

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Apartemen

2.1.1 Definisi Apartemen

Definisi apartemen (Arsitektur di Indonesia, Surabaya, 1996), sebagai berikut :

- Apartemen adalah tempat tinggal (terdiri dari kamar duduk, kamar tidur, kamar mandi, dapur dan sebagainya) yang berada pada satu bangunan bertingkat.
- Konsep pengembangan lahan dengan pola peruntukan lahan yang bersifat “*multi-uses*” yang terpadu secara kompak. (sumber: Univ. Petra, Seminar Sehari Fenomena Multi-Fungsi dan Bangunan Tinggi di Indonesia dalam Perkembangan)
- Apartemen merupakan salah satu bentuk harta tak bergerak berupa tempat tinggal yang dimiliki oleh banyak keluarga secara bersama-sama. Masing-masing berhak 100% atas tempat tinggal yang dimilikinya beserta bagian-bagian yang ada didalamnya, seperti jalan dan tangga. (kamus besar bahasa Indonesia)
- Apartemen merupakan kamar atau beberapa kamar (ruangan) yang diperuntukkan sebagai tempat tinggal, terdapat satu bangunan yang biasanya mempunyai atau ruangan semacam itu. (kamus besar bahasa Indonesia)
- Apartemen dapat diterjemahkan sebagai rumah susun yang berkembang secara vertikal. Hal ini disebabkan semakin sempitnya lahan perumahan dikota. (Subekti, Harini, 2002)
- Apartemen adalah konsep pengembangan lahan dengan pola peruntukan lahan yang bersifat “*multi uses*” yang terpadu secara kompak.
- Apartemen adalah bangunan bertingkat yang dibangun dalam suatu lingkungan yang terbagi dalam bagian-bagian yang distruktur secara fungsional dalam arah horisontal dan vertikal dan merupakan satuan-satuan dan masing-masing dapat dimiliki dan digunakan secara terpisah, terutama untuk tempat hunian, yang dilengkapi dengan bagian bersama, benda bersama dan tanah bersama, dalam lingkungan tanah yang terbatas.
- Semua jenis hunian atau tempat tinggal (*multiply family*), kecuali sebuah rumah tinggal yang berdiri sendiri bagi satu keluarga (*Single Dwelling Unit*).
- Suatu bangunan yang dibagi dalam kamar-kamar atau kelompok kamar yang dipisahkan satu dengan lainnya dengan partisi, yang digunakan sebagai unit hunian.



- Suatu ruangan atau kumpulan ruang yang digunakan sebagai unit hunian atau rumah tinggal yang sifatnya dapat digunakan sebagai milik pribadi atau disewakan.
- Apartemen merupakan suatu bangunan yang terdiri dari 3 atau lebih unit rumah tinggal yang merupakan suatu kehidupan bersama dalam lingkungan terbatas. Masing-masing unit ini dapat digunakan atau dimiliki secara terpisah. (Bangunan tinggi dalam konteks pengembangan kawasan super blok, 1996, Danisworo, Mohamad, Surabaya)
- Apartemen adalah beberapa unit hunian keluarga yang digunakan sebagai tempat tinggal oleh seseorang atau suatu keluarga (*The Random Of The English Days Languages*).
- Apartemen adalah sebuah bangunan yang terdapat beberapa unit rumah tinggal atau hunian yang tersusun secara vertikal dan mendatar berikut tanah, dimana bangunan itu berdiri (Gubernur DKI Jakarta).
- Apartemen adalah kumpulan tempat tinggal atau perumahan yang berisi unit-unit kecil yang dimiliki hanya perbagian dari bangunan. Apartemen dapat dimiliki atau disewakan. Bangunan apartemen, flat, atau rumah petak yang multifungsi unit dimana bangunan tersebut merupakan konstruksi bangunan tinggi di kawasan yang telah padat penduduknya.(wikipedia)

Jadi kesimpulan dari apartemen adalah bangunan yang terdiri dari beberapa unit hunian yang tersusun secara vertikal dan horizontal, dimana tiap unitnya dapat dihuni oleh seseorang atau satu keluarga.

2.1.2 Fungsi Apartemen

Fungsi-fungsi apartemen harus memenuhi peraturan pemerintah daerah seperti misalnya:

- Fungsi kawasan adalah fungsi pemerintahan, komersial, fasilitas umum, ruang terbuka hijau dan permukiman.
- Konsep pengembangan bangunan untuk fungsi pemerintah komersial dan permukiman adalah bangunan yang berlantai banyak (*high rise building*).
- Bangunan untuk fungsi permukiman berupa apartemen.
- Bangunan apartemen memiliki Bangunan podium, menara dan ruang basemen.
- Penggunaan bangunan podium apartemen adalah fungsi campuran perdagangan, perkantoran, pergudangan dan hiburan.

- Penggunaan bangunan menara apartemen adalah untuk pemukiman kepadatan tinggi.
- Penggunaan ruang basemen adalah untuk ruang parkir.

Selain itu, berdasarkan jenjang fungsinya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Fungsi utama, yaitu fungsi yang dominan dalam sebuah bangunan. Fungsi utama pada sebuah apartemen adalah pemukiman. Kegiatan penghuni ini relatif sama dengan kegiatan penghunian pada pemukiman umumnya, hanya saja dengan penekanan aktifitas yang sedikit berbeda, misalnya pada aspek efisiensi. Seperti juga pada hunian yang lain, apartemen harus mempunyai ruang-ruang yang dapat mewadahi aktifitas-aktifitas penghuni yang berlangsung secara rutin. Jenis aktifitas tersebut antara lain tidur, makan, menerima tamu, berinteraksi sosial, melakukan hobi, bekerja, dan lain-lain.
- Fungsi pendukung, merupakan fungsi-fungsi sekunder yang ditambahkan pada sebuah apartemen untuk mendukung dan menambah kenyamanan berlangsungnya fungsi utama. Selain itu, juga dapat membantu aspek pemasaran apartemen tersebut. Tidak jarang kegiatan pendukung ini ditunjukkan pula untuk menarik kunjungan masyarakat umum (non penghuni) ke bangunan apartemen tersebut, meskipun hal ini sangat tergantung pada peruntukkan sasaran apartemennya. Fungsi pendukung yang biasanya ditambahkan pada sebuah apartemen dapat dibedakan di antaranya sebagai berikut:
 - Layanan olah raga : *fitness center*, aerobik, kolam renang, dan lain-lain.
 - Layanan kesehatan : poliklinik, apotek, dan lain-lain.
 - Layanan komersial : minimarket, restoran, salon, dan lain-lain.
 - Layanan anak : tempat penitipan anak, area bermain, dan lain-lain.
- Fungsi pelengkap, merupakan fungsi-fungsi yang diadakan untuk melengkapi berlangsungnya fungsi utama dan pendukung. Menurut tingkatannya, fungsi ini tergolong fungsi tersier. Termasuk dalam kategori kegiatan ini adalah kegiatan pengelolaan. Dalam pengelolaan akan terdapat berbagai aktivitas seperti administrasi, pemasaran, pemeliharaan kebersihan, pemeliharaan bangunan, dan pengamanan. Akitivitas-aktivitas tersebut diwadahi dalam ruang-ruang pelayanan. Sebuah apartemen harus memiliki ruang-ruang tersebut untuk mendukung kegiatan-kegiatan penghuni sehingga penghuni merasa lebih aman dalam melakukan kegiatan

utamanya. Ruang-ruang tersebut misalnya ruang administrasi, ruang *cleaning service* dan ruang satpam (sumber: Marlina, 2008)

2.1.3 Pemilihan Lokasi Apartemen

Sesuai karakter utama konsumen apartemen yang mengutamakan aspek efisiensi, pemilihan lokasi merupakan aspek penting pada perancangan sebuah apartemen. Apartemen direncanakan berada di tempat-tempat yang berdekatan dengan zona-zona perkantoran atau zona komersial dalam suatu wilayah sehingga meminimalkan waktu dan biaya tempuh. Secara umum terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih lokasi sebuah apartemen (Ditjen Cipta Karya, DPU.0980: 11) yaitu:

- Waktu tempuh paling lama 30 menit untuk mencapai tempat kerja dan pusat-pusat pelayanan di perkotaan.
- Sudah terdapat jaringan infrastruktur yang lengkap. Kelengkapan jaringan infrastruktur dapat meminimalkan biaya pengadaan jaringan baru pada pengembangan sebuah apartemen.
- Aksesibilitas baik, meliputi ketersediaan sarana dan prasarana transportasi dengan kualitas baik.

2.1.4 Kriteria Apartemen

Apartemen dapat diklasifikasikan dalam beberapa tipe. Dapat menjadi berbagai macam gaya penggunaan, misalnya bergaya studio, tempat tinggal atau gaya apartemen *single*. Terdapat beberapa jenis apartemen menurut jumlah kamar, misalnya *one-bedroom apartment*, *two-bedroom apartment*, *three-bedroom apartment*, dsb. Tergantung lokasinya, apartemen dapat dijual atau disewa lengkap dengan perabot dan desain interiornya atau yang tanpa perabot agar si pemilik dapat menggunakan perabot yang telah dipunyai. Terdapat juga garden apartemen yang memiliki karakteristik layaknya *townhouse*: tiap unit apartemen memiliki pintu masuk sendiri, dan apartemen tidak tersusun vertikal.

Bangunan apartemen untuk golongan atas terdapat fasilitas-fasilitas penunjang yang telah menjadi kebutuhan pokok si pemilik apartemen. Kelengkapan fasilitas pada apartemen golongan atas termasuk dalam kebutuhan pokok untuk menaikkan nilai jual atau sewa per unitnya. Umumnya fasilitas-fasilitas tersebut digunakan tidak hanya untuk pengguna apartemen saja namun juga dibuka untuk umum. Bangunan apartemen untuk golongan menengah dengan fasilitas "non-formal" lingkungan perumahan,

merupakan suatu bangunan apartemen untuk golongan penghuni kelas menengah yang didalamnya juga terdapat fasilitas non-formal yang dapat dimanfaatkan oleh penduduk sekitar tapak. Dengan adanya fasilitas non-formal tersebut diharapkan para penghuni apartemen akan merasakan suatu lingkungan yang ramah dan dapat mengenal para penghuni di luar tapak guna menciptakan lingkungan yang saling mendukung.

Menurut Sudaryanto (2002) kriteria apartemen di Indonesia lebih diperuntukkan bagi masyarakat kalangan menengah ke atas. Beberapa kriteria tersebut adalah:

- Fasilitas yang lengkap dan memadai. Fasilitas ini berfungsi untuk menunjang kegiatan penghuni dalam bangunan.
- Optimalisasi penggunaan lahan. Optimalisasi lahan terutama terhadap bangunan, kemudian sisa lahan yang berupa ruang terbuka harus difungsikan, misalnya ruang terbuka hijau.
- Keamanan. Pengadaan *security control* 24 jam sehingga keamanan pada bangunan dapat terjamin.
- Jasa dan keamanan. Umumnya apartemen memiliki fasilitas jasa dan pelayanan untuk berbagai kegiatan dalam berhuni misalnya *laundry*, *catering* dan sebagainya.

2.1.5 Jenis Apartemen

a. Berdasarkan Sistem Pengelolaan

- Apartemen sewa biasa (*rental apartment*), apartemen yang secara penuh dikelola manajemen tertentu. Hanya menyediakan unit-unit untuk penyewa, sedangkan hal-hal lain mengenai kebutuhan penghuni menjadi tanggung jawab penghuni sendiri kecuali pemeliharaan teknis.
- *Serviced Apartment*, para konsumen mendapatkan pelayanan seperti di hotel bintang lima misalnya jasa *housekeeping*, *laundry*, unit yang sudah diisi dengan perabot (*furnished*), *business center*, *lounge*, dan lain-lain.
- *Residential hotel*, berpatokan pada sistem hotel, para penghuni diberikan pelayanan penuh seperti tamu hotel. Segala kebutuhan dan keinginan penghuni akan dipenuhi. (sumber: Lawson, Fred. 1976)

b. Berdasarkan Sistem Kepemilikan

- Sistem sewa (rental apartemen)

Apartemen yang disewakan dengan harga tetap setiap bulan kepada penghuni yang menempatnya, *maintenance* menjadi tanggung jawab dari pada pemiliknya. Sistem sewa yang biasa digunakan antara lain:

1. Sewa Biasa, yaitu penghuni membayar uang sewa kepada pemilik bangunan sesuai perjanjian, tanpa terikat batas waktu.
2. Sewa Beli, yaitu penghuni membayar uang sewa yang berfungsi sebagai angsuran pembelian. Bila angsuran telah lunas atau memenuhi harga yang telah disetujui maka bangunan dapat menjadi milik pribadi.
3. Sewa Kontrak, yaitu penghuni membayar uang sewa secara periodik sesuai dengan persetujuan. Apabila masa kontrak belum selesai, dapat diadakan kontrak baru.

- Sistem Kooperatif (*Cooperative*)

Pada sistem kooperatif tidak ada keuntungan seperti yang terdapat pada sistem *rental project*. Setiap penghuni adalah pemilik. Fasilitas seringkali lebih *lux* dan mewah dari pada sistem *rental project* yang ditandai dengan adanya ruang pertemuan, *club room*, dan sebagainya.

- Sistem kondominium (*Condominium*)

Pemilik apartemen melalui angsuran setiap pemilik mempunyai surat hipotik dan fasilitas serta pemilikan bersama atas daerah atau wilayah (sumber: Lawson, Fred. 1976)

c. Berdasarkan Ketinggian Bangunan

- Apartemen bertingkat rendah (*Low Rise Apartement*)

Apartemen dengan ketinggian 4-6 lantai (*multiple dwelling*). Merupakan tipe bangunan bertingkat yang dilengkapi dengan elevator yang mencapai ketinggian 4-6 lantai. Apartemen jenis ini dibedakan lagi:

1. *Row house* (rumah deret), unit rumah tinggal yang dibatasi dinding pemisah pada batas-batas persil tanah dan kepemilikannya merupakan perorangan. 1 (satu) unit terdiri atas 2 (dua) lantai.
2. *Walk Up Apartement*, kumpulan 3 (tiga) unit hunian atau lebih yang mempunyai jalan masuk bersama (umum) dengan pintu tersendiri pada tiap-tiap unit bangunan.

- Apartemen bertingkat sedang (*Medium Rise Apartement*)

Apartemen dengan ketinggian 6-9 lantai. Penempatan bangunan bertingkat semacam ini biasanya ditempatkan pada wilayah yang tidak terlalu padat karena masih termasuk dalam kategori bangunan bertingkat biasa.

- Apartemen bertingkat tinggi (*High Rise Partement*)

Apartemen dengan ketinggian 10-40 lantai. Bangunan ini merupakan solusi atas masalah terhadap lahan kota dan harga tanah yang semakin tinggi. Tipe untuk apartemen bertingkat tinggi sendiri ada beberapa macam, yaitu:

1. *Central Corridor/double Loaded*
2. *Multicore*
3. *Point Block*
4. *Exterior Corridor*
5. *Skin Stop*
6. *Single Power Sites*
7. *Multi Power Sites*

Penentuan ketinggian jumlah suatu bangunan apartemen tergantung pada luas total lantai yang dibutuhkan dengan luas lahan yang ada. Ketinggian bangunan juga memperhatikan jumlah lantai yang diperbolehkan dalam peraturan tata kota. Jumlah penghuni dan jumlah total luas lantai yang dibutuhkan menentukan jumlah lantai dan tipe bangunan apartemen yang akan dirancang.

d. Berdasarkan Jumlah Tingkat

- *Simplex*

Apartemen yang hanya satu unit pada satu lantai. Jenis ini termasuk yang paling sederhana pada bangunan apartemen.

- *Duplex / Maisonette*

Apartemen yang mempunyai ruang pada 2 lantai tiap 1 unit pada bangunan, yang dihubungkan dengan tangga. Jenis ini memungkinkan hanya dengan 1 pintu tiap 2 lantai.

- *Triplex*

Apartemen yang mempunyai ruang pada 3 lantai bangunan, yang dihubungkan dengan tangga. Jenis ini memungkinkan hanya dengan 1 pintu tiap 3 lantai.

e. Berdasarkan pencapaian / sarana transportasi

- *Walk Up Apartement (Low Rise Apartement)*

Pencapaian menggunakan tangga sebagai sarana sirkulasi vertikal, pada umumnya digunakan pada bangunan apartemen dengan ketinggian kurang dari 4 lantai.

- *Elevated (High Rise Apartement)*

Pencapaian menggunakan *lift/elevator* sebagai sarana transportasi vertikal, pada umumnya digunakan pada bangunan dengan ketinggian di atas 4 lantai (sumber: Tyrwhitt, John. 1968)

f. Berdasarkan sistem pelayanan koridor

- Koridor di tengah (*Center Corridor Plan/Double Loaded Corridor*)

1. Ventilasi silang tidak tercapai.
2. Segi ekonomis lantasi tinggi.
3. Mudah dikembangkan.
4. Orientasi dan pencahayaan 1 arah.
5. Panjang bangunan tidak simetris.

- Koridor sisi (*Open Corridor Plan/Single Loaded Corridor*)

1. Ventilasi silang tercapai.
2. Panjang bangunan tidak terbatas.
3. Pencahayaan dari 2 arah.
4. Pencahayaan alami dapat mencapai seluruh ruang.

- *Skip stop plan*

1. Elevator membuka pada lantai tertentu sesuai keinginan.
2. Dapat mengurangi jumlah koridor, pintu, *lift*, efisiensi bangunan lebih tinggi.
3. Pencahayaan alami lebih banyak.
4. Membutuhkan tangga tambahan dalam ruangan.
5. Menyulitkan pencapaian bagi orang cacat.

- *Tower plan*

1. *Core* terpusat ditengah.
2. Jumlah unit per lantai terbatas, kurang efisien.
3. Panjang koridor terbatas.
4. Ventilasi silang tercapai.
5. Tiap unit mempunyai 2 arah pandangan.

6. Mudah ditempatkan pada tapak tidak beraturan / berkontur.
7. Umumnya digunakan untuk apartemen bagi yang berpenghasilan tinggi dan menengah.
 - Pengembangan *tower plan* (*Expander Tower Plan*)
 1. Prinsip sama dengan *tower plan*.
 2. Jumlah unit per lantai lebih banyak ekonomis.
 3. Dapat mengurangi tercapainya ventilasi silang dan penerangan 2 arah.
 - *Cross plan*
 1. Mempunyai 4 sayap, masing-masing 2 unit, menyebar dari *core* tengah.
 2. Pencapaian langsung ke unit hunian.
 3. Ventilasi silang dan pandangan dua arah tercapai.
 4. Kesulitan orientasi.
 - Pengembangan *cross plan*
 1. Prinsip sama dengan *cross plan*.
 2. Jumlah unit per lantai lebih banyak.
 - *Five wing plan*
 1. Prinsip sama dengan *cross plan* dengan ditambah satu sayap.
 2. Jumlah unit per lantai mencapai 10.
 3. Sudut antara sayap hanya 72° dan dapat mengurangi privasi.
 - *Sircular plan*
 1. Prinsip sama dengan *tower plan*.
 2. Jumlah unit per lantai tergantung dari diameter bangunan.
 - *Terrace plan*
 1. Orientasi menghadap matahari serta view yang baik.
 2. Umumnya *single loaded corridor*.
 3. Biaya bangunan relatif mahal.
 4. Kesulitan menempatkan sirkulasi vertikal dan utilitas.

(sumber : Tywhitt, John. 1968)

g. Berdasarkan bentuk massa bangunan

- *Slab*

Massa bangunan memanjang dengan bentuk sirkulasi berupa koridor, biasanya menggunakan lebih dari satu sistem sirkulasi vertikal (sumber: Scueller.1989).

- Tower

Massa bangunan dengan bentuk sirkulasi berupa *hall* atau ruang perantara (sumber : Schueller. 1989).

- Variasi keduanya

Penggabungan antara *slab* dan *podium* serta *tower* dan podium (sumber: Schueller. 1989).

2.2 Tinjauan Arsitektur Hijau

“Green” atau “Sustainable” building menggunakan sumber daya seperti energi, air, material, dan lahan lebih efisien dibandingkan bangunan yang hanya dibangun untuk pemenuhan kebutuhan saja. Dengan cahaya natural yang lebih banyak dan kualitas air yang lebih baik, tipikal *green building* memberikan kontribusi untuk meningkatkan kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas pengguna bangunan.

Green building merupakan investasi yang sangat bagus. Masyarakat memberi nilai tinggi pada area yang ‘hijau’. Semakin banyak orang yang menghuni lingkungan residensial yang banyak pohon pada jalannya dan area terbuka hijau yang luas. Pengembangan komersial juga dapat menjadi jauh lebih bernilai saat pengembang mengkonsepkan area hijau pada lingkungan mereka. Penggunaan *green building* mewakili investasi yang bagus dan lingkungan yang bagus dapat membantu menarik minat konsumen dan staff.

Ciri-ciri dari apartemen ‘*green building*’ yang paling populer adalah mengolah kembali material konstruksi. Pengembang menggunakan logam, kayu, batu, dan material lain yang telah di *recycle* tanpa mengurangi sumber daya alam. Tempat tinggal dengan embel-embel “*green building*” dapat dikatakan nyaman apabila dapat menghemat pohon dan menggunakan sumber daya alternatif untuk penggunaan lantai kayu. Pengganti kayu seperti bambu, yang dapat diganti setiap 6 tahun sekali, ialah alternatif yang terkenal. Metode lain dalam menggunakan material bangunan untuk konstruksi. Bangunan juga menggunakan bahan natural dari lokasi konstruksi untuk menghindari pembelian bahan bangunan dari tempat lain.

Untuk menaikkan efisiensi energi, properti *green apartement* menciptakan desain dan teknologi baru. Beberapa properti menggunakan energi natural yang tersedia

di lokasi sebagai solusi seperti kekuatan angin, energi solar matahari, kekuatan *hydro*. Mengefisiensi energi untuk lampu, penggunaan *energy star*, dan penggunaan toilet *flush* ganda ialah beberapa teknologi yang terdapat pada properti untuk menghemat penggunaan energi.

Pada waktu ini penggunaan air yang berlebihan di Amerika, memberikan peringatan untuk menggunakan air secara bijak. Bangunan *Green Apartement* di wilayah barat mengimplementasikan teknologi penghematan air. Seperti contoh menggunakan air hujan dan daur ulang air untuk penggunaan sehari-hari sebagai toilet *flush*, mencuci kendaraan dan menyiram tanaman.

Grey water ialah air dari hasil air daur ulang dari sisa pembuangan air yang digunakan untuk mencuci piring, mandi dan mencuci pakaian yang terdiri dari 50 – 80% dari pembuangan air di area perumahan. *Grey water* dapat menekan penggunaan air natural yang digunakan untuk mencuci piring, mandi dan mencuci pakaian. *Green roof* dan taman di atap mempunyai kekuatan untuk menekan pemanasan global dan polusi udara. Itu terbukti bahwa aspal dan baja dapat meradiasi panas. Dapat dibayangkan jika kita berdiri di tempat parkir dari aspal dan baja di musim panas.

Keuntungan dari *Green Building*

1. Penghematan biaya awal
 - Menghemat biaya konstruksi
 - Menghemat biaya material
 - Menggunakan kembali limbah/sisa-sisa konstruksi
 - Penghematan pengecilan peralatan mekanikal
 - Kredit pajak dan pendukung lainnya
2. Pengurangan Biaya Operasional
 - Biaya-biaya energi yang rendah
 - Biaya air yang rendah
 - Peralatan lebih tahan lama dan sedikit perbaikan
 - Pengurangan pembersihan dan perawatan alat-alat
 - Pengurangan perputaran biaya
 - Biaya asuransi yang lebih rendah
 - Pengurangan siklus sampah pada bangunan
3. Keuntungan Ekonomi Lainnya
 - Meningkatkan nilai properti
 - Lebih cepat proses kontrak-sewa

- Kemudahan dalam perekrutan pekerja
 - Mengurangi resiko tanggung jawab
 - Bertahan dari regulasi
4. Keuntungan Produktivitas Dan Kesehatan
- Meningkatkan kesehatan
 - Meningkatkan produktivitas kerja
 - Meningkatkan proses pembelajaran
 - Meningkatkan penjualan retail
5. Keuntungan Komunitas
- Mengurangi erosi dan badai air yang terjadi
 - Dukungan dari agrikultur lokal
6. Keuntungan Ekologikal
- Mengurangi dampak *global warming*
 - Meminimalisir penipisan ozon
 - Mengurangi dampak ekstraksi sumber tenaga
 - Mengurangi emisi racun
 - Mengurangi kebutuhan energi dan dampak negatif lain dari material transport
 - Mengurangi kontribusi pencemaran udara lokal dan regional
 - Mengurangi pencemaran air lokal dan regional
 - Melindungi dar biodiversit
7. Keuntungan Sosial
- Mendukung penstabilan ekonomi
 - Mendukung perusahaan –perusahaan dengan atensi pada lingkungan
 - *Reusable* : Beberapa komponet dari bangunan dapat digunakan kembali.
 - *Sustainable* : Dapat membaharui kembali material alami bangunan, yang diambil dari hasil pengembangan manajemen proyek.
 - *Durable* : Material dapat bertahan dengan waktu yang lama
 - *Moisture* : Material dan produk tidak mudah mengalami kelembapan yang mengakibatkan berjangkitnya hewan/ kuman yang mengganggu bahan konstruksi.
 - *Energy efficient* : Material, komponen dan segala sistemnya dapat membantu mengurangi penggunaan energi pada bangunan dan segala fasilitasnya.
 - *Water Conserving* : Produk dan sistem dapat mengurangi penggunaan air pada bangunan dan menjaga kuantitas dan kualitas air di lingkungan.

- *Improves IAQ* : Sistem dan perlengkapan dapat menjaga kualitas kesehatan dari IAQ dengan menjaga ruangan dalam agar terhindar dari polusi udara.
- *Healthfully maintained* : Material, komponen dan sistem terbuat dari bahan yang mudah, tidak beracun dan hanya sedikit mengandung VOC.
- *Lokal Produk* : Material bangunan, komponen dan sistem didapat didekat lokasi pembangunan, agar dapat menghemat biaya transportasi dan menghemat energi kendaraan.
- *Affordable* : Harga dari material bangunan tersebut harus lebih murah dan terjangkau agar dapat disesuaikan dengan anggaran.

2.2.1 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) adalah sistem sertifikasi internasional untuk bangunan hijau (*green building*) yang dikembangkan oleh *U.S. Green Building Council (USGBC)*. Sistem sertifikasi tersebut digunakan untuk menguji apakah desain bangunan menggunakan strategi dan memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. *Suitable site*
2. Efisiensi penggunaan air (*Water efficiency*)
3. Energi dan atmosfer (*Energy and Atmosphere*)
4. Material dan sumber daya (*Material and Resources*)
5. Kualitas ruang dalam (*Indoor Environmental Quality*)
6. *Innovation in Design*

Menurut LEED 2009 dari USGBC (*United States Green Building Council*) menyebutkan bahwa prinsip – prinsip arsitektur hijau meliputi:

1. *Sustainable site.*

Sustainable site meliputi hal – hal sebagai berikut, yaitu:

- a. Mengurangi polusi dari aktivitas pelaksanaan konstruksi dengan cara mengontrol erosi tanah, sedimentasi aliran air dan polusi udara yang ditimbulkan oleh debu dari aktivitas konstruksi.
- b. Mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh bangunan yang akan dibangun di lokasi tapak.
- c. Memperhatikan hubungan antara bangunan yang akan dibangun di lokasi tapak dengan infrastruktur yang ada di sekitar lingkungan tapak, melindungi jalur hijau, dan menjaga sumber daya alam sekitar tapak.

- d. Menyediakan alternatif aksesibilitas transportasi publik untuk mengurangi polusi dan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh penggunaan kendaraan bermotor.
 - e. Menyediakan sarana dan prasarana bagi pengguna sepeda.
 - f. Menyediakan sarana dan prasarana bagi pengguna kendaraan dengan emisi rendah dan hemat bahan bakar.
 - g. Menyediakan kapasitas parkir yang mencukupi tetapi tidak melebihi kebutuhan minimum zonifikasi yang telah ditetapkan.
 - h. Melindungi habitat alami di lingkungan tapak, sebagai suatu tindakan untuk melindungi dari kerusakan alam.
 - i. Memaksimalkan ruang terbuka.
 - j. Memaksimalkan desain irigasi baik untuk keperluan tapak maupun bangunan.
 - k. Mengurangi panas pada bangunan maupun lingkungan sekitar (*heat island effect*).
 - l. Meminimalisir penggunaan cahaya yang berlebihan.
2. Efisiensi penggunaan air.
- Efisiensi penggunaan air meliputi hal – hal sebagai berikut, yaitu:
- a. Mengurangi penggunaan air bersih (air yang digunakan untuk rumah tangga) baik dari sumur (air tanah) maupun air dari suplai pemerintah (PDAM) untuk irigasi lansekap.
 - b. Mengurangi penggunaan air bersih (air minum) yang digunakan untuk pembuangan dalam bangunan (*water closets, urinal*) minimal 50% dengan cara membuat inovasi dalam mengolah air buangan dari air hujan maupun air kotor (*grey water*) yang dihasilkan oleh bangunan.
 - c. Memaksimalkan penggunaan air dalam bangunan secara efisien.
3. Energi dan atmosfer.
- Energi dan atmosfer meliputi hal – hal sebagai berikut, yaitu:
- a. Mengoptimalkan penggunaan energi dalam bangunan dan lingkungan sekitar.
 - b. Mengurangi penggunaan bahan pendingin (*refrigerant*) sebagai upaya untuk mengurangi penipisan lapisan ozon yang memiliki pengaruh terhadap perubahan iklim di bumi.
 - c. Menetapkan perhitungan konsumsi energi secara berkala.
 - d. Mengembangkan sumber daya energi yang dapat diperbarui kembali untuk menyediakan setidaknya 35% kebutuhan listrik bangunan.

4. Material dan sumber daya.

Material dan sumber meliputi hal – hal sebagai berikut, yaitu:

- a. Mengolah sampah konstruksi dari aktivitas proses pelaksanaan konstruksi menjadi material yang dapat digunakan kembali.
- b. Memaksimalkan penggunaan material (material – material yang dapat digunakan kembali) untuk mengurangi permintaan terhadap material utuh dan mengurangi sampah.
- c. Menggunakan material atau produk – produk bangunan daur ulang. Langkah ini sebagai upaya untuk mengurangi dampak dari hasil pemrosesan atau pengambilan material utuh dari sumbernya.
- d. Menggunakan material – material bangunan yang letaknya tidak jauh dari sumbernya, sehingga meningkatkan penggunaan material dalam negeri dan mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses transportasi.

5. Kualitas ruang dalam.

Kualitas ruang dalam meliputi hal – hal sebagai berikut, yaitu:

- a. Memasang indikator/sensor sistem ventilasi, mendeteksi udara yang tidak diinginkan oleh penghuni, sehingga kenyamanan dan kesejahteraan penghuni tetap terjaga.
- b. Memaksimalkan bukaan (ventilasi) untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan, sehingga meningkatkan kenyamanan, kesejahteraan dan produktivitas penghuni.
- c. Mengurangi pemakaian material-material yang berpotensi membahayakan penghuni, contohnya seperti material *adhesive*, perekat, cat atau pelapis/pelindung cat (*coating*) yang menghasilkan bau yang menyengat, produk-produk kayu komposit dan fiber yang mengandung resin.
- d. Meminimalisir dan mengontrol polusi (udara dan bahan kimia) dalam ruangan.
- e. Membuat sistem kontrol pencahayaan dalam ruangan.
- f. Membuat sistem kontrol dalam mewujudkan kenyamanan suhu dalam ruangan.
- g. Memberikan konektivitas antara penghuni yang berada dalam ruangan (*indoor*) dengan ruang luar/lingkungan sekitar (*outdoor*).

2.2.2 Green Building Index (GBI)

Green Building Index adalah sistem rating lingkungan untuk bangunan yang dikembangkan oleh PAM (Pertubuhan Arsitek Malaysia/ *Malaysian Institute Architect*) dan ACEM (*the Association of Consulting Engineers Malaysia*). *Green Building Index* adalah sistem rating pertama di Malaysia untuk mengevaluasi desain dan performa lingkungan bangunan di Malaysia yang meliputi enam (6) kriteria utama yaitu sebagai berikut:

1. *Energy Efficiency*
2. *Indoor Environmental Quality*
3. *Sustainable Site Planning and Management*
4. *Materiel and Resources*
5. *Water Efficiency*
6. *Innovation*

Green Building Index (GBI) dikembangkan khusus untuk Negara – Negara yang memiliki iklim tropis.

NO.	KRITERIA	KETERANGAN
1	EE	ENERGY EFFICIENCY
	EE1	Minimum EE Performance
	EE2	Renewable Energy
	EE3	Advanced EE Performance based on OTTV & RTTV
	EE4	Home Office & Connectivity
2	EE5	Sustainable Maintenance
	EQ	INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY
	Air Quality, Lighting, visual & Acoustic comfort	
	EQ1	Minimum IAQ Performance
	EQ2	Daylighting
	EQ3	Sound Insulation
	EQ4	Good Quality Construction
	EQ5	Volatile Organic Compounds
	EQ6	Formaldehyde Minimisation
	Verification	
EQ7	Post Occupancy Evaluation: Verification	
3	SM	SUSTAINABLE SITE PLANNING & MANAGEMENT
	Site planning & Transport	
	SM1	Site Selection
	SM2	Public Transportation Access
	SM3	Community Services & Connectivity
	SM4	Open Spaces, Landscaping & Heat Island Effect
	Site & construction management	
	SM5	Construction System & Site Management
	SM6	Stormwater Management
SM7	Re-development of Existing Sites & Brownfield Re-development	
	SM8	Avoiding Environmentally Sensitive Areas

	SM9	Building User Manual
	MR	MATERIALS & RESOURCES
		Reused & Recycled materials
	MR1	Storage & Collection of recyclables
	MR2	Materials Reuse and Selection
4	MR3	Construction Waste Management
		Sustainable Resources
	MR4	Recycled Content Materials
	MR5	Regional Materials
	MR6	Sustainable Timber
	WE	WATER EFFICIENCY
		Water Harvesting & Recycling
	WE1	Rainwater Harvesting
5	WE2	Water Recycling
		Increased Efficiency
	WE3	Water Efficient Landscaping
	WE4	Water Efficient Fittings
	IN	INNOVATION
6	IN1	Innovation in Design & Environmental Design Initiatives
	IN2	Green Building Index Facilitator (GBIF)

2.2.3 Proceeding Lokakarya PHK A3 tahun 2007

1. Ir. Jimmy Priatman, M. Arch., IAI

Menurut Ir. Jimmy Priatman, M. Arch., IAI, dalam Proceeding Lokakarya PHK A3 tahun 2007, Universitas Katolik Parahyangan Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur, beliau merumuskan beberapa parameter desain rumah susun hemat energi yaitu sebagai berikut:

1. Sasaran pendinginan

a. Site planning

- Maksimasi pembayangan melalui pemanfaatan kontur tanah, bangunan, vegetasi lingkungan.
- Maksimasi arah dan kecepatan angin melalui pemanfaatan kontur tanah, bangunan, vegetasi.

b. Massa bangunan

- Minimasi rasio permukaan eksterior massa terhadap volume massa (*surface to Volume Ratio*).
- Optimasi rasio panjang dan lebar massa yang paling sedikit menerima panas matahari (*Length to Width Ratio*).
- Minimasi perolehan radiasi panas karena orientasi massa.

c. Selubung bangunan

- Minimasi ratio kaca dan dinding (WWR kecil).

- Optimasi orientasi dinding/kaca.
 - Optimasi alat pembayaran.
- d. Pembukaan bangunan
- Optimasi ratio pembukaan udara masuk terhadap pembukaan udara keluar (*outlet to inlet ratio*).
 - Optimasi ventilasi alami melalui minimal dua pembukaan pada dinding berbeda.
 - Maksimasi ventilasi alami melalui posisi dan dimensi pembukaan.
 - Maksimasi penerangan alami melalui posisi dan dimensi jendela kaca.
- e. Material bangunan
- Maksimasi tahanan termal material dinding/kaca (nilai U rendah).
 - Optimasi transmisi cahaya material kaca (nilai transmisi tinggi).
 - Minimasi transmisi panas material kaca (nilai SC rendah).
2. Sasaran penurunan kelembaban
- a. Massa bangunan
- Elevasi bangunan (tidak kontak langsung dengan tanah).
- b. Material bangunan
- Minimasi material berpori/bertekstur kasar.

Strategi penurunan kelembaban tidak dapat mengandalkan pengaturan elemen bangunan mengingat iklim di Indonesia yang panas lembab (temperatur dan kelembaban tinggi). Analisis psikrometrik dari Milne dan Givoni membuktikan hal tersebut. Satu – satunya cara adalah dengan pemanfaatan peralatan mekanis baik *dehumidifier* (reduksi kelembaban) maupun *air conditioning* (tata udara) yang akan menentukan seberapa besar penggunaan energi bangunan. Dalam konteks rumah susun hemat energi (menggunakan AC), sasaran penghematan energi akan bertumpu pada strategi minimasi beban pendinginan (tanggung jawab arsitek) dan efisiensi peralatan (tanggung jawab insinyur).

2. Prof. Dr. Ir. R. M. Soegijanto

Menurut Prof. Dr. Ir. R. M. Soegijanto, dosen program studi teknik fisika fakultas teknologi industri Institut Teknologi Bandung, dalam Proceeding Lokakarya PHK A3 tahun 2007, Universitas Katolik Parahyangan Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur, beliau menyebutkan bahwa pada saat ini di kota – kota besar di Indonesia sudah mulai banyak dibangun bangunan bertingkat yang memanfaatkan ventilasi alami

untuk seluruh (misalnya rumah susun sederhana) atau sebagian bangunan (misalnya kampus bertingkat, apartemen).

Karena makin tinggi di atas permukaan tanah makin besar kecepatan angin, maka kecepatan udara yang masuk ke dalam bangunan juga semakin besar. Hal ini akan dapat menimbulkan ketidaknyamanan bahkan dapat mengganggu kesehatan penghuni ruangan dan gangguan pada pekerjaan karena benda – benda yang ringan akan terbawa angin.

Dari penelitian pada bangunan bertingkat di Jakarta, kecepatan angin pada jendela mulai lantai tiga dapat mencapai lebih dari 2 m/detik. Sehingga mulai dari lantai tiga, bukaan ventilasi harus dirancang supaya dapat membelokkan arah angin dan tidak langsung mengenai penghuni, serta mengurangi kecepatannya.

Usaha pengendalian kecepatan udara yang masuk melalui bukaan yang mungkin dilakukan diantaranya adalah meletakkannya pada bagian atas dari dinding di atas jendela. Bukaan ini ditutup dengan sirip – sirip yang kuat dan tidak mudah bergetar kalau terkena angin yang kuat. Bukaan ini harus dilindungi di depannya, misalnya dengan alat peneduh sehingga angin tidak langsung masuk ke dalam bukaan.

Berdasarkan sumber yang sama, juga disebutkan bahwa radiasi matahari akan diterima oleh permukaan selubung bangunan, baik yang tembus cahaya maupun tidak. Untuk permukaan yang tidak tembus cahaya, digunakan konsep temperatur sol – air yang besarnya dipengaruhi oleh faktor – faktor yang berada dalam kedali perancangan bangunan. Faktor – faktor tersebut adalah bahan dan warna dari permukaan selubung bangunan serta radiasi matahari yang diterima oleh permukaan tersebut. Untuk permukaan yang tembus cahaya, radiasi matahari yang diteruskan oleh permukaan ini, misalnya jendela kaca, akan memberikan perolehan panas yang lebih besar.

Pengurangan perolehan panas dari radiasi matahari melalui jendela yang dapat dilakukan adalah:

- Pemilihan orientasi bangunan dan orientasi jendela, serta ukuran jendela,
- Penggunaan kaca khusus,
- Penggunaan alat peneduh radiasi matahari.

Penggunaan tirai di dalam ruangan adalah tidak efektif, karena radiasi matahari sudah terlanjur masuk ke dalam ruangan.

3. Prof. Ir. Tri Harso Karyono, MA

Rekomendasi desain rumah susun tropis hemat energi oleh Prof. Ir. Tri Harso Karyono, MA menyebutkan bahwa prinsip utama menurunkan suhu (panas) di dalam rumah adalah mengurangi ‘perolehan panas’ (*heat gain*) radiasi matahari yang jatuh

mengenai bangunan. Pengurangan radiasi matahari ini dapat melalui ‘pembayangan’ bangunan lain di sekitarnya, atau dengan pembayangan pohon besar di sekitar rumah. Jika perolehan perolehan panas matahari dapat diminimalkan, maka suhu udara di dalam rumah akan rendah. Meskipun ini bersifat relatif, artinya jika kondisi suhu udara luar disekitar rumah sudah cukup tinggi, maka suhu udara di dalam rumah juga akan sulit mencapai suhu nyaman. Dari hasil penelitian oleh Prof. Ir. Tri Harso Karyono, MA, suhu nyaman di Jakarta dicapai antara 24,5 hingga 28,5⁰C, dengan kelembaban di bawah 70% dan aliran udara di atas 0,2 m/detik. Namun seandainya pengkondisian udara mekanis (AC) tetap harus digunakan, maka dengan memperhatikan hal – hal berikut ini diharapkan beban pendinginan AC menjadi lebih rendah, artinya kapasitas daya yang digunakan berkurang dan konsekuensinya menghemat pemakaian listrik.

1. Meminimalkan perolehan panas matahari

Hal ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, cara pertama dengan menghalangi radiasi matahari langsung pada dinding – dinding transparan yang dapat mengakibatkan terjadinya efek rumah kaca, yang berarti akan menaikkan suhu dalam bangunan. Cara kedua dengan mengurangi transmisi panas dari dinding – dinding masif yang terkena radiasi matahari langsung, dengan melakukan penyelesaian rancangan tertentu, misalnya:

- Membuat dinding lapis (berongga) yang diberi ventilasi pada rongganya.
- Menempatkan ruang – ruang *service* (tangga, *toilet*, *pantry*, gudang, dsb) pada sisi – sisi jatuhnya radiasi matahari langsung (sisi Timur dan Barat).
- Memberi ventilasi pada ruang antara atap dan langit – langit (pada bangunan rendah) agar tidak terjadi akumulasi panas pada ruang tersebut. Seandainya tidak, panas akan terkumpul pada ruang ini akan ditransmisikan ke bawahnya. Ventilasi atap ini sangat berarti untuk pencapaian suhu ruang yang rendah.

2. Orientasi bangunan utara – selatan (memanjang timur – barat)

Efek dari orientasi bangunan, ketebalan dinding dan warna dinding terhadap suhu udara di dalam bangunan diperlihatkan oleh percobaan Giboni (1998). Di kawasan sekitar equator, sisi barat – timur mendapatkan panas yang lebih tinggi dibanding sisi utara – selatan. Dalam percobaan dengan dinding warna putih, terlihat bahwa suhu udara berfluktuasi terhadap suhu udara luar. Pada siang hari umumnya suhu udara di dalam bangunan lebih tinggi dibanding suhu luar. Semakin tebal dinding, fluktuasi semakin besar, karena kondisi suhu udara di dalam bangunan semakin stabil. Efek orientasi bangunan terhadap suhu udara di dalam

bangunan juga tampak jelas. Suhu rata – rata pada sisi dinding timur – barat lebih tinggi dibanding suhu ruang pada sisi selatan. Perbedaan suhu ruang rata – rata timur – barat dengan ruang sisi selatan mencapai hampir 1°C untuk dinding tipis (10cm) dan lebih dari $1,5^{\circ}\text{C}$ untuk dinding tebal (20cm).

Untuk dinding warna abu – abu, pengaruh orientasi dan ketebalan dinding terhadap perbedaan suhu lebih jelas terlihat. Untuk ketebalan dinding terhadap perbedaan suhu lebih jelas terlihat. Untuk ketebalan dinding 10 cm suhu ruang dalam terendah hampir selalu di bawah suhu luar. Sementara itu perbedaan terbesar rata – rata antara ruang pada sisi yang berbeda dapat mencapai $7,5^{\circ}\text{C}$. Semakin tebal dinding, variasi suhu udara diberbagai waktu dan orientasi semakin rendah. Dinding tebal membuat fluktuasi suhu semakin kecil.

3. Memaksimalkan pelepasan panas bangunan

Hal ini dapat dilakukan dengan pemecahan rancangan arsitektur yang memungkinkan terjadinya aliran udara silang secara maksimum di dalam bangunan. Aliran udara sangat berpengaruh dalam menciptakan ‘efek dingin’ pada tubuh manusia, sehingga sangat membantu pencapaian kenyamanan suhu.

4. Hindari radiasi matahari memasuki bangunan atau mengenai bidang kaca

Ketika sinar matahari secara langsung menembus bidang kaca, radiasi (dalam bentuk gelombang pendek) yang dipancarkan akan memanasi (menaikkan suhu) benda – benda yang ada dalam bangunan tersebut, seperti halnya lantai, meja, kursi, manusia, serta kaca itu sendiri. Akibat pemanasan tersebut, benda – benda akan memancarkan kembali radiasinya ke udara di sekelilingnya, dalam bentuk gelombang panjang.

Karena bahan kaca umumnya tidak dapat meneruskan gelombang panjang, panas yang ditimbulkan oleh benda – benda tersebut akhirnya tidak dapat keluar dari bangunan dan terperangkap didalamnya. Hal ini mengakibatkan kenaikan suhu ruang akibat radiasi. Peristiwa ini disebut dengan ‘efek rumah kaca’ (*the green house effect*). Efek rumah kaca memanaskan ruang akibat dari pemanasan benda – benda di dalam ruang. Hal ini tidak menguntungkan bagi unit – unit rumah susun yang nantinya akan panas. Pemanasan ini sering kali diselesaikan dengan memasang mesin pendingin (AC), sehingga memerlukan energi yang seharusnya tidak perlu.

5. Manfaatkan radiasi matahari tidak langsung untuk menerangi ruang dalam bangunan

Untuk menerangi ruang pada rumah susun usahakan mengambil cahaya langit, bukan cahaya langsung matahari. Cahaya langit adalah cahaya yang dihasilkan dari cahaya *diffuse* matahari. Cahaya ini tidak memberikan efek pemanasan terhadap ruang yang diterangi. Untuk daerah di wilayah selatan Equator seperti Bandung dan Jakarta, sisi selatan bangunan tidak akan mendapatkan cahaya langsung matahari antara bulan April hingga September, sementara sisi utara tidak akan mendapatkan cahaya langsung antara bulan Oktober hingga Maret.

6. Hindari pemanasan permukaan tanah sekitar bangunan

Minimalkan penggunaan material keras (beton, aspal) untuk menutup permukaan halaman, taman atau parkir tanpa adanya peneduh. Material keras yang terkena radiasi matahari langsung akan menaikkan suhu udara di sekitar rumah dan akhirnya membuat ruangan di dalam rumah panas. Penelitian karakteristik suhu pada beberapa tipe pelapis permukaan tanah di Afrika Selatan yang dilaporkan oleh Lippsmeier (1980) dinyatakan bahwa suhu di atas permukaan rumput pendek dapat mencapai 5°C lebih rendah seandainya rumput tersebut terlindung dari sinar matahari.

7. Warna dan tekstur dinding luar bangunan

Warna terang cenderung memantulkan panas, sementara itu warna gelap menyerap lebih banyak panas. Dinding luar dan atap di daerah beriklim panas dan banyak menerima radiasi matahari lebih baik berwarna terang (misalnya putih) sehingga tidak memberikan tambahan panas ke dalam bangunan. Sementara untuk wilayah beriklim dingin, dengan suhu rata – rata rendah, warna luar permukaan bangunan (atap dan dinding) sebaiknya gelap, agar banyak panas yang diserap oleh bangunan menjadi hangat.

Beberapa bangunan di kawasan yang banyak menerima radiasi matahari, seperti kawasan Timur Tengah, serta bangunan – bangunan di kawasan pantai Karibia banyak diberi warna putih atau terang. Sementara di Inggris, dengan suhu rata – rata rendah serta minimnya radiasi matahari, bangunan cenderung berwarna gelap (kusam) agar dimungkinkan untuk menyerap banyak panas matahari. Demikian pula di daerah dataran tinggi Dieng, rumah – rumah penduduk setempat banyak di cat hitam hingga atapnya agar dapat menghangatkan ruang di dalam bangunan.

Tekstur material permukaan luar bangunan berpengaruh terhadap penyerapan radiasi panas matahari. Tekstur kasar menyerap lebih banyak panas

dibanding tekstur halus. Fenomena ini perlu diketahui oleh arsitek untuk digunakan secara sadar demiantisipasi terhadap iklim setempat.

2.2.4 Arsitektur Ekologis

Dalam buku Arsitektur Ekologis, Heinz Frick menyebutkan pada lahan yang akan digunakan untuk membangun gedung, hal pertama yang harus dipertimbangkan adalah apakah kesuburan tanah itu dapat dibuat tandus oleh gedung. Tanah yang sangat subur sebaiknya dipertahankan sebagai lahan tanaman dan bukan untuk lahan bangunan, jalan, atau tempat parkir. Kedua, harus dipertimbangkan keadaan tanaman yang ada (pohon peneduh, semak – semak, dan penutup tanah yang berbunga), sebaiknya tanaman tersebut dipertahankan sebanyak mungkin. Ketiga, perlu dipertimbangan jenis taman mana yang akan direalisasikan (taman alam liar, taman puing – puing atau taman hiasan dan taman berbunga).

Pembersihan lahan dari pohon – pohon, semak – sema, dan rumput yang mengganggu tempat di mana akan didirikan gedung baru, harus dilakukan dengan seksama dan selalu menghindari tindakan keras terhadap lingkungan alam. Tanaman yang akan dimanfaatkan kembali ditanam sementara pada tempat yang terlindung di dalam tanah yang subur dan berpasir (sehingga dengan mudah akan dapat digali dan dipindah lagi). Gedung selalu direncanakan sedemikian rupa sehingga pohon peneduh besar tidak perlu ditebang, dan melindungi pohon – pohon yang dipertahankan sehingga tidak cacat oleh pekerjaan bangunan dengan memasang pagar sementara disekelilingnya.

Selalu mempertimbangkan bahwa lingkungan bagaimanapun cara terbentuknya akan menuntut bagian – bagian tertentu seperti jalan setapak, tempat duduk santai, tempat bermain anak, dan tempat kompos. Terutama pada perencanaan tempat duduk santai tidak perlu diperhatikan gangguan teristis yang mungkin terkandung pada lahan tersebut. Prinsip pembangunan taman ekologis dapat diterapkan dengan:

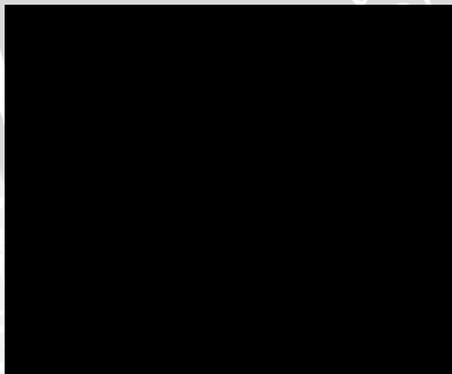
- Pembentukan jalan setapak yang beraneka ragam dan berliku – liku,
- Penciptaan sudut yang tenang, teduh, dan nyaman,
- Penggunaan pagar hijau dengan perdu beraneka bentuk dan warna bunganya,
- Pengarahan pemandangan dan cahaya/teguh dengan aturan dan pilihan tanaman tertentu,
- Pemilihan tanaman yang sesuai tempat dan mudah perawatannya.

Heinz Frick juga menyebutkan bahwa iklim tropis panas lembab dapat digambarkan dengan hujan dan kelembapan yang tinggi serta suhu yang hamper selalu tinggi. Angin sedikit bertiup dengan arah yang berlawanan pada musim hujan dan musim kemarau. Radiasi matahari sedang dan pertukaran panas kecil karena tingginya kelembapan.

Oleh karena pencahayaan matahari di daerah tropis mengandung gejala sampingan yaitu sinar panas, maka di daerah tropis tersebut manusia sering menganggap ruang yang agak gelap sebagai ruang yang sejuk dan nyaman. Akan tetapi, untuk ruang kerja mata manusia membutuhkan cahaya.

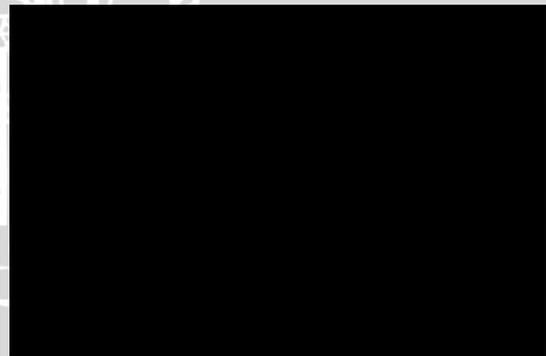
Suhu dan kelembapan yang tinggi sangat tidak menyenangkan karena penguapan sedikit dan gerak udara biasanya kurang, kecuali di pesisir. Gedung membutuhkan perlindungan terhadap radiasi matahari, hujan, serangga, dan di pesisir, perlindungan terhadap angin keras.

Disamping itu, Heinz Frick juga menyebutkan pengaruh iklim terhadap bangunan. Bangunan sebaiknya dibuat secara terbuka dengan jarak yang cukup di antara bangunan tersebut agar gerak udara terjamin. Orientasi bangunan ditempatkan di antara lintasan matahari dan angin sebagai kompromi antara letak gedung berarah dari timur ke barat, dan yang terletak tegak lurus terhadap arah angin. Gedung sebaiknya berbentuk persegi panjang yang menguntungkan penerapan ventilasi silang.



Gambar 2.1 Letak gedung terhadap sinar matahari yang paling menguntungkan bila memilih arah dari timur ke barat

Sumber : Heinz Frick, 2006



Gambar 2.2 Letak gedung terhadap arah angin yang paling menguntungkan bila memilih arah tegak lurus terhadap arah angin itu

Sumber : Heinz Frick, 2006

Ruang di sekitar bangunan sebaiknya dilengkapi pohon peneduh tanpa mengganggu gerak udara. Disamping itu perlu dipersiapkan saluran dan resapan air hujan dari atap dan halaman yang diperkeras. Meskipun demikian, harus menyisakan minimal 30% lahan bangunan terbuka untuk penghijauan dan halaman.



Gambar 2.3 Rumah panggung yang terbuka merupakan jenis gedung yang baik
Sumber : Heinz Frick, 2006

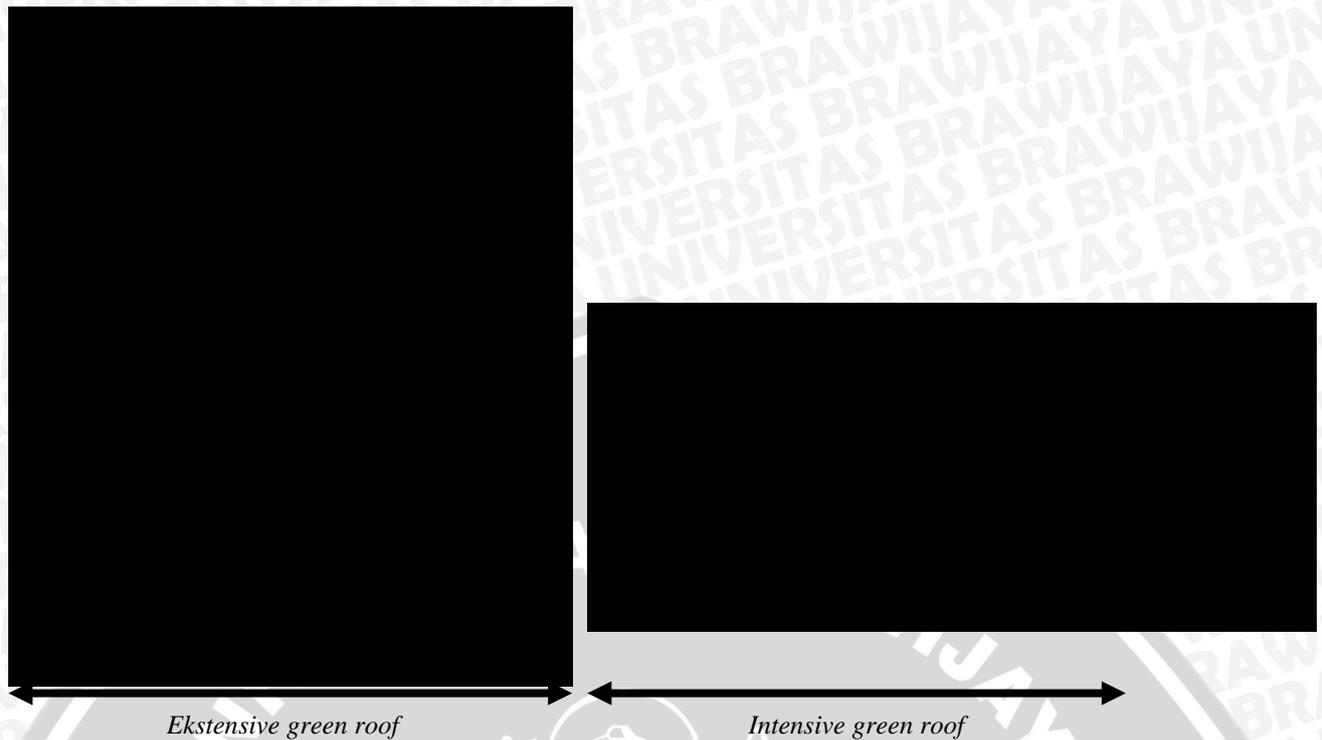


Gambar 2.4 Penyerapan air hujan pada lahan (tanah)
Sumber : Heinz Frick, 2006

2.3 Tinjauan Arsitektur Hijau

2.3.1 Green Roof

Atap hijau dapat digolongkan menjadi 2, yaitu *intensive*, *semi-intensive*, atau *ekstensive* tergantung pada kedalaman menanam medium dan jumlah pemeliharaan yang mereka perlukan. Atap hijau *intensive* adalah upaya intensifikasi taman atap atau upaya memadukan sistem bangunan dengan sistem penghijauan atap sehingga dapat diciptakan taman melayang (*sky garden*). Berbeda dengan atap hijau *ekstensive* yang hanya menghasilkan taman pasif. Atap hijau *ekstensive* adalah atap hijau yang tidak dapat digunakan sebagai sarana rekreasi dan tidak dapat diakses. Atap hijau *ekstensive* memiliki fungsi untuk mereduksi panas, menyerap air hujan dan melindungi material atap. Atap hijau jenis ini dapat digunakan pada atap datar maupun atap miring sedangkan jenis *instensive*, dengan lapisan tanah mencapai kedalaman hingga 2 meter, atap hijau ini mensyaratkan struktur bangunan khusus dan perawatan tanaman cukup rumit. Jenis tanaman tidak hanya sebatas tanaman perdu, tetapi juga pohon besar sehingga mampu menghadirkan satu kesatuan ekosistem.



Ekstensive green roof

Intensive green roof

Gambar 2.5 Perbedaan *intensive green roof* dan *ekstensive green roof*

Sumber : Lechner, 2007

Dalam penyusunan atap hijau ini perlu diperhatikan struktur penyusun atapnya. Dasar lantai yang akan dijadikan taman terlebih dahulu dilapisi dengan lapisan *water proof*. Selanjutnya baru di atas lapisan tadi diisi tanah yang akan menjadi media untuk menanam berbagai tanaman. Tujuan pelapisan *water proof* tadi supaya air dan tanah tadi tidak tembus ke lapisan beton atau dak lantai atas. Oleh karena itu, lantai tersebut terhindar dari rembesan dan kebocoran. Adapun ketinggian tanah yang diperlukan di lokasi tadi sangat bergantung dengan jenis tanaman yang akan ditanam. Bila tanamannya cukup besar, maka membutuhkan tanah lebih tinggi. Bila tanamannya berukuran kecil, maka ketinggian tanah bisa diminimalkan.

Pada dasarnya, hampir semua tanaman dapat ditanam di *roof garden*, seperti taman di atas tanah. Karena angin yang bertiup di atap sangat kencang, maka diperlukan ketelitian dalam memilih jenis tanaman. Para arsitek lansekap yang akan membuat *roof garden* harus memperhatikan arah angin dan kecepatannya lebih dulu agar tidak terjadi daerah penangkapan angin yang disebabkan oleh pohon yang ditanam secara berjajar. Selain itu, bila salah mengantisipasi arah angin, dapat mengakibatkan pohon-pohon mudah roboh. Pohon besar tetap dapat digunakan dalam *roof garden*, tetapi percabangannya harus dikendalikan dengan membuang cabang-cabang yang terlalu melebar, agar percabangan itu tidak dapat menahan angin. *Stager* juga dapat digunakan agar pohon tidak roboh. Tidak hanya pohon, tanaman perdu, semak dan rumput dapat

memperindah taman yang dibuat. Sebelum membuat taman, rencanakan dan pilih jenis tanaman yang akan ditanam.

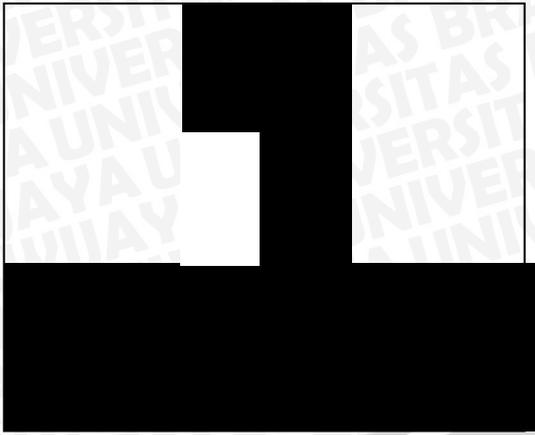
Namun demikian upaya untuk mencapai satu konsep “*green*” tidak hanya melalui pemakaian sistem yang alami, tetapi juga melalui upaya penghematan yang dalam hal ini penghematan energi. Penelitian menunjukkan gedung satu tingkat dengan atap rumput medium yang tumbuh setinggi 10 cm akan menghasilkan penurunan 25% kebutuhan pendinginan di musim panas (Lim, 2007). Selain itu atap hijau juga dapat menjadi insulasi suara dan getaran yang mendukung keberadaan fungsi studio.

Atap hijau dapat memperbaiki kualitas udara dan dapat menyerap karbondioksida. Setiap satu meter persegi rumput atap dapat menghilangkan sekitar 0,2 kg partikel udara dalam kurun waktu satu tahun. Manfaat atap hijau bukan hanya sebatas peningkatan nilai estetika dan penghematan energi, pengurangan gas rumah kaca, peningkatan kesehatan, pemanfaatan air hujan, serta penurunan insulasi panas, suara dan getaran, tetapi juga penyediaan wahana titik temu arsitektur dengan jaringan biotop lokal. Perannya sebagai “batu loncatan” menjembatani bangunan dengan habitat alam yang lebih luas seperti taman kota atau area hijau kota lainnya.

2.3.2. Peneduh

Kebutuhan akan peneduh kelihatannya bertolak belakang dengan kebutuhan akan penerangan sinar matahari. Untungnya, energi sinar matahari yang masuk ke dalam bangunan dengan terkendali, dapat menyediakan penerangan berkualitas tinggi dan mengurangi tingkat panas. Hal ini dicapai dengan membiarkan cahaya masuk secukupnya saja sehingga penerangan buatan dapat dimatikan.

Ketika tidak digunakan sebagai penerangan alami, radiasi matahari harus dihalangi selama periode kelebihan panas dalam setahun. Penduduk di bagian utara akan mengalami periode pemanasan berlebihan yang terjadi hanya selama beberapa bulan lamanya. Penduduk yang sama di selatan atau sebuah gedung kantor besar di utara bisa mengalami masa-masa pemanasan berlebihan yang dua atau tiga kali lebih lama. Maka, periode kebutuhan peneduh suatu bangunan tergantung pada iklim dan juga kondisi alamiah bangunan itu sendiri. Perangkat peneduh ideal akan menghalangi radiasi sinar matahari secara maksimum, tetapi tetap membiarkan pemandangan serta udara melewati jendela. Bangunan yang berdekatan, pohon, dan lahan buatan semuanya dapat menghasilkan peneduh yang besar.

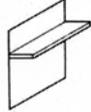
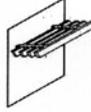
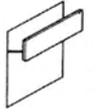


Gambar 2.6 Matahari dengan mudahnya dapat mengepung *overhang* dengan lebar yang sama dengan jendela
 Sumber : Lechner, 2007



Gambar 2.7 Jendela yang tersusun segaris akan dapat mempergunakan *overhang* secara efisien
 Sumber : Lechner, 2007

Tabel 2.1 Contoh Alat Peneduh

Gambar Peneduh	Keterangan Nama	Orientasi yang Terbaik	Komentar
I 	Overhang Panel horizontal	Selatan, Barat, Timur	Menangkap udara panas Dapat dibebani oleh salju dan angin
II 	Overhang Louvers horizontal pada bidang horizontal	Selatan, Barat, Timur	Pergerakan udara bebas Beban salju atau angin kecil Berskala kecil Pilihan terbaik untuk dibeli!
III 	Overhang Louvers horizontal pada bidang vertikal	Selatan, Barat, Timur	Memperkecil panjang Overhang Pandangan terbatas Juga tersedia dengan louver miniatur
IV 	Overhang Panel vertikal	Selatan, Barat, Timur	Pergerakan udara bebas Tanpa beban salju Pandangan terbatas



Rancangan peneduh untuk jendela bagian selatan

Karena sirip vertikal tidak tepat digunakan pada fasade bagian selatan, langkah pertama adalah memutuskan apakah *overhang* horizontal permanen atau yang dapat bergerak yang akan digunakan. Aturan untuk strategi pemakaian peneduh di bagian selatan adalah sebagai berikut :

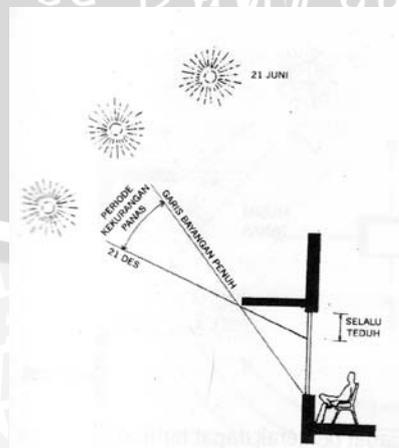
1. Jika peneduh merupakan perhatian utama dan pemanasan pasif tidak dibutuhkan, *overhang* permanen yang sebaiknya digunakan.
2. Jika baik pemanasan pasif maupun peneduh sama pentingnya (periode panas berlebihan dan kekurangan panas yang panjang), sebaiknya digunakan *overhang* yang dapat bergerak.

Ukuran, sudut pandang, dan lokasi perangkat peneduh bisa dipilih berdasarkan beberapa metode yang berbeda. Penggunaan model fisik merupakan yang paling kuat, fleksibel dan informatif.



Gambar 2.8 (a) “Garis bayangan penuh” menentukan panjang *overhang* yang dibutuhkan sebagai peneduh pada masa periode panas berlebihan. (b) *Overhang* tetap yang diletakkan dengan posisi yang cukup tinggi pada dinding tidak cocok pada iklim yang lembap

Sumber : Lechner, 2007



Gambar 2.9 Sebuah *overhang* tetap dirancang sebagai peneduh jendela sepanjang periode panas berlebihan juga akan menjadi peneduh terhadap sebagian jendela pada masa periode kekurangan panas

Sumber : Lechner, 2007

Prosedur untuk merancang overhang bagian selatan

1. Tentukan daerah iklim bangunan.
2. Tentukan sudut “A” dari table 9.8 A untuk bangunan dominasi internal dan dari table 9.8B untuk bangunan *dominasi envelope*.
3. Pada potongan jendela tariklah “garis bayangan utuh” dari ambang jendela.
4. Setiap *overhang* yang lebih pendek akan tetap berguna, bahkan jika mereka hanya sedikit memberikan perlindungan selama periode panas berlebihan.



Gambar 2.10 (a) “Garis bayangan penuh” menentukan proyeksi maksimum yang diperbolehkan dari sebuah *overhang* sepanjang musim dingin (b) *Overhang* tetap tidak seperti *overhang* yang dapat bergerak, tidak akan berfungsi dengan baik karena tidak dapat berada pada “garis bayangan penuh” sekaligus berada di belakang “garis sinar matahari penuh” secara bersamaan

Sumber : Lechner, 2007

Panduan rancangan *overhang* bagian selatan yang dapat bergerak

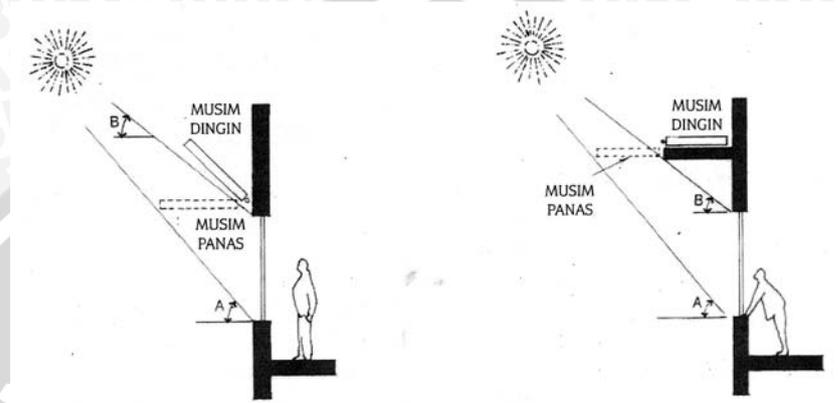
Rancangan dari *movable overhang* sama dengan rancangan untuk *overhang* permanen untuk periode panas dalam setahun. Namun, agar pemanasan pasif sinar matahari dapat efektif, *overhang* harus dipendekkan untuk menghindari keteduhan pada jendela saat periode kekurangan panas.

Untuk memastikan jendela mendapat sinar matahari sepenuhnya selama periode kekurangan panas (musim dingin), dua titik harus ditekankan. Pertama adalah menentukan pada saat mana dalam setahun *overhang* harus diundurkan, dan yang kedua adalah untuk menentukan seberapa jauh benda tersebut diundurkan.

Sudut matahari pada saat akhir periode kekurangan panas (musim dingin) menentukan “garis matahari utuh”. Karena kedudukan matahari yang lebih rendah posisinya dibanding selama sisa masa musim dingin, segala jenis *overhang* pada garis ini tidak akan menghalangi matahari ketika diperlukan.

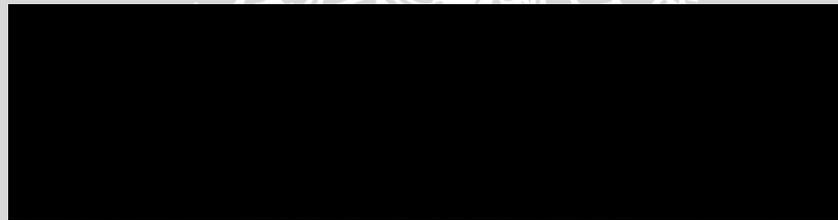
Peneduh untuk jendela bagian timur dan bagian barat

Pada orientasi timur dan barat, tidak memungkinkan untuk menghalangi matahari musim panas dengan *overhang* permanen. Karena hanya sedikit panas yang bisa diharapkan diperoleh dari jendela timur dan barat saat musim dingin, perangkat peneduh pada orientasi tersebut dapat dirancang berdasarkan kebutuhan musim panas.



Gambar 2.11 Alternatif *overhang* yang dapat bergerak dapat terlihat baik pada posisi untuk musim dingin (kekurangan panas) maupun musim panas (panas berlebihan)

Sumber : Lechner, 2007



Gambar 2.12 *Overhang* yang berukuran 33-kaki ini diperlukan untuk memberi ruangan sebuah jendela dengan ukuran 4-kaki untuk 21 Agustus pada jam 18:00 pada 36N latitude menggambarkan kesia-siaan usaha untuk menaungi jendela bagian barat dan timur sepenuhnya dengan *overhang* horizontal

Sumber : Lechner, 2007

Tidak ada perangkat peneduh yang dapat secara utuh melindungi jendela timur atau jendela barat dan sekaligus membiarkan pemandangan bagus karena kedudukan matahari yang rendah akan menjadi bagian dari pemandangan tersebut. Sirip vertikal sering kali ditampilkan sebagai pilihan perangkat peneduh pada bagian timur dan barat. Sirip vertikal dapat tepat digunakan baik ketika ada keinginan untuk mengatur arah pandangan, misalnya sirip miring yang menghadap timur laut untuk menghalangi pandangan ke arah barat dan barat daya ataupun ketika pandangan tidaklah penting. Dalam kasus ini, sirip dapat dimiringkan baik ke arah selatan untuk mendapatkan lebih banyak matahari musim dingin atau ke utara untuk lebih banyak mendapatkan cahaya siang yang lebih dingin atau keduanya jika sirip tersebut bisa digerakkan.

Gambar 2.13 Denah ini memperlihatkan pergerakan matahari pada sudut azimuthnya pada waktu yang berbeda dalam satu tahun, mulai dari matahari terbit hingga terbenam
 Sumber : Lechner, 2007

Gambar 2.14 Sebuah denah sirip vertikal di sebuah fasade bagian timur berarti menggambarkan bagaimana penetrasi matahari dapat dikurangi sengan pergerakan sirip yang saling mendekati, dengan membuatnya lebih dalam atau dengan keduanya
 Sumber : Lechner, 2007

Gambar 2.15 Sirip yang dapat bergerak pada posisi terbuka yang paling maksimum hingga sesaat cahaya matahari akan masuk. Pada saat itu sirip ini akan berputar untuk menghalangi cahaya matahari langsung (bawah)
 Sumber : Lechner, 2007

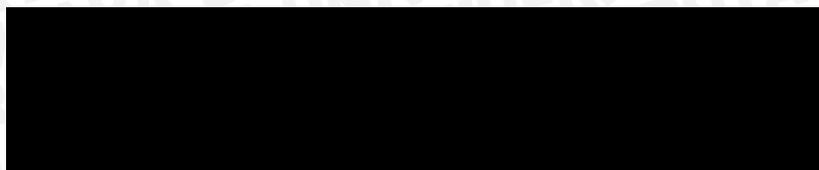
Keuntungan dari *overhang* dan sirip vertikal adalah kombinasi kedua perangkat tersebut yang saling melengkapi satu sama lain. Konsekuensinya, pada orientasi barat dan timur, bingkai atau sistem *eggcrate* merupakan sistem peneduh yang efektif. Berikut adalah peraturan untuk jendela-jendela timur dan barat :

1. Gunakan sedikit mungkin jendela di bagian timur, terutama di bagian barat.
2. Hadapkan jendela di bagian timur dan barat ke arah utara atau selatan.
3. Ketika pandangan ke arah bawah dan horizontal dipentingkan, gunakan *overhang* horizontal dengan peneduh *indoor* sebagai penunjang.
4. Gunakan pepohonan, teralis tanaman, atau tanaman gantung.
5. Ketika beberapa gangguan pandangan bisa diterima, sirip vertikal dapat menjadi sebuah alternatif. Miringkan sirip ke arah barat laut jika peneduh dibutuhkan pada hampir sepanjang tahun. Miringkan sirip ke arah barat daya jika menginginkan matahari musim dingin.
6. Gunakan perangkat peneduh yang dapat bergerak untuk keteduhan dan pemandangan yang lebih baik.
7. Ketika peneduh sangat diperlukan sementara arah pandang tidak terlalu penting, gunakan sistem *eggcrate*.

2.3.3. Pendingin Pasif

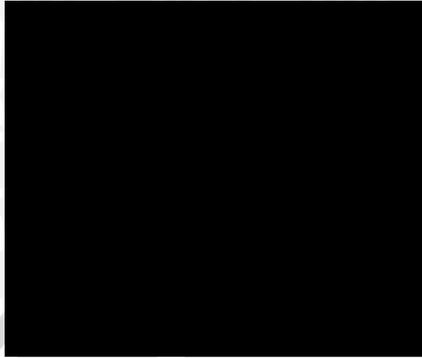
A. Orientasi jendela dan arah angin

Angin akan menghasilkan tekanan yang maksimal ketika posisinya tegak lurus terhadap permukaan dan tekanannya akan berkurang sekitar 50% ketika angin tersebut berada pada sudut yang miring sekitar 45 derajat. Namun ventilasi ruang dalam akan sering menjadi lebih baik dengan angin miring karena mereka menghasilkan turbulensi ruang dalam yang lebih besar (Gambar 2.16). Akibatnya arah angin yang berjangkauan agak luas akan berguna pada kebanyakan rancangan. Hal ini menguntungkan karena jarang tapak mempunyai tiupan angin utama dari satu arah saja. Meskipun terdapat arah yang tersebar kuat, mungkin untuk menghadapkan arah bangunan ke arah angin merupakan hal yang tidak mungkin.



Gambar 2.16 Biasanya ventilasi ruang dalam lebih baik berasal dari angin miring daripada berasal dari angin yang berlangsung karena arus angin miring akan lebih mengisi suatu kamar
Sumber : Lechner, 2007

Pada kebanyakan iklim, kebutuhan akan naungan pada musim panas dan matahari pada musim dingin disebut sebagai orientasi timur – barat suatu bangunan, dan gambar 2.17 menunjukkan jangkauan arah angin yang bekerja dengan baik pada orientasi tersebut. Meskipun ketika arah angin berada pada timur – barat, biasanya orientasi matahari merupakan prioritas karena angin bisa diubah arahnya dengan lebih mudah dibandingkan arah matahari (Gambar 2.18).



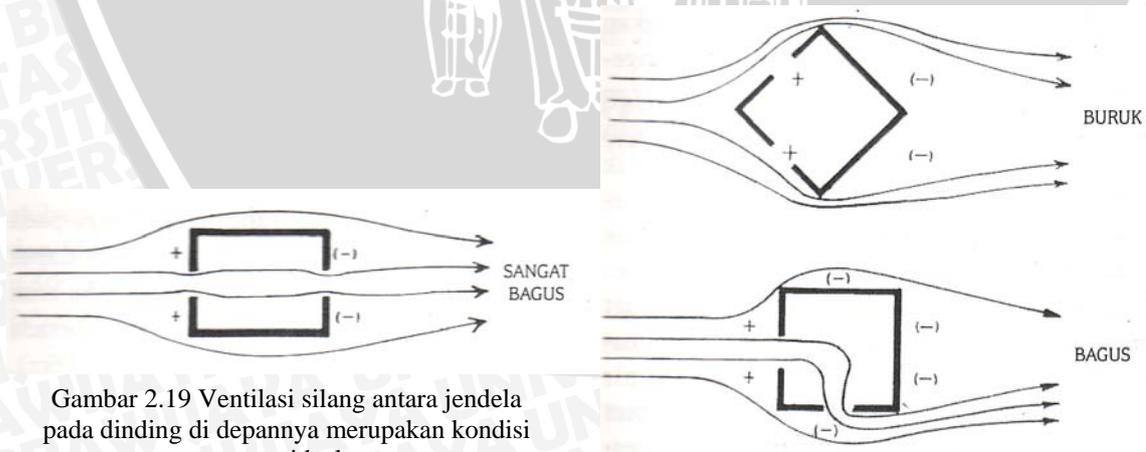
Gambar 2.17 Arah – arah angin yang dapat diterima dalam orientasi merupakan yang terbaik bagi naungan pada musim panas dan matahari musim dingin
Sumber : Lechner, 2007



Gambar 2.18 Dinding dan vegetasi untuk menangkis dapat digunakan untuk mengubah arah aliran udara sehingga orientasi matahari yang optimal akan dapat diwujudkan
Sumber : Lechner, 2007

B. Lokasi jendela

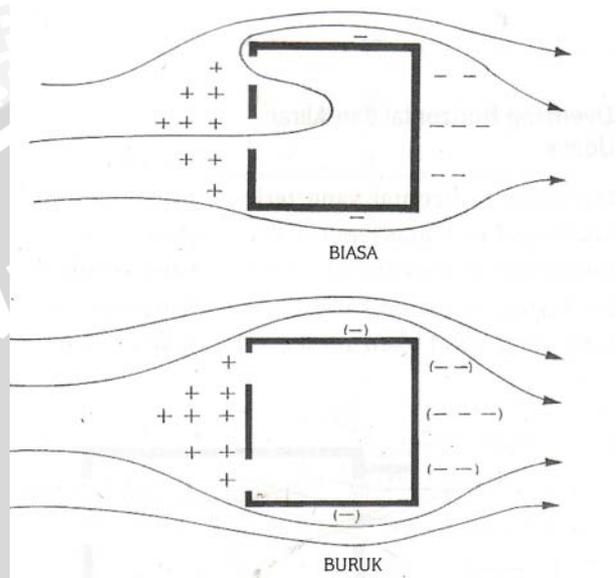
Ventilasi – silang sangat efektif karena udara mengalir dari tekanan positif yang sangat kuat ke area dengan tekanan negatif yang kuat pada dinding di depannya (Gambar 2.19). Ventilasi jendela pada dinding yang berbatasan dapat menjadi faktor yang baik, tergantung pada distribusi tekanannya yang bervariasi dengan arah angin (Gambar 2.20).



Gambar 2.19 Ventilasi silang antara jendela pada dinding di depannya merupakan kondisi yang ideal
Sumber : Lechner, 2007

Gambar 2.20 Ventilasi dari jendela yang berdekatan bisa menjadi hal yang baik dan buruk tergantung pada arah angin
Sumber : Lechner, 2007

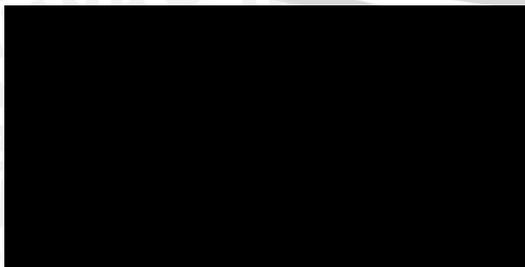
Ventilasi yang berasal dari jendela pada sebuah sisi bangunan dapat bervariasi, mulai dari yang bagus hingga yang buruk tergantung pada lokasi jendela tersebut. Karena tekanan yang lebih besar berada pada pusat dinding yang berada di arah angin bertiup dibanding ditepi – tepinya, maka akan terdapat perbedaan tekanan akibat penempatan jendela yang tidak simetris, sementara tidak akan terdapat perbedaan tekanan untuk skema yang simetris (Gambar 2.21).



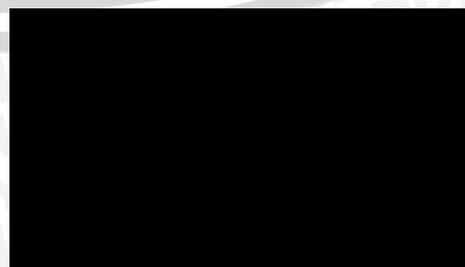
Gambar 2.21 Beberapa ventilasi dimungkinkan dalam penempatan jendela secara tidak simetris karena tekanan relatifnya lebih besar di bagian tengah dinding dari mana angin bertiup
Sumber : Lechner, 2007

C. Sirip dinding

Sirip dinding (*fin walls*) dapat meningkatkan ventilasi melalui jendela yang terpasang pada sisi sama sebuah bangunan dengan cara mengubah distribusi tekanannya (Gambar 2.22). Namun perhatikan bahwa setiap jendela harus mempunyai satu sirip saja. Lebih lanjut, sirip dinding tidak akan bekerja bila sirip tersebut ditempatkan pada sisi yang sama dari tiap jendelanya (Gambar 2.23). Sirip dinding akan bekerja sangat baik untuk angin yang menghantam dinding dari jendela dengan sudut 45 derajat. Untuk cara yang lebih hemat, jendela yang dapat dibuka dan memiliki engsel (yang dibuka dengan cara mendorong ke luar) bisa berfungsi sebagai sirip dinding.



Gambar 2.22 Sirip dinding dapat meningkatkan ventilasi secara signifikan melalui jendela di dinding yang sama
Sumber : Lechner, 2007



Gambar 2.23 Ventilasi buruk dihasilkan dari penempatan sirip dinding di sisi sama tiap jendela atau jika dua sirip digunakan di tiap jendelanya
Sumber : Lechner, 2007

Penempatan jendela pada suatu dinding tidak hanya menentukan kuantitasnya, tetapi juga awal masuknya arah angin. Penempatan jendela yang tidak ditengah – tengah memberi awal membelokkan arus angin karena tekanan yang positif lebih besar pada sisi suatu jendela (Gambar 2.24). Seseorang harus membelokkan arus – udara dalam arah yang berlawanan untuk bisa menukar udara kamar dengan yang lebih baik. Suatu sirip dinding dapat digunakan untuk mengubah keseimbangan tekanan dan mengubah arah arus – udaranya.

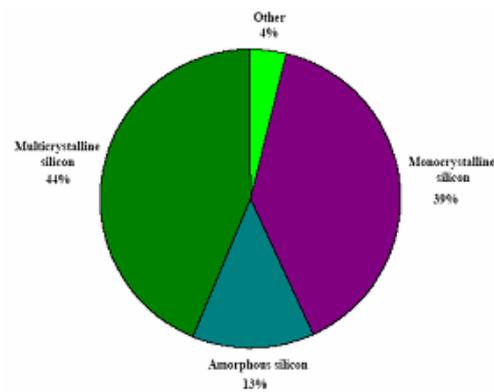


Gambar 2.24 Tekanan positif yang lebih besar pada satu sisi jendela akan menangkis arus udara pada arah yang salah. Sebagian besar kamar tetap tidak mendapat ventilasi
Sumber : Lechner, 2007

Gambar 2.25 Sirip dinding dapat digunakan untuk mengarahkan arus udara melalui bagian tengah kamar
Sumber : Lechner, 2007

2.3.4. Solar Cell (*Photovoltaic*)

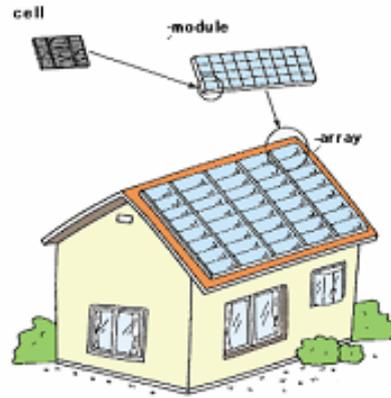
Solar Cell (Photovoltaic) adalah teknologi yang sebagai perubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Listrik tenaga matahari dibangkitkan oleh komponen yang disebut *solar cell (photovoltaic)* yang besarnya sekitar 10 ~ 15 cm persegi. Komponen ini mengkonversikan energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik. *Solar cell (photovoltaic)* merupakan komponen vital yang umumnya terbuat dari bahan semikonduktor. Seperti terlihat pada gambar 2.22 *multicrystalline silicon* adalah bahan yang paling banyak dipakai dalam industri *solar cell (photovoltaic)*. *Multicrystalline* dan *monocrystalline silicon* menghasilkan efisiensi yang relatif lebih tinggi daripada *amorphous silicon*. Sedangkan *amorphous silicon* dipakai karena biaya yang relatif lebih rendah. Selain dari bahan nonorganik diatas dipakai pula molekul-molekul organik walaupun masih dalam tahap penelitian.



Gambar 2.26 Semikonduktor yang dipakai di industri *solar cell* (*photovoltaic*)

Sebagai salah satu ukuran performansi *solar cell* (*photovoltaic*) adalah efisiensi. Yaitu prosentase perubahan energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Efisiensi dari *solar cell* (*photovoltaic*) yang sekarang diproduksi sangat bervariasi. *Monocrystalline silicon* mempunyai efisiensi 12~15 %. *Multicrystalline silicon* mempunyai efisiensi 10~13 %. *Amorphous silicon* mempunyai efisiensi 6~9 %. Tetapi dengan penemuan metode-metode baru sekarang efisiensi dari *multicrystalline silicon* dapat mencapai 16.0% sedangkan *monocrystalline* dapat mencapai lebih dari 17 %. Bahkan dalam satu konferensi pada September 2000, perusahaan Sanyo mengumumkan bahwa mereka akan memproduksi *solar cell* (*photovoltaic*) yang mempunyai efisiensi sebesar 20.7%. Ini merupakan efisiensi yang terbesar yang pernah dicapai. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh satu *solar cell* (*photovoltaic*) sangat kecil maka beberapa *solar cell* (*photovoltaic*) harus digabungkan sehingga terbentuklah satuan komponen yang disebut module. Produk yang dikeluarkan oleh industri-industri *solar cell* (*photovoltaic*) adalah dalam bentuk module ini.

Pada aplikasinya, karena tenaga listrik yang dihasilkan oleh satu module masih cukup kecil (rata-rata maksimum tenaga listrik yang dihasilkan 130 W) maka dalam pemanfaatannya beberapa module digabungkan dan terbentuklah apa yang disebut *array*. Sebagai contoh untuk menghasilkan listrik sebesar 3 kW dibutuhkan *array* seluas kira-kira 20 ~ 30 meter persegi. Secara lebih jelas lagi, dengan memakai module produksi Sharp yang bernomor seri NE-J130A yang mempunyai efisiensi 15.3% diperlukan luas 23.1 m² untuk menghasilkan listrik sebesar 3.00 kW. Besarnya kapasitas PLTS yang ingin dipasang menambah luas area pemasangan. Untuk lebih jelasnya hirarki module dapat dilihat pada Gambar 2.27.

Gambar 2.27 Hirarki module (*cell-module-array*)

Beberapa contoh modul yang diproduksi oleh perusahaan Jepang dapat dilihat dalam Tabel 2.2 untuk *multicrystalline* dan Tabel 2.3 untuk *monocrystalline*. Dalam kedua tabel ini, opt.voltage adalah tegangan optimal untuk menghasilkan power yang maksimum.

Maker	Type	Max.p ower (W)	Opt.vol tage (V)	Ukuran (mm)
Kyocera	R421-1	145	19.9	1120×997 • 86
	R841-1	90	39	802×997 • 86
Sharp	NE-J130 A	130	26.7	802×1200 • 46
	NE-H12 5A	125	26.0	802×1200 • 46
Matsushita Elect.	MD-P12 5	125	26.0	1210×812 • 20
Mitsubishi Elect.	PV-MR 101	126	19.2	1275×850 ×19

Tabel 2.2 *Multicrystalline module*

Industri	Type	Max.p ower (W)	Opt.v oltage (V)	Ukuran (mm)
Showa-S hell	GT17 2	111	34.8	982×896 • 85
	SP75	75	17	1200× 527• 84
Sharp	NH-H 140A	140	27.5	802×1200 • 46
	NT-J1 36A	136	26.9	802×1200 • 46
Daido Hokusan	H-120 20	121	36.0	1000×922 • 85
	H-741 0	74	22.0	1185×435 • 85

Tabel 2.3 *Monocrystalline module*

Contoh *array* yang dipasang di atap rumah dapat dilihat pada Gambar 2.28. Sistem ini menghasilkan listrik sebesar 4.00 kW. Sedangkan jenis bahan yang dipakai adalah *multicrystalline silicon*.



Gambar 2.28 Contoh Sistem pembangkit listrik tenaga surya

2.4. Analisis Parameter Arsitektur Hijau

Analisis parameter arsitektur hijau diperlukan untuk menjawab rumusan masalah yang telah disusun. Parameter tersebut didapatkan dari analisa peneliti terhadap tinjauan pustaka yang telah dikumpulkan dan diolah sebelumnya. Parameter arsitektur hijau diperoleh dari *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*, *Green Building Index (GBI)*, Jurnal-jurnal yang terdapat dalam lokakarya PHK A3 tahun 2007 yaitu diantaranya jurnal yang disusun oleh Ir. Jimmy Priatman, M. Arch., IAI dari UK Petra Surabaya, Prof. DR. Ir. R. M. Soegijanto dari Institut Teknologi Bandung, dan Prof. Ir. Tri Harso Karyono, MA.

2.4.1. *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*

LEED merupakan sistem rating yang dikembangkan oleh *US Green Building Council* dan diakui oleh internasional, disusun oleh berbagai arsitek dari seluruh dunia. Berikut kriteria-kriteria yang harus dipenuhi agar bangunan tersebut tergolong desain bangunan yang hijau (*Green Building*).



Tabel 2.4. Kriteria bangunan hijau oleh LEED

No.	Parameter Arsitektur Hijau	Strategi Desain
SUSTAINABLE SITES		
1.	Mengurangi polusi dari aktivitas pelaksanaan konstruksi dengan cara mengontrol erosi tanah, sedimentasi aliran air dan polusi udara yang ditimbulkan oleh debu dari aktivitas konstruksi.	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan material/bahan bangunan <i>precast</i>. - Tidak membangun basemen. - Mengurangi jumlah lantai agar beban untuk konstruksi menjadi berkurang sehingga jenis pondasi yang dipakai tidak dimensinya tidak terlalu panjang dan besar.
2.	Mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh bangunan yang akan dibangun di lokasi tapak.	<ul style="list-style-type: none"> - Prosentase lahan terbangun diusahakan lebih kecil dari ruang luar. - Tidak membangun basemen.
3.	Memperhatikan hubungan antara bangunan yang akan dibangun di lokasi tapak dengan infrastruktur yang ada di sekitar lingkungan tapak, melindungi jalur hijau, dan menjaga sumber daya alam sekitar tapak.	<ul style="list-style-type: none"> - Jika ada vegetasi yang menunjang seperti vegetasi yang memiliki habitus pohon, maka dapat dipertimbangkan kembali untuk dijadikan sebagai peneduh alami penyaring suara.
4.	Menyediakan alternatif aksesibilitas transportasi publik untuk mengurangi polusi dan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh penggunaan kendaraan bermotor.	REKOMENDASI:
5.	Menyediakan sarana dan prasarana bagi pengguna sepeda.	<ul style="list-style-type: none"> - Menyediakan halte bus. - Menyediakan <i>monorail station</i>. - Menyediakan tempat parkir sepeda. Tempat parkir sepeda diletakkan pada akses yang paling mudah. - Menyediakan tempat parkir <i>low emission vehicle</i>.
6.	Menyediakan sarana dan prasarana bagi pengguna kendaraan dengan emisi rendah dan hemat bahan bakar.	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat gedung parkir yang optimal seperti tidak melebihi lantai untuk parkir.
7.	Menyediakan kapasitas parkir yang mencukupi tetapi tidak melebihi kebutuhan minimum zonifikasi yang telah ditetapkan.	<ul style="list-style-type: none"> - Jumlah ruang luar tidak hanya dijadikan sebagai tempat parkir.
8.	Melindungi habitat alami di lingkungan tapak, sebagai suatu tindakan untuk melindungi dari kerusakan alam.	<ul style="list-style-type: none"> - Memperhatikan potensi alam yang dapat digunakan sebagai penunjang bangunan seperti vegetasi untuk peneduh alami.
9.	Memaksimalkan ruang terbuka.	<ul style="list-style-type: none"> - Prosentase lahan terbangun diusahakan lebih kecil dari ruang luar.
10.	Memaksimalkan desain irigasi baik untuk keperluan tapak maupun bangunan.	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak membangun basemen. - Memaksimalkan <i>sewage treatment system</i>, sehingga air yang sudah diolah dapat digunakan kembali untuk keperluan landscape.
11.	Mengurangi panas pada bangunan maupun lingkungan sekitar (<i>heat island effect</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Grey water system for landscape</i>.
12.	Meminimalisir penggunaan cahaya yang berlebihan.	<ul style="list-style-type: none"> - Meminimalisasi penggunaan material kaca. - Meminimalisasi penggunaan material <i>metal cladding</i>. - Menggunakan lampu – lampu yang hemat energi.
EFISIENSI PENGGUNAAN AIR		
1.	Mengurangi penggunaan air bersih (air yang digunakan untuk	<ul style="list-style-type: none"> - Memaksimalkan <i>Grey water system</i> untuk landscape dengan

rumah tangga) baik dari sumur (air tanah) maupun air dari suplai pemerintah (PDAM) untuk irigasi lansekap.

2. Mengurangi penggunaan air bersih (air minum) yang digunakan untuk pembuangan dalam bangunan (*water closets, urinal*) minimal 50% dengan cara membuat inovasi dalam mengolah air buangan dari air hujan maupun air kotor (*grey water*) yang dihasilkan oleh bangunan.
3. Memaksimalkan penggunaan air dalam bangunan secara efisien.

memanfaatkan air hujan.

- Memaksimalkan *sewage treatment system*.
- Memaksimalkan *Grey water system* untuk landscape dengan memanfaatkan air hujan.
- Memaksimalkan *sewage treatment system*.
- Memaksimalkan *Grey water system* untuk landscape dengan memanfaatkan air hujan.
- Memaksimalkan *sewage treatment system*.

ENERGI DAN ATMOSFER

1. Mengoptimalkan penggunaan energi dalam bangunan dan lingkungan sekitar.
2. Mengurangi penggunaan bahan pendingin (*refrigerant*) sebagai upaya untuk mengurangi penipisan lapisan ozon yang memiliki pengaruh terhadap perubahan iklim di bumi.
3. Menetapkan perhitungan konsumsi energi secara berkala.
4. Mengembangkan sumber daya energi yang dapat diperbarui kembali untuk menyediakan setidaknya 35% kebutuhan listrik bangunan.

- Menghemat penggunaan listrik, air, dan sebagainya.

- Meminimalisasi penggunaan penghawaan buatan (artifisial) seperti AC dengan memaksimalkan penghawaan alami.

REKOMENDASI

- Menggunakan teknologi *photo voltaic*.

MATERIAL DAN SUMBER DAYA

1. Mengolah sampah konstruksi dari aktivitas proses pelaksanaan konstruksi menjadi material yang dapat digunakan kembali.
2. Memaksimalkan penggunaan material (material-material yang dapat digunakan kembali) untuk mengurangi permintaan terhadap material utuh dan mengurangi sampah.
3. Menggunakan material atau produk-produk bangunan daur ulang. Langkah ini sebagai upaya untuk mengurangi dampak dari hasil pemrosesan atau pengambilan material utuh dari sumbernya.
4. Menggunakan material-material bangunan yang letaknya tidak jauh dari sumbernya, sehingga meningkatkan penggunaan material dalam negeri dan mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses transportasi.

REKOMENDASI:

- Reruntuhan semen hasil plesteran digunakan kembali untuk campuran selanjutnya.
- Batu – batu yang tidak terpakai digunakan untuk urugan tanah.

REKOMENDASI:

- Reruntuhan semen hasil plesteran digunakan kembali untuk campuran selanjutnya.
- Batu – batu yang tidak terpakai digunakan untuk urugan tanah.
- Menggunakan bahan – bahan daur ulang untuk keperluan interior seperti partisi – partisi pemisah ruangan.

REKOMENDASI:

- Mengambil material lokal. Contohnya memesan kolom maupun balok *precast* ke Wika yang letaknya di Porong, Sidoarjo. Lokasi tapak-Porong = 30 km.

KUALITAS RUANG DALAM

1. Memasang indikator/sensor sistem ventilasi, mendeteksi udara

- Memasang termostat pada bukaan – bukaan alami seperti

yang tidak diinginkan oleh penghuni, sehingga kenyamanan dan kesejahteraan penghuni tetap terjaga.

2. Memaksimalkan bukaan (ventilasi) untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan, sehingga meningkatkan kenyamanan, kesejahteraan dan produktivitas penghuni.
3. Mengurangi pemakaian material-material yang berpotensi membahayakan penghuni, contohnya seperti material *adhesive*, perekat, cat atau pelapis/pelindung cat (*coating*) yang menghasilkan bau yang menyengat, produk-produk kayu komposit dan fiber yang mengandung resin.
4. Meminimalisir dan mengontrol polusi (udara dan bahan kimia) dalam ruangan.
5. Membuat sistem kontrol pencahayaan dalam ruangan
6. Membuat sistem kontrol dalam mewujudkan kenyamanan suhu dalam ruangan.
7. Memberikan konektivitas antara penghuni yang berada dalam ruangan (*indoor*) dengan ruang luar/lingkungan sekitar (*outdoor*).

jendela dan sebagainya.

- Merancang dimensi bukaan yang efektif pada ruang tempat tinggal.
- Pemilihan materil/bahan bangunan untuk interior, seperti partisi kayu, cat yang tidak menimbulkan bau yang menyengat.
- Memasang termostat pada bukaan – bukaan alami seperti jendela dan sebagainya.
- Merancang dimensi bukaan yang efektif pada ruang tempat tinggal.
- Membuat *green roof/vertical garden* sebagai penyaring polusi udara.
- *Dimming Control* dengan sensor.
- Merancang desain bukaan yang optimal terhadap masuknya cahaya karena cahaya mempengaruhi suhu di dalam ruangan.
- Merancang bukaan alami yang lebar.
- Membuat *green roof* atau *vertical garden* pada ruang luar.

2.4.2. Green Building Index (GBI)

Green Building Index (GBI) merupakan sistem rating yang serupa dengan LEED yaitu untuk mengetahui atau menguji seberapa hijau bangunan tersebut. GBI merupakan sistem rating yang dikembangkan oleh Malaysia yang dirancang khusus untuk iklim di Malaysia yaitu iklim tropis, sehingga GBI dapat dijadikan parameter arsitektur hijau yang baik yang sesuai dengan iklim yang sama di Indonesia yaitu iklim tropis. Berikut ini adalah kriteria untuk mewujudkan bangunan hijau (*Green Building*) yang dibuat oleh GBI.

Tabel 2.5. Kriteria bangunan hijau oleh GBI

NO.	KRITERIA	KETERANGAN
1	EE	ENERGY EFFICIENCY
	EE1	Minimum EE Performance
	EE2	Renewable Energy
	EE3	Advanced EE Performance based on OTTV & RTTV
	EE4	Home Office & Connectivity
2	EE5	Sustainable Maintenance
	EQ	INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY
	Air Quality, Lighting, visual & Acoustic comfort	
	EQ1	Minimum IAQ Performance
	EQ2	Daylighting
	EQ3	Sound Insulation
	EQ4	Good Quality Construction
	EQ5	Volatile Organic Compounds
	EQ6	Formaldehyde Minimisation
	Verification	
EQ7	Post Occupancy Evaluation: Verification	
3	SM	SUSTAINABLE SITE PLANNING & MANAGEMENT
	Site planning & Transport	
	SM1	Site Selection
	SM2	Public Transportation Access
	SM3	Community Services & Connectivity
	SM4	Open Spaces, Landscaping & Heat Island Effect
	Site & construction management	
	SM5	Construction System & Site Management
	SM6	Stormwater Management
	SM7	Re-development of Existing Sites & Brownfield Re-development
4	SM8	Avoiding Enviromentally Sensitive Areas
	SM9	Building User Manual
	MR	MATERIALS & RESOURCES
	Reused & Recycled materials	
	MR1	Storage & Collection of recyclables
	MR2	Materials Reuse and Selection
	MR3	Construction Waste Management
5	Sustainable Resources	
	MR4	Recycled Content Materials
	MR5	Regional Materials
	MR6	Sustainable Timber
	WE	WATER EFFICIENCY
	Water Harvesting & Recycling	

WE1	Rainwater Harvesting
WE2	Water Recycling
Increased Efficiency	
WE3	Water Efficient Landscaping
WE4	Water Efficient Fittings
IN	INNOVATION
6	IN1 Innovation in Design & Environmental Design Initiatives
	IN2 Green Building Index Facilitator (GBIF)

2.4.3. Proceeding Lokakarya PHK A3 tahun 2007

Proceeding tersebut memuat kumpulan jurnal yang membahas tentang rumah susun hemat energi. Isi jurnal tersebut rata-rata membahas tentang strategi-strategi desain dalam mewujudkan bangunan rumah susun yang hemat energi. Strategi desain tersebut dapat digunakan untuk menunjang dan melengkapi parameter arsitektur hijau. Jurnal yang menjadi acuan untuk merancang strategi desain bangunan hijau antara lain jurnal milik Ir. Jimmy Priatman, M. Arch., IAI, Prof. DR. Ir. R. M. Soegijanto, dan Prof. Ir. Tri Harso Karyono, MA.

1. Ir. Jimmy Priatman, M. Arch., IAI

Menurut Ir. Jimmy Priatman, M. Arch., IAI, dalam Proceeding Lokakarya PHK A3 tahun 2007, Universitas Katolik Parahyangan Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur, beliau merumuskan beberapa parameter desain rumah susun hemat energi yaitu sebagai berikut:

3. Sasaran pendinginan

f. Site planning

- Maksimasi pembayangan melalui pemanfaatan kontur tanah, bangunan, vegetasi lingkungan.
- Maksimasi arah dan kecepatan angin melalui pemanfaatan kontur tanah, bangunan, vegetasi.

g. Massa bangunan

- Minimasi rasio permukaan eksterior massa terhadap volume massa (*surface to Volume Ratio*).
- Optimasi rasio panjang dan lebar massa yang paling sedikit menerima panas matahari (*Length to Width Ratio*).
- Minimasi perolehan radiasi panas karena orientasi massa.

h. Selubung bangunan

- Minimasi ratio kaca dan dinding (WWR kecil).
 - Optimasi orientasi dinding/kaca.
 - Optimasi alat pembayaran.
- i. Pembukaan bangunan
- Optimasi ratio pembukaan udara masuk terhadap pembukaan udara keluar (*outlet to inlet ratio*).
 - Optimasi ventilasi alami melalui minimal dua pembukaan pada dinding berbeda.
 - Maksimasi ventilasi alami melalui posisi dan dimensi pembukaan.
 - Maksimasi penerangan alami melalui posisi dan dimensi jendela kaca.
- j. Material bangunan
- Maksimasi tahanan termal material dinding/kaca (nilai U rendah).
 - Optimasi transmisi cahaya material kaca (nilai transmisi tinggi).
 - Minimasi transmisi panas material kaca (nilai SC rendah).
4. Sasaran penurunan kelembaban
- c. Massa bangunan
- Elevasi bangunan (tidak kontak langsung dengan tanah).
- d. Material bangunan
- Minimasi material berpori/bertekstur kasar.

Strategi penurunan kelembaban tidak dapat mengandalkan pengaturan elemen bangunan mengingat iklim di Indonesia yang panas lembab (temperatur dan kelembaban tinggi). Analisis psikrometrik dari Milne dan Givoni membuktikan hal tersebut. Satu – satunya cara adalah dengan pemanfaatan peralatan mekanis baik *dehumidifier* (reduksi kelembaban) maupun *air conditioning* (tata udara) yang akan menentukan seberapa besar penggunaan energi bangunan. Dalam konteks rumah susun hemat energi (menggunakan AC), sasaran penghematan energi akan bertumpu pada strategi minimasi beban pendinginan (tanggung jawab arsitek) dan efisiensi peralatan (tanggung jawab insinyur).

2. Prof. Dr. Ir. R. M. Soegijanto

Menurut Prof. Dr. Ir. R. M. Soegijanto, dosen program studi teknik fisika fakultas teknologi industri Institut Teknologi Bandung, dalam Proceeding Lokakarya PHK A3 tahun 2007, Universitas Katolik Parahyangan Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur, beliau menyebutkan bahwa pada saat ini di kota – kota besar di Indonesia

sudah mulai banyak dibangun bangunan bertingkat yang memanfaatkan ventilasi alami untuk seluruh (misalnya rumah susun sederhana) atau sebagian bangunan (misalnya kampus bertingkat, apartemen).

Karena makin tinggi diatas permukaan tanah makin besar kecepatan angin, maka kecepatan udara yang masuk ke dalam bangunan juga semakin besar. Hal ini akan dapat menimbulkan ketidaknyamanan bahkan dapat mengganggu kesehatan penghuni ruangan dan gangguan pada pekerjaan karena benda – benda yang ringan akan terbawa angin.

Dari penelitian pada bangunan bertingkat di Jakarta, kecepatan angin pada jendela mulai lantai tiga dapat mencapai lebih dari 2 m/detik. Sehingga mulai dari lantai tiga, bukaan ventilasi harus dirancang supaya dapat membelokkan arah angin dan tidak langsung mengenai penghuni, serta mengurangi kecepatannya.

Usaha pengendalian kecepatan udara yang masuk melalui bukaan yang mungkin dilakukan diantaranya adalah meletakkannya pada bagian atas dari dinding di atas jendela. Bukaan ini ditutup dengan sirip – sirip yang kuat dan tidak mudah bergetar kalau terkena angin yang kuat. Bukaan ini harus dilindungi di depannya, misalnya dengan alat peneduh sehingga angin tidak langsung masuk ke dalam bukaan.

Berdasarkan sumber yang sama, juga disebutkan bahwa radiasi matahari akan diterima oleh permukaan selubung bangunan, baik yang tembus cahaya maupun tidak. Untuk permukaan yang tidak tembus cahaya, digunakan konsep temperatur sol – air yang besarnya dipengaruhi oleh faktor – faktor yang berada dalam kedali perancangan bangunan. Faktor – faktor tersebut adalah bahan dan warna dari permukaan selubung bangunan serta radiasi matahari yang diterima oleh permukaan tersebut. Untuk permukaan yang tembus cahaya, radiasi matahari yang diteruskan oleh permukaan ini, misalnya jendela kaca, akan memberikan perolehan panas yang lebih besar.

Pengurangan perolehan panas dari radiasi matahari melalui jendela yang dapat dilakukan adalah:

- Pemilihan orientasi bangunan dan orientasi jendela, serta ukuran jendela,
- Penggunaan kaca khusus,
- Penggunaan alat peneduh radiasi matahari.

Penggunaan tirai di dalam ruangan adalah tidak efektif, karena radiasi matahari sudah terlanjur masuk ke dalam ruangan.

3. Prof. Ir. Tri Harso Karyono, MA

Rekomendasi desain rumah susun tropis hemat energi oleh Prof. Ir. Tri Harso Karyono, MA menyebutkan bahwa prinsip utama menurunkan suhu (panas) di dalam

rumah adalah mengurangi ‘perolehan panas’ (*heat gain*) radiasi matahari yang jatuh mengenai bangunan. Pengurangan radiasi matahari ini dapat melalui ‘pembayangan’ bangunan lain di sekitarnya, atau dengan pembayangan pohon besar di sekitar rumah. Jika perolehan perolehan panas matahari dapat diminimalkan, maka suhu udara di dalam rumah akan rendah. Meskipun ini bersifat relatif, artinya jika kondisi suhu udara luar disekitar rumah sudah cukup tinggi, maka suhu udara di dalam rumah juga akan sulit mencapai suhu nyaman. Dari hasil penelitian oleh Prof. Ir. Tri Harso Karyono, MA, suhu nyaman di Jakarta dicapai antara 24,5 hingga 28,5⁰C, dengan kelembaban di bawah 70% dan aliran udara di atas 0,2 m/detik. Namun seandainya pengkondisian udara mekanis (AC) tetap harus digunakan, maka dengan memperhatikan hal – hal berikut ini diharapkan beban pendinginan AC menjadi lebih rendah, artinya kapasitas daya yang digunakan berkurang dan konsekuensinya menghemat pemakaian listrik.

8. Meminimalkan perolehan panas matahari

Hal ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, cara pertama dengan menghalangi radiasi matahari langsung pada dinding – dinding transparan yang dapat mengakibatkan terjadinya efek rumah kaca, yang berarti akan menaikkan suhu dalam bangunan. Cara kedua dengan mengurangi transmisi panas dari dinding – dinding masif yang terkena radiasi matahari langsung, dengan melakukan penyelesaian rancangan tertentu, misalnya:

- Membuat dinding lapis (berongga) yang diberi ventilasi pada rongganya.
- Menempatkan ruang – ruang *service* (tangga, *toilet*, *pantry*, gudang, dsb) pada sisi – sisi jatuhnya radiasi matahari langsung (sisi Timur dan Barat).
- Memberi ventilasi pada ruang antara atap dan langit – langit (pada bangunan rendah) agar tidak terjadi akumulasi panas pada ruang tersebut. Seandainya tidak, panas akan terkumpul pada ruang ini akan ditransmisikan ke bawahnya. Ventilasi atap ini sangat berarti untuk pencapaian suhu ruang yang rendah.

9. Orientasi bangunan utara – selatan (memanjang timur – barat)

Efek dari orientasi bangunan, ketebalan dinding dan warna dinding terhadap suhu udara di dalam bangunan diperlihatkan oleh percobaan Giboni (1998). Di kawasan sekitar equator, sisi barat – timur mendapatkan panas yang lebih tinggi dibanding sisi utara – selatan. Dalam percobaan dengan dinding warna putih, terlihat bahwa suhu udara berfluktuasi terhadap suhu udara luar. Pada siang hari umumnya suhu udara di dalam bangunan lebih tinggi dibanding suhu luar. Semakin tebal dinding, fluktuasi semakin besar, karena kondisi suhu udara di dalam

bangunan semakin stabil. Efek orientasi bangunan terhadap suhu udara di dalam bangunan juga tampak jelas. Suhu rata – rata pada sisi dinding timur – barat lebih tinggi dibanding suhu ruang pada sisi selatan. Perbedaan suhu ruang rata – rata timur – barat dengan ruang sisi selatan mencapai hampir 1°C untuk dinding tipis (10cm) dan lebih dari $1,5^{\circ}\text{C}$ untuk dinding tebal (20cm).

Untuk dinding warna abu – abu, pengaruh orientasi dan ketebalan dinding terhadap perbedaan suhu lebih jelas terlihat. Untuk ketebalan dinding terhadap perbedaan suhu lebih jelas terlihat. Untuk ketebalan dinding 10 cm suhu ruang dalam terendah hampir selalu di bawah suhu luar. Sementara itu perbedaan terbesar rata – rata antara ruang pada sisi yang berbeda dapat mencapai $7,5^{\circ}\text{C}$. Semakin tebal dinding, variasi suhu udara diberbagai waktu dan orientasi semakin rendah. Dinding tebal membuat fluktuasi suhu semakin kecil.

10. Memaksimalkan pelepasan panas bangunan

Hal ini dapat dilakukan dengan pemecahan rancangan arsitektur yang memungkinkan terjadinya aliran udara silang secara maksimum di dalam bangunan. Aliran udara sangat berpengaruh dalam menciptakan ‘efek dingin’ pada tubuh manusia, sehingga sangat membantu pencapaian kenyamanan suhu.

11. Hindari radiasi matahari memasuki bangunan atau mengenai bidang kaca

Ketika sinar matahari secara langsung menembus bidang kaca, radiasi (dalam bentuk gelombang pendek) yang dipancarkan akan memanasi (menaikkan suhu) benda – benda yang ada dalam bangunan tersebut, seperti halnya lantai, meja, kursi, manusia, serta kaca itu sendiri. Akibat pemanasan tersebut, benda – benda akan memancarkan kembali radiasinya ke udara di sekelilingnya, dalam bentuk gelombang panjang.

Karena bahan kaca umumnya tidak dapat meneruskan gelombang panjang, panas yang ditimbulkan oleh benda – benda tersebut akhirnya tidak dapat keluar dari bangunan dan terperangkap didalamnya. Hal ini mengakibatkan kenaikan suhu ruang akibat radiasi. Peristiwa ini disebut dengan ‘efek rumah kaca’ (*the green house effect*). Efek rumah kaca memanaskan ruang akibat dari pemanasan benda – benda di dalam ruang. Hal ini tidak menguntungkan bagi unit – unit rumah susun yang nantinya akan panas. Pemanasan ini sering kali diselesaikan dengan memasang mesin pendingin (AC), sehingga memerlukan energi yang seharusnya tidak perlu.

12. Manfaatkan radiasi matahari tidak langsung untuk menerangi ruang dalam bangunan

Untuk menerangi ruang pada rumah susun usahakan mengambil cahaya langit, bukan cahaya langsung matahari. Cahaya langit adalah cahaya yang dihasilkan dari cahaya *diffuse* matahari. Cahaya ini tidak memberikan efek pemanasan terhadap ruang yang diterangi. Untuk daerah di wilayah selatan Equator seperti Bandung dan Jakarta, sisi selatan bangunan tidak akan mendapatkan cahaya langsung matahari antara bulan April hingga September, sementara sisi utara tidak akan mendapatkan cahaya langsung antara bulan Oktober hingga Maret.

13. Hindari pemanasan permukaan tanah sekitar bangunan

Minimalkan penggunaan material keras (beton, aspal) untuk menutup permukaan halaman, taman atau parkir tanpa adanya peneduh. Material keras yang terkena radiasi matahari langsung akan menaikkan suhu udara di sekitar rumah dan akhirnya membuat ruangan di dalam rumah panas. Penelitian karakteristik suhu pada beberapa tipe pelapis permukaan tanah di Afrika Selatan yang dilaporkan oleh Lipsmeier (1980) dinyatakan bahwa suhu di atas permukaan rumput pendek dapat mencapai 5°C lebih rendah seandainya rumput tersebut terlindung dari sinar matahari.

14. Warna dan tekstur dinding luar bangunan

Warna terang cenderung memantulkan panas, sementara itu warna gelap menyerap lebih banyak panas. Dinding luar dan atap di daerah beriklim panas dan banyak menerima radiasi matahari lebih baik berwarna terang (misalnya putih) sehingga tidak memberikan tambahan panas ke dalam bangunan. Sementara untuk wilayah beriklim dingin, dengan suhu rata – rata rendah, warna luar permukaan bangunan (atap dan dinding) sebaiknya gelap, agar banyak panas yang diserap oleh bangunan menjadi hangat.

Beberapa bangunan di kawasan yang banyak menerima radiasi matahari, seperti kawasan Timur Tengah, serta bangunan – bangunan di kawasan pantai Karibia banyak diberi warna putih atau terang. Sementara di Inggris, dengan suhu rata – rata rendah serta minimnya radiasi matahari, bangunan cenderung berwarna gelap (kusam) agar dimungkinkan untuk menyerap banyak panas matahari. Demikian pula di daerah dataran tinggi Dieng, rumah – rumah penduduk setempat banyak di cat hitam hingga atapnya agar dapat menghangatkan ruang di dalam bangunan.

Tekstur material permukaan luar bangunan berpengaruh terhadap penyerapan radiasi panas matahari. Tekstur kasar menyerap lebih banyak panas dibanding tekstur halus. Fenomena ini perlu diketahui oleh arsitek untuk digunakan secara sadar demiantisipasi terhadap iklim setempat.

2.4.4. Parameter Arsitektur Hijau

Kesimpulan terhadap analisis parameter arsitektur hijau dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 2.6. Kesimpulan parameter arsitektur hijau

Parameter Arsitektur Hijau	Strategi Desain	Sumber	
EFISIENSI ENERGI			
1. Mengurangi penggunaan bahan pendingin (<i>refrigerant</i>) sebagai upaya untuk mengurangi penipisan lapisan ozon yang memiliki pengaruh terhadap perubahan iklim di bumi. 2. Memaksimalkan pendinginan bangunan secara alami melalui pengendalian panas oleh radiasi matahari dan pengendalian angin. 3. Menggunakan teknologi hemat energi	1. Memaksimalkan penghawaan dan penerangan alami, sehingga mengurangi pemakaian AC dan lampu.	LEED, GBI, JP, S, THS	
	2.a. Orientasi bangunan utara-selatan (memanjang timur-barat)		JP, THS
	2.b. Memaksimalkan alat pembayangan seperti overhang yang cukup lebar		
	2.c. Meminimalkan ratio kaca (bidang transparan)		
		2.d. Memanfaatkan cahaya langit untuk menerangi ruang dalam bangunan	THS
		2.e. Memanfaatkan vegetasi sebagai pereduksi panas seperti membuat <i>vertical garden</i>	
		2.f. Membuat sistem dinding ganda	
		3.a. Penggunaan kaca khusus	LEED, GBI, JP, THS
		3.b. Memasang <i>Photovoltaic</i> sebagai energi alternatif penghasil listrik	
3.c. Membuat <i>green roof</i>			
KUALITAS LINGKUNGAN RUANG DALAM			
1. Mengoptimalkan bukaan /ventilasi untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. 2. Memaksimalkan pencahayaan alami (<i>Daylighting</i>) untuk	1.a. Merancang sirip pengarah angin	S LEED, GBI, JP, THS	
	1.b. Merancang dimensi bukaan yang efektif pada ruang tempat tinggal.		
	1.c. Memaksimalkan vegetasi yaitu merancang <i>vertical garden</i>		
	2.a. Memanfaatkan cahaya langit untuk menerangi ruang dalam bangunan	THS	

- | | | |
|--|--|------------------|
| <p>meningkatkan kenyamanan visual.</p> <p>3. Mengurangi pemakaian material-material yang berpotensi membahayakan penghuni, contohnya seperti material adhesive, perekat, cat atau pelapis/pelindung cat (<i>coating</i>) yang menghasilkan bau menyengat, produk-produk kayu komposit dan fiber yang mengandung resin.</p> | <p>2.b. Merancang dimensi bukaan yang efektif pada ruang tempat tinggal.</p> | <p>JP</p> |
|--|--|------------------|

SUSTAINABLE SITE

- | | | |
|--|---|---|
| <p>1. Mengurangi polusi dari aktivitas pelaksanaan konstruksi dengan cara mengontrol erosi tanah, sedimentasi aliran air dan polusi udara maupun suara yang ditimbulkan dari aktivitas konstruksi.</p> | <p>1.a. Menggunakan material/bahan bangunan <i>precast</i></p> <p>1.b. Tidak membangun basement</p> <p>1.c. Mengurangi jumlah lantai agar beban untuk konstruksi menjadi berkurang sehingga jenis pondasi yang dipakai dimensinya tidak terlalu panjang dan besar</p> | <p>LEED,
GBI, JP</p> <p>LEED, GBI</p> |
| <p>2. Memaksimalkan desain irigasi dan drainase baik untuk keperluan tapak maupun bangunan.</p> | <p>2. Memaksimalkan <i>sewage treatment system</i>, sehingga air yang sudah diolah dapat digunakan kembali untuk keperluan lansekap</p> <p>3.a. Elevasi bangunan (tidak kontak langsung dengan tanah)</p> | <p>LEED, GBI</p> <p>LEED,
GBI, JP</p> |
| <p>3. Memaksimalkan ruang terbuka dan lansekap untuk mengurangi efek panas lingkungan (<i>Heat Island Effect</i>).</p> | <p>3.b. Membuat <i>green roof</i> sebagai pereduksi panas dan menggantikan tapak yang terbangun</p> | <p>LEED, GBI</p> |

MATERIAL DAN SUMBER DAYA

- | | | |
|---|---|--|
| <p>1. Meminimalkan produksi sampah konstruksi.</p> <p>2. Memaksimalkan penggunaan material lokal/daerah setempat</p> <p>3. Menggunakan produk-produk material ramah</p> | <p>1. Menggunakan material/bahan bangunan <i>precast</i></p> <p>2. Menggunakan material bangunan yang letaknya tidak jauh dari sumbernya (<i>regional resources</i>), sehingga meningkatkan penggunaan material daerah sekitar/lokal dan mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses</p> | <p>LEED,
GBI, JP,
THS</p> |
|---|---|--|

lingkungan.

transportasi.

3.a.Menggunakan material/bahan bangunan *precast* seperti menggunakan produk hebel dsb.

**LEED,
GBI, JP,
THS**

3.b. Menggunakan sistem *double glazing (low E dan argon)* untuk kaca

JP

EFISIENSI PENGGUNAAN AIR

1. Mengurangi penggunaan air bersih (air yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga) baik dari sumur (air tanah) maupun air dari suplai pemerintah (PDAM) untuk irigasi lansekap.

a. Memaksimalkan *sewage treatment system*, sehingga air yang sudah diolah dapat digunakan kembali untuk keperluan lansekap atau *flushing toilet*

LEED, GBI

b. Memaksimalkan *grey water system* untuk lansekap dengan memanfaatkan air hujan

LEED, GBI

2. Mengelola dengan baik air buangan (*waste water system*).

Keterangan :

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

GBI - *Green Building Index*

JP - Jimmy Priatman

S - Soegijanto

THS - Tri Harso Karyono

