennsylvania mendapatkan sertifikat gold bangunan hijau dari LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*). Material yang digunakan, efisiensi penggunaan air, strategi energi yang inovatif dan kualitas lingkungan dalam bangunan merupakan beberapa alasan utama yang dipertimbangkan untuk mendapatkan sertifikasi gold.

Kriteria bangunan hijau lainnya yang ada pada *science center* ini yaitu pencahayaan hemat energi, daur ulang penggunaan air, efisiensi pendingin dan pemanas air, daur ulang air hujan, rumah kaca, komputerisasi kontrol sistem bangunan yang mengoperasikan ventilasi, pemanas dan sistem pendingin udara.



Gambar 2.11 Floor Plan Loyola Science Center
Sumber: inhabitat.com

Material yang digunakan untuk Loyola Science Centre dihasilkan tidak jauh dari lokasi science center yaitu radius 500 miles, termasuk campuran galian batu lokal yang berasal dari West Mountain. Penghematan energi merupakan prioritas utama, semua laboratorium dan ruangan-ruangan lainnya didesain untuk memaksimalkan efisiensi energi. Pemanas, ventilasi dan sistem pendingin udara memperkerjakan proda pergantian panas untuk mersirkulasikan kembali keadaan udara semula panas atau dingin.



Gambar 2.12 Site Plan Loyola Science Center

Sumber: inhabitat.com

Loyola Science Center didesain oleh Einhorn Yaffee Prescott Architecture & Engineering (EYP), yang biasanya dapat dikenali dengan penggunaan kaca-kaca untuk mendapatkan cahaya alami masuk ke dalam laboratorium dan ruang mengajar. Desain ini secara ekstensif membuat efisiensi tinggi untuk mengurangi konsumsi energi, meningkatkan visibilitas dan pandangan.

Loyola Science Center dibangun untuk mendorong strategi kreatif untuk meningkatkan mengajar dan belajar sains. Dengan memasukkan visi misi kedalam desain bangunan, Loyola Science Center mengharapkan mahasiswa, fakultas dan peneliti menemukan kemudahan berinteraksi dan bekerjasama.



Gambar 2.13 Ruang Kelas Loyola Science Center
(Sumber: inhabitat.com)

Untuk mendorong interaksi, Loyola Science Center yang berada di lahan seluas 18.580 m² menggabungkan desain modern dinamis menggunakan laboratorium berdinding kaca. Tidak hanya kursi dan papan tulis yang ada, pusat fitur ruang belajar informal ruang kelas yang memungkinkan kegiatan kelompok dan aktif; dan pengajaran dan ruang.

2.4.3 Kesimpulan

Dari dua studi komparasi diatas dapat diambil kesimpulan yaitu tolak ukur *green building* yang di terapkan pada bangunan untuk mencapai tujuan bangunan yang ramah lingkungan dan *sustainable* adalah pemanfaatan lahan bangunan, penghematan energi pada bangunan, penghematan konsumsi air pada bangunan, penggunaan material bekas, pemanfaatan cahaya matahari langsung dan penerapan sistem ventilasi pada bangunan.

Pemanfaatan lahan yang diterapkan pada Science Education and Research Centre (SERC) yaitu memaksimalkan area hijau di sepanjang sisi barat, timur dan selatan bangunan; berlokasi 1,3 KM dari stasiun umum transportasi bis, subway dan kereta bawah tanah, menyediakan tempat parkir sepeda dan penyewaan sepeda untuk keliling kampus.

Efisiensi energi yang diterapkan pada studi komparasi menyangkut dengan sistem pencahayaan alami dan penghawaan pada bangunan, pengaturan lampu pada bangunan. Pada Science Education and Research Centre (SERC) efisiensi energi yang diterapkan yaitu pada lapisan kaca, dalam hubungannya dengan jalur kisi-kisi pada eksterior jendela dan tirai otomatis pada jendela, melindungi bangunan dari sinar matahari langsung dan memberikan penerangan untuk penghuni bangunan. Penggunaan sensor

penghuni ruangan dan waktu pada lampu untuk menghindari pemborosan energi. Sedangkan efisiensi energi pada Loyola Science Center yaitu komputerisasi kontrol sistem bangunan yang mengoperasikan ventilasi, pemanas dan sistem pendingin udara. Pemanas, ventilasi dan sistem pendingin udara memperkerjakan proda pergantian panas untuk mersirkulasikan kembali keadaan udara semula panas atau dingin.

Tolak ukur selanjutnya yaitu penghematan konsumsi air. Efisiensi air pada Science Education and Research Centre (SERC) memiliki perlengkapan pipa berefisiensi tinggi untuk mengurangi volume air dan menggunakan air hujan dalam tangki air non-minum untuk kamar kecil di lantai 1 dan 2. Sedangkan Loyola Science Center memanfaatkan air hujan yang di daur ulang.

Efisiensi material pada bangunan dapat berupa penggunaan material bekas dan/atau menggunakan material yang sumbernya tidak jauh dari tapak untuk mengurangi emisi polutan kendaraan dalam pengangkutan material. Science Education and Research Centre (SERC) kontruksi menggunakan material yang memiliki tingkat daur ulang yang tinggi, seperti struktur baja. Material yang digunakan untuk Loyola Science Centre dihasilkan tidak jauh dari lokasi science center yaitu raidus 500miles, termasuk campuran galian batu lokal yang berasal dari West Mountain.

Pada Science Education and Research Centre (SERC) menerapkan tirai otomatis pada jendela, melindungi bangunan dari sinar matahari langsung dan memberikan penerangan untuk penghuni bangunan. pada Loyola Science Center yang biasanya dapat dikenali dengan penggunaan kaca-kaca untuk mendapatkan cahaya alami masuk ke dalam laboratorium dan ruang mengajar. Desain ini secara ekstensif membuat efisiensi tinggi untuk mengurangi konsumsi energi, meningkatkan visibilitas dan pandangan.

