

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 TEPAT GUNA LAHAN

Laju perkembangan kawasan urban semakin menggurita karena umumnya pemilihan lokasi pembangunan di Indonesia lebih mengutamakan faktor harga tanah daripada faktor lingkungan hidup dan pertimbangan keberlanjutan. Persepsi bahwa pembangunan yang menggunakan lahan baru dinilai lebih murah daripada menggunakan lokasi yang dilengkapi oleh berbagai jaringan fasilitas umum meningkatkan laju urban sprawl sehingga konversi lahan rural menjadi urban semakin tidak terelakkan. Seiring dengan pertumbuhan luasnya kawasan urban, ketersediaan ruang terbuka hijau (RTH) yang mendukung populasi penduduk justru semakin terbatas. Selain itu, gaya hidup urban menyerap banyak energi dan air serta menghasilkan CO₂ dan jejak karbon yang besar.

Saat ini, perencanaan pembangunan kawasan urban atau perkotaan di Indonesia semakin dilengkapi berbagai fasilitas, seperti jaringan dan moda transportasi, komunikasi, utilitas, serta berbagai fasilitas umum lainnya. Keterhubungan dengan semua fasilitas dan infrastruktur ini memberikan kemudahan dan fleksibilitas agar efisiensi energi dan biaya tercapai. Terciptanya efisiensi energi, terutama energi fosil, dapat mengakibatkan turunnya jejak karbon dan jejak ekologis, dan meningkatnya kualitas lingkungan hidup. Pembangunan kawasan urban yang dilakukan harus dapat menunjang keberlanjutan kawasan dan kualitas ruang secara makro, tanpa mengurangi kualitas lingkungan dan kualitas hidup manusia seperti produktivitas, kesempatan kerja, dan ekonomi masyarakat di sekitarnya. Sebaliknya, semua itu mestinya dapat meningkat. Dengan memerhatikan aspek lokasi dan lahan, diharapkan adanya upaya mengurangi pengaruh negatif keberadaan bangunan terhadap lingkungan hidup dan lingkungan sekitarnya.

2.1.1 Ruang Terbuka Hijau

Pembangunan perkotaan yang tidak terencana menyebabkan konversi lahan hijau menjadi bangunan melaju yang tak terkendali. Salah satu akibatnya adalah kualitas udara yang buruk serta tingginya konsentrasi polutan dan banjir. Kualitas udara disebabkan CO₂ sebagai hasil aktivitas manusia tidak dapat terserap oleh tanaman yang jumlahnya sedikit. Banjir terjadi karena tidak adanya daerah resapan air, yang disebabkan tertutupnya tanah oleh bangunan dan

pengerasan permukaan lahan. Untuk itu, perlu didorong adanya tindakan yang segera untuk mengatasi hal ini.

Penghijauan adalah segala upaya untuk memulihkan, memelihara, dan meningkatkan kondisi lahan, dinding, dan atap agar dapat dimanfaatkan secara optimal, baik sebagai pengatur tata air, suhu, pencemaran udara atau pelindung lingkungan. Tumbuhan yang daunnya hijau dalam ekosistem berperan sebagai produsen yang mengubah energi surya menjadi energi potensial untuk makhluk lainnya, dan mengubah CO₂ menjadi O₂ dalam proses fotosintesis. Dengan meningkatkan penghijauan berarti dapat mengurangi CO₂ atau polutan lain yang berperan dalam terjadinya efek rumah kaca atau gangguan iklim.

Fungsi penghijauan pada dinding dan atap rumah adalah:

- a Tanaman sebagai penghijauan bangunan dalam pertumbuhannya menghasilkan O₂ yang diperlukan bagi makhluk hidup untuk bernafas.
- b Sebagai pengatur lingkungan (mikro), vegetasi akan menimbulkan hawa lingkungan setempat sejuk, nyaman, dan segar.
- c Menciptakan lingkungan hidup (ekologis). Penghijauan dapat menciptakan ruang hidup makhluk hidup di alam. Penyeimbangan alam (adaptasi) merupakan pembentukan tempat-tempat hidup alam bagi satwa yang hidup disekitarnya.
- d Perlindungan (protektif) terhadap kondisi fisik alami sekitarnya (air hujan, angin kencang, dan terik matahari).
- e Keindahan (estetika). Dengan terdapatnya unsur-unsur penghijauan yang direncanakan secara baik dan menyeluruh akan menambah keindahan kota.
- f Kesehatan (hygiene), misalnya untuk terapi mata karena penghijauan mengikat gas dan debu.
- g Mengurangi kebisingan di dalam gedung, terutama pada atap bertanaman yang menambah bobot (massa) sebagai penanggulangan suara/bising.

Isi Permen PU No. 5/PRT/M/2008 Pasal 2.3.1:

- A. Kriteria Vegetasi untuk RTH Pekarangan Rumah Besar, Pekarangan Rumah Sedang, Pekarangan Rumah Kecil, Halaman Perkantoran, Pertokoan, dan Tempat Usaha Kriteria pemilihan vegetasi untuk RTH ini adalah sebagai berikut:
 - 1) memiliki nilai estetika yang menonjol;
 - 2) sistem perakaran masuk ke dalam tanah, tidak merusak konstruksi dan bangunan;

- 3) tidak beracun, tidak berduri, dahan tidak mudah patah, perakaran tidak mengganggu pondasi;
 - 4) ketinggian tanaman bervariasi, warna hijau dengan variasi warna lain seimbang;
 - 5) jenis tanaman tahunan atau musiman;
 - 6) tahan terhadap hama penyakit tanaman;
 - 7) mampu menyerap dan menyerap cemaran udara;
 - 8) sedapat mungkin merupakan tanaman yang mengundang kehadiran burung.
- B. Kriteria Vegetasi untuk Taman Atap Bangunan dan Tanaman dalam Pot
- Kriteria pemilihan vegetasi untuk RTH ini adalah sebagai berikut:
- 1) tanaman tidak berakar dalam sehingga mampu tumbuh baik dalam pot atau bak tanaman;
 - 2) relatif tahan terhadap kekurangan air;
 - 3) perakaran dan pertumbuhan batang yang tidak mengganggu struktur bangunan;
 - 4) tahan dan tumbuh baik pada temperatur lingkungan yang tinggi;
 - 5) mudah dalam pemeliharaan.

2.1.2 Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi bertujuan untuk menghindari pembangunan di area greenfields dan menghindari pembukaan lahan baru. Di beberapa tempat di negara lain, adanya pembangunan kembali di daerah bekas lahan yang sudah mengalami kerusakan yang dikenal dengan brownfield merupakan hal yang lazim digunakan. Lahan yang dimaksud dapat berupa TPA, badan air yang tercemar, dan daerah padat yang sarana dan prasarannya di bawah standar. Selain itu, salah satu akibat pembangunan perkotaan yang tidak terencana adalah meluasnya wilayah daerah belakang perkotaan (*hinterland and suburban*) yang umumnya menyerang kawasan pertanian yang berfungsi sebagai sumber pasokan makanan dan daerah penyangga. Tetapi keadaan ini berlangsung terus-menerus sehingga daerah ini makin lama makin meluas. Pada kenyataannya daerah perkotaan dapat ditingkatkan kepadatannya dengan pembangunan yang lebih vertikal dan melakukan revitalisasi lingkungan. Karena itu, perlu didorong adanya gerakan untuk mengoptimalkan lahan yang ada di perkotaan.

2.1.3 Aksesibilitas Komunitas dan Transportasi (Umum dan Alternatif)

Kondisi perkotaan Indonesia yang semakin lengkap dengan lokasi publik merupakan suatu nilai tambah yang dimiliki. Jaringan jalan yang cukup banyak, ditambah jaringan

transportasi umum yang memiliki banyak trayek, amat menunjang pertumbuhan ekonomi. Namun, aksesibilitas pejalan kaki dan sepeda bisa dibilang kurang mendapatkan perhatian. Belum lagi maraknya penerapan pembangunan aksesibilitas dan konektivitas sarana-sarana umum yang mengakibatkan kurangnya keberlanjutan kawasan sehingga berpengaruh pada produktivitas, kesempatan kerja, serta ekonomi masyarakat sekitarnya. Hal tersebut juga mengakibatkan borosnya penggunaan energi dan jejak karbon yang diakibatkan oleh pemakaian kendaraan yang tidak ramah lingkungan. Dengan adanya aksesibilitas yang baik diharapkan dapat mendorong pembangunan di tempat yang sudah memiliki jaringan konektivitas dan meningkatkan pencapaian pengguna gedung sehingga mempermudah masyarakat dalam menjalankan kegiatan sehari-hari dan menghindari penggunaan kendaraan bermotor.

2.1.4 Iklim Mikro

Tingginya laju urbanisasi yang ditandai dengan meningkatnya lahan terbangun (pemukiman dan industri) menjadi salah satu penyebab meluasnya iklim mikro pada urban heat island, yaitu bertambah luasnya area yang bersuhu tinggi atau di atas 30°C (Tursilowati, 2007). Meluasnya heat island akan menyebabkan penurunan kenyamanan kehidupan manusia. Kondisi di Indonesia yang suhu udaranya relatif panas menjadi bertambah panas sehingga manusia membutuhkan pendingin seperti AC dan kipas angin yang lebih besar. Situasi ini akhirnya akan berdampak pada pemborosan energi listrik dan polusi yang menyebabkan green house effect. Perlu dipikirkan penataan ruang yang memperhitungkan luasan dan formasi area hijau dan tingginyakepadatan penduduk. Mengingat semakin meluasnya penyebaran kawasan urban di setiap kota di Indonesia, perubahan iklim mikro di setiap kota akan berdampak pada pemanasan global. Dengan mempertimbangkan iklim mikro diharapkan dapat memperbaiki kondisi iklim mikro mencakup kenyamanan suhu, angin, dan kualitas lingkungan manusia di luar ruangan pada sekeliling bangunan sehingga memengaruhi kondisi udara di dalam ruangan.

2.2 EFISIENSI DAN KONSERVASI ENERGI

Penghematan energi atau konservasi energi adalah tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Penghematan energi dapat menyebabkan berkurangnya biaya, serta meningkatnya nilai lingkungan, keamanan

negara, keamanan pribadi, serta kenyamanan. Konsumsi energi paling besar dialokasikan pada operasional pengondisian suhu ruang dalam gedung berupa pendingin ruangan (*air conditioning/AC*), transportasi vertikal, dan penerangan. Pengoperasian sistem tersebut dengan menggunakan teknologi dan cara yang tidak efisien dan memiliki dampak yang besar pada perubahan iklim serta pemanasan global karena adanya efek rumah kaca. Untuk memerangi perubahan iklim, perlu adanya praktik-praktik baru, sejak tahap desain hingga pengoperasian gedung, sehingga efisiensi konsumsi energi dapat meningkat dan jejak karbon, potensi pemanasan global, serta potensi penipisan lapisan ozon berkurang.

2.2.1 Overall Thermal Transfer Value (OTTV) dan Selubung Bangunan

Komponen beban yang memberikan kontribusi terbesar atau cukup besar terhadap beban pendinginan perlu dicermati agar dapat dicari peluang penghematan energinya. Dengan melakukan kalkulasi OTTV dapat mendorong penyebaran arti selubung gedung yang baik untuk penghematan energi. Semakin kecil OTTV, semakin kecil panas matahari yang masuk kedalam bangunan dan menjadi beban penyejukan (*cooling load*) sehingga kerja AC semakin ringan. Berdasarkan standar Tata Cara Perancangan Konservasi Energi pada Bangunan Gedung yang dikeluarkan oleh Dept. PU, OTTV untuk dinding luar bangunan tidak boleh lebih dari 45W/m². Salah satu komponen beban adalah bahan bangunan dan beban selubung bangunan.

- a. Bahan bangunan: Identifikasi bahan bangunan akan menentukan nilai transmitansi termal yang menjadi salah satu variabel dalam perhitungan beban pendinginan.
- b. Beban selubung bangunan: OTTV atau nilai perpindahan termal menyeluruh adalah suatu nilai yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding dan kaca bagian luar bangunan gedung yang dikondisikan. Beban pendinginan yang berasal dari luar melalui selubung bangunan, misalnya untuk gedung kantor satu lantai, di Indonesia dapat mencapai 40% hingga 50% dari beban pendingin seluruhnya pada waktu terjadi beban puncak.

Rumus Untuk menghitung dinding dengan orientasi tertentu:

$$OTTV_n = \alpha \{U(1-WWR)\} \cdot \Delta T_{eq} + (SC)(WWR)(SF) \text{ W/m}^2$$

Rumus untuk menghitung OTTV rata-rata seluruh dinding luar:

$$OTTV = \frac{\{(A_1)(OTTV_1) + (A_2)(OTTV_2) + \dots + (A_n)(OTTV_n)\}}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n) \text{ W/m}^2}$$

Keterangan:

OTTV _n	Harga perpindahan panas pada dinding luar dengan orientasi tertentu.
OTTV	Harga perindahan panas seluruh dinding luar, W/m ² .
α	Absorp radiasi matahari permukaan dinding.
U	Transmitan dinding, W/m ² degC.
WWR	Window-to-wall ratio atau perbandingan antara luas jendela dan luas seluruh permukaan dinding luar pada orientasi yang sama.
ΔT_{eq}	Perbedaan suhu ekuivalen antara sisi luar dan dalam.
SF	Solar Factor atau faktor radiasi matahari, W/m ² .
SC	Shading Coefficient atau koefisien peneduh sistem fenetrasi (bukaan)
An	Luas total dinding luar dan termasuk jendela, m ² .

2.2.2 Pencahayaan

Cahaya merupakan bagian penting bagi kehidupan manusia, terutama untuk mengenali lingkungan dan menjalankan aktivitasnya. Sumber cahaya dibagi menjadi dua yaitu sumber cahaya alami (pencahayaan alami) dan sumber cahaya buatan (pencahayaan buatan).

a. Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami berasal dari matahari. Pencahayaan matahari adalah proses lengkap dalam mendesain bangunan untuk memanfaatkan cahaya alami secara maksimal. Dengan pemaksimalan penggunaan tata cahaya alami, konsumsi tata cahaya buatan dapat berkurang secara signifikan. Desain gedung yang tepat dan penuh pertimbangan dapat dengan baik mengombinasikan tata cahaya alami dan tata cahaya buatan sehingga penghematan energi yang signifikan dapat dicapai tanpa meningkatkan beban AC. Hal ini dapat dicapai dengan meminimalkan radiasi matahari langsung masuk ke dalam gedung dan mengeksploitasi cahaya langit.

b. Pencahayaan Buatan

Cahaya buatan adalah segala bentuk cahaya yang bersumber dari alat yang diciptakan manusia. Pencahayaan buatan diperlukan bila: (1) Tidak tersedia cahaya alami siang hari; saat antara matahari terbenam dan terbit, (2) Tidak tersedia cukup cahaya alami dari matahari; saat mendung, intensitas cahaya bola langit akan berkurang, (3) Cahaya alami dari matahari tidak

dapat menjangkau tempat tertentu di dalam ruangan yang jauh dari jendela, (4) Diperlukan cahaya merata pada ruang lebar, (4) Diperlukan intensitas cahaya konstan, (5) Diperlukan pencahayaan dengan warna dan arah peninaran yang mudah diatur, (6) Cahaya buatan diperlukan untuk fungsi khusus, (7) Diperlukan cahaya dengan efek khusus.

Lokasi	Daya pencahayaan maksimum (W/m ²) (termasuk rugi-rugi ballast)
Ruang Kantor	15
Auditorium	15
Rumah sakit :	
Ruang Pasien	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restauran	25
Lobi	10
Tangga	10
Ruang Parkir	5
Ruang Perkumpulan	20
Industri	20
Pintu masuk dengan kanopi :	
Lalu lintas sedang seperti rumah sakit, kantor, dan sekolah.	15
Jalan dan lapangan:	
Tempat untuk santai seperti taman.	1,0
Jalan untuk kendaraan dan pejalan kaki	1,5
Tempat parkir	2,0

Daya listrik maksimum untuk pencahayaan.

Sumber: SNI 03-6197-2000

2.2.3 Penghawaan

Ventilasi adalah proses pergantian udara di sebuah ruangan untuk mengontrol suhu atau menukar kelembapan, bau, asap, panas, debu, bakteri, CO₂, dan untuk mengisi kembali oksigen. Ventilasi meliputi penukaran udara ke luar dan juga sirkulasi udara di dalam gedung. Hal ini adalah satu dari faktor penting yang perlu ada untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan agar dapat diterima pengguna gedung dan sekaligus menekan biaya energi karena tidak mengondisikan ruangan. Daerah-daerah di Indonesia memiliki iklim yang beragam. Untuk gedung-gedung yang ada di dataran tinggi yang sejuk, ventilasi alami bisa dijadikan alternatif menarik untuk pendinginan dan kenyamanan penggunaannya. Namun, untuk daerah panas dan lembap seperti Jakarta, penggunaan ventilasi alami hampir tidak cukup sehingga diperlukan ventilasi mekanis.

a. Penghawaan Alami

Penghawaan alami / ventilasi alami adalah pergantian udara secara alami (tidak melibatkan peralatan mekanik). Ventilasi alami menawarkan ventilasi yang sehat, nyaman, tanpa memerlukan energi tambahan. Merancang ventilasi alami perlu dipikirkan syarat awal, yaitu: (1) tersedianya udara luar yang sehat (bebas dari bau, debu, dan polutan yang mengganggu), (2) suhu udara luar tidak terlalu tinggi (maksimal 28°C), (3) tidak banyak bangunan disekitar di sekitar yang akan menghalangi aliran udara horizontal (sehingga tidak angin dapat berhembus lancar), dan (4) lingkungan tidak bising. Jika persyaratan dasar terpenuhi maka ventilasi alami memiliki beberapa nilai positif, yaitu: (1) hemat energi, (2) menghubungkan iklim di dalam ruang dengan luar ruang yang menciptakan suasana alami, (3) biaya pembuatan dan perawatan relatif murah dibanding ventilasi buatan, dan (4) tidak memerlukan mesin.

Beberapa nilai negatif ventilasi alami adalah: (1) suhu tidak mudah diatur, (2) kecepatan angin tidak mudah diatur. (3) kualitas udara tidak mudah (debu, bau, dan polusi lain), (4) gangguan serangga, (5) gangguan lingkungan, (6) bukaan mungkin akan beresiko pada keamanan, (7) untuk bangunan yang bermassa gemuk maka ventilasi alami sulit menjangkau bagian tengah.

b. Penghawaan Buatan

Penghawaan buatan adalah penghawaan yang melibatkan peralatan mekanik. Penghawaan buatan sering juga disebut Pengkondisian Udara (*Air Conditioning*) yaitu proses perlakuan terhadap udara di dalam bangunan yang meliputi suhu, kelembapan, kecepatan dan arah angin, kebersihan, bau, serta distribusi untuk menciptakan kenyamanan bagi penghuninya.

Pertimbangan desain bangunan untuk menghemat energi *Air Conditioner* (AC): (1) Mengorientasikan bangunan ke utara-selatan guna meminimalkan penyerapan radiasi matahari. (2) Menata denah bangunan untuk melokalisir panas dan kelembapan. (3) Membuat skala prioritas ruang yang memakai AC. (4) Memakai bahan bangunan yang dapat menahan panas matahari masuk ke dalam ruangan sebanyak mungkin. (5) Mencegah aliran udara yang tak terkendali antara dalam dan luar ruangan. (6) Menghindari hambatan penyegaran udara sejuk. (7) Menggunakan ventilasi untuk pergantian udara. (8) Memilih AC yang memiliki label hemat energi dan ramah lingkungan.

Jenis peralatan	Kapasitas unit (Btu/jam)	Sub katagor	Effisiensi minimum (dinyatakan dengan COP)	Cara Pengetesan
Pendinginan udara	< 65.000	Sistem split	2.6	
		Sistem paket	2.5	
	≥ 65.000 < 135.000	Sistem paket	2.5	
	≥ 135.000 < 240.000	Sistem split dan paket tunggal	2.5	
	≥ 240.000 < 760.000	Sistem split dan paket tunggal	2.5	
Pendinginan air	≥ 760.000	Sistem split dan paket tunggal	2.4	
	< 65.000	----	2.73	
	≥ 65.000 < 135.000	----	3.08	
	≥ 135.000 < 240.000	----	2.81	
	≥ 240.000	----	2.81	

CATATAN

1 Btu/jam = 0.2931 W/jam = 0.252 kKal/jam

1 TR = 12000 Btu/jam = 3517.2 W

COP = Coefficient of Performance

EER = Energy Efficiency Ratio

ARI = Air Conditioning and Refrigeration Institut

Daya listrik adalah daya listrik compressor dan fan untuk pendinginan udara

Effisiensi minimum dari peralatan tata udara unitari/unit paket yang dioperasikan dengan listrik

Sumber: SNI_03-6390-2000 Konservasi Energi Sistem Sistem Tata Udara pada Bangunan Gedung

Jenis peralatan		Kapasitas	Effisiensi minimum (dinyatakan dengan COP)	Cara Pengetesan
Pendinginan udara	Termasuk kondensor	< 150 TR	2.7	
		≥ 150 TR	2.5	
	Tanpa kondensor	Semua kapasitas	3.10	
Pendinginan air	Jenis compressor totak atau screw	< 150 TR	3.80	
		≥ 150 TR > 300 TR	4.20	
	Jenis compressor centrifugal	≥ 300 TR	5.20	

CATATAN

1 Btu/jam = 0.2931 W/jam = 0.252 kKal/jam

1 TR = 12000 Btu/jam = 3517.2 W

COP = Coefficient of Performance

EER = Energy Efficiency Ratio

ARI = Air Conditioning and Refrigeration Institut

Daya listrik adalah daya listrik compressor dan fan untuk pendinginan udara

Effisiensi minimum dari Chiller paket yang dioperasikan dengan listrik.

Sumber: SNI_03-6390-2000 Konservasi Energi Sistem Sistem Tata Udara pada Bangunan Gedung

Keterangan : Koefisien performansi untuk pendingin (*Coefficient Of Performance/COP*) adalah angka perbandingan antara laju aliran kalor yang dikeluarkan dari sistem dengan laju aliran energi yang harus dimasukkan ke dalam sistem yang bersangkutan, untuk system pendingin lengkap.

2.2.4 Energi Terbarukan

Energi adalah kemampuan untuk mengerjakan sesuatu. Cadangan sumber energi dunia yang sifatnya tidak dapat diperbarui jumlahnya dalam perut bumi sangat terbatas dan sewaktu-waktu akan habis. Peningkatan konsumsi energi pada masa ini meningkatkan laju eksploitasi sumber daya alam. Diseluruh dunia sekitar 30% total konsumsi energi dipakai untuk memenuhi kebutuhan listrik. Salah satu solusi untuk penghematan energi dengan menggunakan sumber energi yang terbaharukan dari dalam tapak, seperti:

a. Matahari/Energi Surya. Matahari adalah sumber utama bumi. Energi surya dapat dipergunakan secara langsung maupun tidak langsung. Energi surya dapat diubah menjadi energi listrik memakai sel surya (*photo-voltic*) lalu disimpan di baterai untuk digunakan sewaktu-waktu bila matahari tidak tampak. Panas matahari juga dapat ditangkap dengan panel surya (*solar-panel*). Sel Surya dibuat dari bahan semi konduktor, yaitu bahan yang akan menjadi konduktor listrik bila terkena cahaya atau panas, namun akan menjadi isolator saat suhu rendah. Keuntungan sel surya adalah (Grey, 1996, h.16) adalah membangkitkan listrik tanpa ada bagian yang bergerak sehingga tidak menimbulkan kebisingan maupun asap; memungkinkan untuk memperoleh listrik di lokasi yang tidak dilalui oleh jaringan listrik umum; ringan, mudah dipasang, mudah disetel untuk menghasilkan output maksimal; awet, bandel, dan tahan suaca; hanya memerlukan perawatan kecil, seperti pembersihan; tanpa biaya bahan bakar dan hampir tanpa biaya perawatan; sekali pemasangan hampir selamanya membangkitkan listrik gratis; menghasilkan listrik searah (DC, direct current) yang langsung dapat disimpan di baterai; tersedia dalam bentuk modul, sehingga mudah ditambah-kurangi sesuai dengan kebutuhan dana.

b. Pemanas surya (*solar heating*) adalah alat untuk menangkap panas matahari. Inti dari alat ini adalah kolektor panas. Kolektor surya yang paling umum berbentuk bidang datar yang tersusun dari lapisan penyerap radiasi matahari yang akan menyerap dan mengubah radiasi menjadi panas. Prinsip pemanas surya juga dapat dipergunakan untuk memproduksi listrik. Dalam hal ini panas matahari dipantulkan oleh cermin cekung memanjang ke tabung berisi air

yang ada di titik apinya. Air menjadi sangat panas dan berubah menjadi uap kemudian digunakan untuk memutar turbin listrik.

c. Angin/Energi Angin. Angin adalah udara yang bergerak yang disebabkan oleh panas yang tidak merata di permukaan bumi. Pada prinsipnya, kincir angin mengubah energi kinetik angin menjadi mekanik atau energi listrik dengan cara memperlambat laju angin. Kincir tersebut juga dapat dipergunakan untuk membuat listrik dengan menggabungkannya dengan generator listrik. Namanya menjadi turbin angin.

2.3 KONSERVASI AIR

Penghematan air atau konservasi air adalah perilaku yang disengaja dengan tujuan mengurangi penggunaan air segar, melalui metode teknologi atau perilaku sosial. Siklus iklim dan curah hujan di Indonesia menjadi terganggu dengan adanya perubahan iklim, pemanasan global, pembalakan hutan, konversi lahan hijau, dan perusakan wetland yang tidak terkendali. Selain itu, hal tersebut juga mengakibatkan keseimbangan neraca air serta ketersediaan air tanah dan air permukaan ikut terganggu. Di saat musim kemarau terjadi kekurangan air, dan di saat musim hujan terjadi banjir. Saat ini, kebutuhan total air di Indonesia mencapai $8,903 \times 10^6$ m³ dengan kenaikan sekitar 10% pertahun. Di kawasan urban, pemenuhan kebutuhan ini mengandalkan sumber air olahan dari PDAM dan eksploitasi air tanah. Penggunaan air bersih secara umum adalah untuk memenuhi kegiatan mandi, cuci, kakus, minum, dan irigasi lansekap. Pola konsumsi air dalam kondisi urban menurut kajian *Pacific Institute* (2006), kebutuhan air rata-rata Indonesia adalah sekitar 80 liter/jiwa/hari. Angka-angka ini sangat boros apabila dibandingkan dengan angka konsumsi air ideal, yaitu 50 liter/jiwa/hari.

2.3.1 Pengurangan Pemakaian Air

Penggunaan air untuk kegiatan sanitasi masih sangat diperlukan karena keberadaan air identik dengan kebersihan. Untuk fixture sanitasi, selain tiga tipe dasar toilet yang umum (*gravity, valve, dan pressured*) juga ada peturasan (*urinal*) untuk tempat buang air kecil bagi laki-laki. Untuk sistem keran, termasuk bentuk keran tembok (*faucets*) dan keran wastafel (*lavatory*). Sedangkan untuk mandi, penggunaan fixtures adalah dalam bentuk shower (Fadem and Conant, 2008). Kondisi pemborosan air juga dipengaruhi kurangnya kesadaran dan perilaku hemat air, seperti lupa menutup keran dan kurangnya perawatan pada *water fixtures*. Usaha untuk melaksanakan penghematan air kini semakin berkembang dengan banyaknya produk

peralatan plumbing yang semakin menekankan penghematan air. Upaya penghematan air dari teknologi keran dan toilet cukup berperan dalam menghemat penggunaan air, bisa sekitar 30% dari total kebutuhan air domestik. Penggunaan air bersih untuk menyiram toilet kini juga disadari tidak perlu dilakukan.

2.3.2 Sumber Air Alternatif

Dalam Permen PU No. 29/PRT/M/2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung dikatakan bahwa kebutuhan sumber air, yang meliputi sistem air minum, harus direncanakan dan dipasang dengan mempertimbangkan sumber air minum, kualitas air bersih, sistem distribusi, dan penampungannya. Sumber air minum dapat diperoleh dari sumber air berlangganan dan/atau sumber air lainnya yang memenuhi persyaratan kesehatan sesuai dengan pedoman dan standar teknis yang berlaku.

a. Daur ulang air adalah penggunaan kembali air bekas pakai yang melalui pengolahan air kotor untuk menghilangkan kontaminan menjadi air yang dapat digunakan kembali (Maczulak, 2010). Air kotor (*graywater*) yang dapat diproses kembali menjadi air bersih berasal dari wastafel dan shower, dan dapat dikumpulkan kembali serta ditampung dalam tangki di bawah tanah (basement) atau di lantai dasar. Air ini dapat digunakan untuk menggelontor toilet, *make up cooling water*, dan irigasi lansekap. Air hujan untuk irigasi tidak perlu diolah sebagai upaya reuse. Namun, kondisi hujan yang tidak menentu terkadang membuat ketersediaannya menjadi berkurang sehingga tetap memerlukan penyiraman manual. Penggunaan air dari sumber daur ulang air limbah gedung untuk mengurangi kebutuhan air dari sumber air utama.

b. Pengumpulan Air Hujan. Indonesia secara umum memiliki curah hujan yang relatif tinggi serta bulan basah yang relatif panjang sehingga potensial untuk dijadikan salah satu sumber air. Tapi, pada kenyataannya, air hujan hanya dibuang ke saluran kota dan tidak dapat diserapkan kembali ke tanah. Saluran kota pun memiliki kemampuan yang terbatas sehingga ketika musim hujan tiba sering terjadi bencana banjir. Pemanfaatan air hujan sebagai sumber air harus didorong karena rendahnya kualitas sumber air bersih permukaan dan upaya mengonservasi sumber air bawah tanah.

c. Pemakaian air tanah harus mempertimbangkan faktor kelestarian air tanah yang meliputi faktor kualitas dan kuantitas air. Salah satu cara mempertahankan kuantitas air tanah adalah dengan menerapkan sumur resapan. Untuk membangun sumur resapan agar dapat memberikan kontribusi yang optimum diperlukan metoda perhitungan berikut (Sunjoto, 1992):

(1) Menghitung debit air masuk sebagai fungsi karakteristik luas atap bangunan dengan formula rasional. $Q=CIA \rightarrow Q$ =debit masuk air, C =koefisien aliran/jenis atap rumah, I =intensitas hujan, A =luas atap.

(2) Menghitung kedalaman sumur optimum diformulakan sebagai berikut:

$$H=Q/FK$$

$[1-\exp(-FK\pi R^2)] \rightarrow H$ =kedalaman air (m), Q =debit masuk(m³/dt), f =faktor geometrik (m), K =permeabilitas tanah (m/dk), R =radius sumur, t =Durasi aliran (dt).

(3) Evaluasi jenis fungsi dan pola letak sumur pada jarak saling pengaruh guna menentukan kedalaman terkoreksi dengan menggunakan multi well system.

d. Landscape Hemat Air. Sumber kebutuhan air untuk lansekap di Indonesia pada umumnya berasal dari air tanah, sedangkan isu di perkotaan Indonesia salah satunya adalah ancaman dari akibat penggunaan air tanah yang berlebihan. Karena itu, perlu didorong suatu praktik irigasi lansekap yang lebih efisien dalam penggunaan air. Desain lanskap di Indonesia juga masih mementingkan selera dan masih sedikit yang berorientasi kepada keberlanjutan lingkungan. Sering sekali, baik tanaman yang digunakan maupun teknik penanamannya, menyebabkan kebutuhan irigasi yang tinggi. Cara irigasi yang tidak tepat juga mengakibatkan rendahnya efektivitas irigasi yang dilakukan. Dengan menerapkan teknik irigasi dan desain penanaman yang tepat diharapkan dapat diturunkan kebutuhan air irigasi. Penggunaan air untuk lansekap disesuaikan dengan masa tumbuh tanaman sehingga diperlukan teknologi yang tepat untuk menyesuaikan ketersediaan air dengan kebutuhan tanaman. Efisiensi dalam lansekap lebih ditujukan kepada upaya untuk meminimalisasi penggunaan sumber air bersih dari air tanah dan PDAM untuk kebutuhan irigasi lansekap, dan menggantinya dengan sumber air lain selain kedua sumber air di atas.

2.4 SUMBER DAN SIKLUS MATERIAL

Pembalakan hutan dan eksploitasi yang tidak dikelola dengan baik dapat menghancurkan kekayaan sumber daya alam yang ada. Arti penting hutan tidak hanya sebagai sumber material melainkan juga untuk melindungi bumi dari pemanasan global, menjaga tatanan sistem air, dan mempertahankan daya dukung ekosistem. Untuk menjaga keberlangsungan sumber daya terbaru ini, diperlukan suatu tatanan dan pengelolaan yang baik. Untuk menahan eksploitasi laju sumber daya alam tidak terbaru, diperlukan upaya memperpanjang daur hidup material. Proses ini dimulai dari tahap eksploitasi produk, pengolahan dan produksi, desain bangunan dan aplikasi

yang efisien (*reduce*), hingga upaya memperpanjang masa akhir pakai produk material. Pada tahap eksploitasi dan transportasi material perlu diperhatikan jejak ekologis dan jejak karbon yang ditinggalkan. Untuk itu, minimalisasi jejak karbon dapat dilakukan dengan menggunakan produk lokal setempat. Dalam pemilihan material, perlu diperhatikan dampaknya pada manusia dan lingkungan hidup, dengan tidak menggunakan bahan beracun dan berbahaya (B3). Untuk memperpanjang daur produk material, diperlukan upaya penggunaan kembali (*reuse*) atau proses daur ulang (*recycle*). Dengan menjaga keberlanjutan alam melalui pengelolaan daur hidup material yang lebih baik, diharapkan pembangunan green building dapat menjadi salah satu media pembangunan berkelanjutan, yang akan membawa Indonesia menuju kondisi seimbang dalam pembangunan dan pelestarian alam.

2.4.1 Jenis Material Bangunan

a. Material Terbarukan (*Renewable Materials*). Material yang dapat diperbaharui mengarah ke material yang berasal dari vegetasi yang dapat ditumbuhkan, seperti kayu, bambu, dan daun. Material dari bahan vegetasi merupakan material yang dalam pembentukannya tidak mengemisi CO₂, namun mengabsorpsi CO₂, sehingga penggunaan material ini dalam bangunan dapat membantu mengurangi emisi CO₂ ke atmosfer..

b. Material Bekas (*Reuse Materials*). Material bekas merupakan material bekas pakai, dari pembongkaran struktur atau bangunan. Penggunaan material bekas akan mengurangi energi yang dikonsumsi dalam proses produksi pembuatan material. Dengan kata lain, material bekas yang digunakan seakan-akan dibuat tanpa menggunakan energi. Karena energi yang digunakan untuk pembuatan material sudah dihitung saat material tersebut pertama digunakan.

c. Daur Ulang Material (*Recycle Materials*). Sejumlah material dapat di daur ulang untuk menghasilkan material yang sama atau material yang berbeda. Penggunaan material yang didaur ulang merupakan tindakan penghematan energi dalam proses produksi.

d. Material Sehat (*Healthy Materials*) / Tidak mengkontaminasi lingkungan. Material sehat adalah material yang tidak menimbulkan masalah bagi kesehatan manusia dalam waktu pendek maupun panjang.

2.4.2 Kayu Bersertifikat

Penebangan yang tidak terkendali dapat menyebabkan kehancuran hutan, punahnya hewan liar, erosi tanah, sedimentasi sungai, polusi udara, dan timbulnya sampah. Oleh karena itu,

diperlukan sistem pengaturan melalui proses sertifikasi kayu yang menjamin bahwa hasil kayu tersebut tidak melalui penebangan liar. Di sisi lain, kayu yang telah bersertifikat juga memberikan perlindungan bagi para petani kayu dari para tengkulak yang bisa menaikkan pendapatan sekitar 5-10% dari sistem konvensional.

2.4.3 Lokasi Material

Pembelian material pada kawasan yang berdekatan berangkat dari dua isu penting. Pertama, dengan membeli material yang radiusnya cenderung dekat berarti memperkecil jejak karbon yang dihasilkan oleh moda transportasi untuk pengangkutannya ke lokasi proyek. Kedua, penggunaan material pada kawasan berdekatan memiliki kemungkinan yang lebih besar bahwa produk tersebut merupakan hasil produksi dalam negeri, sehingga berdampak pada peningkatan pendapatan dalam negeri atau daerah setempat.

2.4.4 Cloro Floro Carbon (CFC)

CFC adalah klorofluorokarbon, yaitu senyawa-senyawa yang mengandung atom karbon dengan klorin dan fluorin terikat padanya. Dua CFC yang umum adalah CFC-11 (Trichloromonofluoromethane atau freon 11) dan CFC-12 (Dichlorodifluoromethane). CFC merupakan zat-zat yang tidak mudah terbakar dan tidak terlalu toksik. Satu buah molekul CFC memiliki masa hidup 50 hingga 100 tahun dalam atmosfer sebelum dihapuskan. Dalam waktu kira-kira 5 tahun, CFC bergerak naik dengan perlahan ke dalam stratosfer (10 – 50 km). Molekul CFC terurai setelah bercampur dengan sinar UV, dan membebaskan atom KLOORIN. Atom klorin ini berupaya memusnahkan ozon dan menghasilkan lubang ozon.

Selama bertahun-tahun, senyawa-senyawa kimia tersebut secara luas dipakai untuk berbagai keperluan, seperti:

1. Alat-alat pendingin ruangan (air conditioner/AC). CFC yang digunakan pada alat pendingin ruangan (air conditioner/AC) lebih dikenal dengan freon yang digunakan sebagai pendingin.
2. Media pendingin di lemari es. Sama halnya seperti AC, pada kulkas terdapat CFC yang digunakan sebagai pendingin.
3. Bahan pelarut. CFC yang terdapat pada bahan pelarut banyak digunakan bagi kilang-kilang elektronik. sebagai pelarut untuk pembersih dan untuk tujuan pengeringan minyak.

4. Bahan dorong. CFC digunakan sebagai bahan dorong dalam penyembur (aerosol), diantaranya kaleng semprot pengharum ruangan, penyemprot rambut, minyak wangi (parfum).
5. Proses pembuatan plastik, untuk menghasilkan plastik busa seperti busa polistirena atau poliuretana yang memuai.

Pada tahun 1995, lebih dari 100 negara setuju untuk secara bertahap menghentikan produksi pestisida metil bromida di negara-negara maju. Bahan ini diperkirakan dapat menyebabkan pengurangan lapisan ozon hingga 15 persen pada tahun 2000. Kemudian ditahun yang sama, disetujui CFC tidak diproduksi lagi di negara maju pada akhir tahun dan dihentikan secara bertahap di negara berkembang hingga tahun 2010. Hidrofluorokarbon atau HCFC, yang lebih sedikit menyebabkan kerusakan lapisan ozon bila dibandingkan CFC, digunakan sementara sebagai pengganti CFC.

Indonesia telah menjadi negara yang turut menandatangani Konvensi Vienna maupun Protokol Montreal sejak ditetapkannya Keputusan Presiden No 23 Tahun 1992. Berdasarkan Keputusan Presiden itu, Indonesia juga punya kewajiban untuk melaksanakan program perlindungan lapisan ozon (BPO) secara bertahap.

Secara nasional Indonesia telah menetapkan komitmen untuk menghapus penggunaan BPO (Bahan Perusak Lapisan Ozon) pada akhir tahun 2007, termasuk menghapus penggunaan freon dalam alat pendingin pada tahun 2007. Untuk mencapai target penghapusan CFC pada tahun 2007, Indonesia telah menyelenggarakan beberapa program. Dana untuk program penghapusan CFC diperoleh dalam bentuk hibah dari Dana Multilateral Montreal Protocol (MLF), di mana UNDP menjadi salah satu lembaga pelaksana. Dengan dukungan dari UNDP, Indonesia telah melaksanakan 29 proyek investasi tersendiri di sektor busa dan 14 proyek investasi tersendiri di sektor pendinginan. Pekerjaan di kedua sektor ini telah membantu mengurangi produksi CFC Indonesia sebanyak 498 ton metrik dan 117 ton metrik di masing-masing sektor.

Hal ini juga didukung oleh Peraturan Departemen Industri No.33 Tahun 2007 yang akan melarang penggunaan CFC (klorofloro karbon atau freon) untuk proses manufaktur mulai Juli 2008. Indonesia berencana untuk melarang impor metil bromida dan CFC yang merupakan BPO, mulai 1 Januari 2008, atau dua tahun lebih cepat dari tenggat waktu yang ditargetkan Protokol Montreal untuk penghapusan CFC di negara-negara berkembang, dan tujuh tahun lebih cepat untuk penghapusan metil bromida.

Mendaur ulang CFC, dibutuhkan alat yang disebut Recovery CFC. Alat canggih seharga 60 juta rupiah ini, dinilai sangat membantu mengurangi kebocoran molekul CFC ke udara. Cara kerja alat Recovery CFC, sangat sederhana. CFC lama di dalam alat pendingin, tak perlu lagi diganti. Tapi cukup mendaur ulang, sehingga menghasilkan CFC baru. Namun mengurangi dampak penggunaan CFC, tak hanya dilakukan dengan cara daur ulang. Namun juga dapat melalui penggunaan bahan alternatif pengganti. Salah satunya Hydro Floro Carbon atau HFC. (sumber: <http://abr26-k1m14.blogspot.com/2011/04/bahaya-penggunaan-cfc.html>).

2.4.5 Halon

Halon merupakan salah satu kelompok Bahan Perusak Ozon (BPO) yang diatur produksi dan konsumsinya dalam Protokol Montreal. Terdapat 3 jenis Halon yaitu Halon 1211, 1301 dan 2402. Di Indonesia jenis yang digunakan adalah Halon 1211 untuk Alat Pemadam Api Ringan (APAR) dan Halon 1301 untuk fixed system. Halon-1211 berpotensi merusak lapisan ozon 6 kali lebih besar dibandingkan dengan CFC dan halon-1301 merusak 10 kali lebih besar dibandingkan CFC. Halon sudah dihentikan impornya ke Indonesia sejak tahun 1998.

Penggunaan Halon pada beberapa kegiatan khusus yang disebut sebagai “Critical Use” masih belum dapat digantikan karena belum tersedia alternatifnya yang layak secara teknis/ekonomis. Contoh critical use adalah sektor penerbangan, yang memerlukan halon untuk pengamanan di ruang kabin, ruang mesin dan ruang kargo.

Dengan masih adanya kebutuhan khusus tersebut maka perlu dilakukan upaya pengumpulan dan pemulihan kualitas (reclamation) Halon dari peralatan/sistem pemadam api yang sudah ada di Indonesia sehingga Halon hasil reclamation dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan kritis.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 2 Tahun 2009 tentang Pengelolaan Halon, penggunaan Halon untuk kebutuhan kritis harus mendapat persetujuan dari Menteri Lingkungan Hidup berdasarkan rekomendasi Panel Penasehat Halon yang beranggotakan tenaga ahli di bidang bahan pemadam api.

Pada Tahun 1997, Executive Committee (ExCom) Multilateral Fund (MLF) Protokol Montreal menyetujui pemberian bantuan hibah untuk pengembangan Bank Halon di Indonesia. Fungsi Bank Halon adalah sebagai pengelola sisa persediaan halon di dalam negeri secara terencana dan tepat guna sehingga dapat memenuhi kebutuhan kritis.

(sumber: <http://www.sonick-fire.com/2011/05/pegertian-gas-hallon.html>)

2.4.6 ODP (Ozone Depletion Potential)

Refrigeran adalah cairan yang menyerap panas pada suhu rendah dan menolak panas pada suhu yang lebih tinggi. Prinsip-prinsip refrigeran memungkinkan untuk digunakan pada outdoor unit dan indoor unit langsung menjalankannya dengan baik, karena hubungan tekanan suhu. Hubungan tekanan suhu ini memungkinkan untuk dapat mentransfer panas (Arismunandar, 1998).

Refrigeran dalam dunia industri diberi nama dagang yang dikenal sebagai "nama R", R22, R134a, dan R502. Nama dagang tersebut membantu untuk menggambarkan berbagai jenis Refrigeran. Refrigeran memiliki berbagai susunan kimia dengan sifat-sifat yang berbeda. Beberapa Refrigeran hanya mampu bekerja dengan tekanan yang tinggi sementara yang lain menggunakan tekanan rendah untuk berfungsi dengan baik (Handoko, 1981).

Klasifikasi tingkat keamanan refrigeran dibuat berdasarkan kombinasi kandungan racun dan mampu bakar pada refrigeran tersebut : A1, A2, A3, B1, B2, dan B3. Sejak disepakatinya Protokol Montreal dan Kyoto terdapat dua kriteria lainnya yang harus dipenuhi suatu jenis Refrigeran agar dapat digunakan secara aman dan komersial yaitu ODP (Ozone Depletion Potential) merupakan nilai yang menunjukkan potensi suatu jenis refrigeran terhadap kerusakan ozon dan GWP (Global Warming Potential) merupakan nilai yang menunjukkan potensi suatu jenis Refrigeran terhadap pemanasan global (Tandian dan Darmawan, 2005).

Nilai ODP dan GWP yang dimiliki oleh CFC (Kloroflorokarbon), HFC (Hidroflorokarbon) dan Hidrokarbon dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini. Sebagai contoh, meskipun HFC (R23) tidak memiliki dampak terhadap penipisan ozon tetapi refrigeran tersebut memiliki dampak yang cukup besar terhadap pemanasan global, sedangkan pada hidrokarbon sekalipun memiliki efek negatif seperti Flammability yang tinggi tetapi tidak memiliki dampak terhadap penipisan ozon dan pemanasan global, sehingga dapat menjadi alternatif yang sangat baik (Purkayastha dan Bansal, 1998).

Tabel 1 Nilai ODP dan GWP Beberapa Refrigeran

Refrigeran	Tipe	ODP	GWP
R12	CFC	1	8500
R13	CFC	1	14000
R22	HCFC	0,07	1700
R23	HFC	0	11700
R170	HC	0	3
R290	HC	0	3
R404A	HFC	0	3260
R744	N	0	1

(sumber: <http://www.scribd.com/doc/51146672/PENDAHULUAN>)

2.5 KUALITAS UDARA DAN KENYAMANAN RUANG

Kualitas udara dalam ruang sangat memengaruhi kesehatan manusia, karena hampir 90% hidup manusia berada dalam ruangan. Kualitas udara dalam ruang yang buruk dapat menimbulkan gejala-gejala gangguan kesehatan pada manusia, yang biasa disebut dengan sick building syndrom (SBS), seperti sakit kepala, pusing, batuk, sesak napas, bersin-bersin, pilek, iritasi mata, pegal-pegal, mata kering, gejala flu, dan depresi. Keadaan seperti ini berpotensi menurunkan produktivitas kerja. Sumber pencemaran di dalam ruangan antara lain adalah pencemaran dari alat-alat di dalam gedung, pencemaran di luar gedung, pencemaran akibat bahan bangunan, dan gangguan ventilasi udara berupa kurangnya udara segar yang masuk, buruknya distribusi udara, dan kurangnya perawatan sistem ventilasi. Selain oleh sumber pencemaran, kualitas udara dalam ruang juga dipengaruhi oleh pengondisian udara. Pada umumnya suhu udara di Indonesia tinggi, 25°-35°C, dengan kelembapan yang juga relatif tinggi, yaitu 44-98%. Pengendalian kualitas udara dalam ruang memerlukan strategi yang baik sehingga produktivitas manusia serta tingkat okupansi gedung dapat berlangsung secara optimal.

2.5.1 Kadar CO₂

Konsentrasi CO₂ yang tinggi dapat membuat konsentrasi O₂ berkurang, sehingga menyebabkan kesulitan bernapas bahkan keracunan pada penggunanya. Peningkatan kadar CO₂ dalam ruangan juga memiliki korelasi positif terhadap peningkatan prevalensi dari satu atau lebih gejala sick building syndrome(SBS), berupa sakit kepala, kelelahan, iritasi mata, iritasi hidung, dan gangguan saluran pernapasan (Seppanen et, al, 1999). Untuk itu, diperlukan sistem monitor kandungan CO₂ yang dapat menjaga konsentrasi CO₂ dalam ruangan dengan bukaan ventilasi.

2.5.2 Asap Rokok

Nikotin yang ada dalam kandungan rokok merupakan zat karsinogen atau penyebab kanker, terutama bagi organ jantung dan sistem pernapasan. Bahan berbahaya yang terkandung di dalam rokok tidak hanya mengancam kesehatan pihak yang menggunakan atau perokok aktif, melainkan juga pihak yang tidak merokok atau perokok pasif, yang terpaksa harus ikut menghirup asap hasil perokok aktif. Oleh karena itu, lingkungan bebas asap rokok akan membebaskan semua pihak pengguna gedung dari bahaya asap rokok. Pengendalian Lingkungan atas Asap Rokok bertujuan untuk mengurangi lingkungan yang tercemar asap rokok dan

paparannya kepada para pengguna gedung, permukaan ruangan di dalam gedung, serta instalasi ventilasi yang benar di dalam ruangan gedung.

2.5.3 Kenyamanan Thermal

Indonesia merupakan negara beriklim tropis, dengan temperatur dan kelembaban udara yang relatif tinggi. Untuk itu sangat diperlukannya kenyamanan secara termal dengan kondisi yang tidak terlalu dingin dan tidak terlalu panas sehingga kenyamanan penghuni gedung terjaga. Ketidaknyamanan thermal khususnya di iklim tropis lembab seperti Indonesia mengakibatkan munculnya keringat, bau badan serta penyakit-penyakit di dalam ruangan. Persepsi kenyamanan setiap orang berbeda bergantung dari karakteristik, usia, dan jenis kelamin orang tersebut. Meskipun berbeda, terdapat kisaran standar fisik yang dapat dijadikan parameter untuk menentukan kenyamanan termal yaitu suhu, kelembaban dan kecepatan angin. Untuk lingkup dalam ruangan suatu gedung, suhu dan kelembaban menjadi parameter yang cukup signifikan harus diperhatikan demi kenyamanan pengguna gedung supaya produktivitas mereka berjalan optimal.

- a. Suhu udara, dalam kategori ini terdapat dua macam suhu udara: suhu biasa (*air temperature*) dan suhu radiasi rata-rata (*mean radiant temperature/MRT*). MRT adalah radiasi rata-rata dari permukaan-permukaan bidang yang mengelilingi seseorang.
- b. Kelembapan udara, adalah kandungan uap air dalam udara. Presentase yang menunjukkan besaran kelembapan udara didapat dari perbandingan antara keadaan kenyataan uap air dan jumlah maksimum uap air yang dapat dikandung oleh udara pada kondisi ruang dan suhu yang sama.
- c. Pergerakan udara (angin), adalah aspek yang penting untuk kenyamanan thermal, terlebih di daerah panas, seperti halnya daerah tropis.

2.5.4 Tingkat Kebisingan Ruang

Munculnya bunyi dalam porsi berlebihan yang melampaui bakuan umum aman bagi kesehatan indera pendengaran dan kesehatan jiwa dan raga disebut dengan pencemaran bunyi atau sering juga disebut dengan polusi kebisingan. Kota-kota besar di Indonesia umumnya memiliki masalah kebisingan. Kebisingan pada lingkungan antara lain dapat bersumber dari suara akibat moda transportasi dan suara mesin-mesin industri. Sementara sumber kebisingan dalam bangunan dapat berasal dari peralatan bangunan dan penghuni. Berdasarkan Keputusan Menteri

Kesehatan Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002, kebisingan adalah terjadinya bunyi yang tidak dikehendaki sehingga mengganggu atau membahayakan kesehatan. Beberapa efek negatif dari kebisingan antar lain adalah gangguan pendengaran, gangguan kehamilan, gangguan komunikasi, kesulitan tidur, gangguan mental, dan gangguan kinerja. Untuk itu, diperlukan suatu standar tingkat kebisingan yang masih dapat diterima oleh penghuni gedung supaya kenyamanan dan produktivitas mereka mencapai optimal.

2.6 MANAJEMEN LINGKUNGAN BANGUNAN

2.6.1 Pengelolaan Limbah Padat (Sampah)

Banyaknya sampah yang dihasilkan dalam berbagai bentuk dan semakin sempitnya tempat pembuangan akhir atau TPA ditambah dengan masih rendahnya kesadaran pengguna gedung dalam melakukan pemilahan sampah menyebabkan volume sampah hasil buangan dalam berbagai bentuk yang tercampur baur menjadi beban berat bagi tempat pembuangan akhir (TPA). Dengan melakukan pemilahan dari tahap awal, proses daur ulang akan dimulai lebih cepat sehingga beban TPA dapat berkurang. Peran-serta berbagai pemangku kepentingan sangat dibutuhkan dalam mengurangi volume sampah perkotaan. Pemangku kepentingan, baik dari sektor swasta maupun sektor pemerintahan, memiliki tanggung jawab yang sama dalam mengendalikan dampak lingkungan melalui pengelolaan sampah yang dihasilkan. Langkah awal pengelolaan sampah pada suatu bangunan adalah dengan menyediakan fasilitas pembuangan sampah yang terpisah antara tempat sampah organik dan anorganik untuk memudahkan proses pengolahan sampah selanjutnya, seperti reuse, reduce, dan recycle.

2.6.2 Pengelolaan Limbah Cair

Air limbah adalah air buangan (air bekas pakai/air kotor) dari air bersih yang sudah terpakai. Sebelum air limbah dibuang ke saluran umum atau ke alam/tanah, hendaknya diolah terlebih dahulu. Untuk mempermudah pengolahan sebaiknya air limbah dibagi menurut pencemaran:

- a. Air hujan menuntut sistem saluran air limbah jika turun bukan pada ladang terbuka, melainkan pada atap rumah, jalan, atau pekarangan rumah yang kedap air. Air hujan dapat ditampung sebagai sarana air bersih, atau dikembalikan ke tanah sedekat mungkin dengan sumur resapan. Air hujan yang disalurkan ke saluran umum kota akan menambah bahaya banjir di daerah yang lebih rendah pada saat hujan deras.

b. Air sabun (*grey water*) berasal dari kegiatan rumah tangga (cuci piring, cuci pakaian, mengepel lantai), kegiatan mandi, cuci kendaraan, dan sebagainya. Air sabun jika bebas dari minyak dan bahan pelumas lain, serta bahan larutan kimia, dapat dimanfaatkan untuk menyiram bunga, sayur, dan sebagainya, atau diolah secara biologis sebelum dirembeskan ke dalam tanah atau dikembalikan ke sungai.

c. Air tinja (air limbah manusia) merupakan kotoran manusia berbentuk cair maupun padat (1,5 liter/hari) ditambah air siram. Karena air tinja mengandung kolibakteri dan kuman lain yang dapat mengganggu kesehatan manusia serta berbau tidak sedap, maka harus disalurkan dalam pipa tertutup.

d. Air limbah industri merupakan air yang tercemar sehingga tidak memenuhi lagi standar air bersih. Air limbah yang tercemar oleh apa atau siapa pun harus diolah menjadi bersih lagi sebelum dikembalikan ke alam.

2.7 PESYARATAN AWAL GREENSHIP

a. Luas bangunan sekurang-kurangnya 2500 m². Tujuan: Membatasi lingkup target dari sistem rating GREENSHIP untuk bangunan baru komersial pada bangunan besar dengan luas minimum 2500 m²

b. Lokasi tapak bangunan sesuai dengan peruntukan berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) setempat. Tujuan: Mendorong pengendalian pembangunan dan pemanfaatan kawasan sesuai dengan fungsinya sehingga tercipta lingkungan hidup yang selaras, serasi, dan seimbang

c. Bersedia menandatangani surat yang berisi persetujuan untuk memperbolehkan data gedung yang berhubungan dengan penerapan green building dipergunakan untuk dipelajari dalam studi kasus yang diselenggarakan oleh GBCI. Tujuan: Menghimpun data base yang akurat sehingga dapat menjadi salah satu dasar perbaikan sistem rating *GreenShip*, baik untuk bangunan baru maupun bangunan existing

d. Akan menyertakan salinan dokumen Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup (UKL) dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (UPL) yang disahkan Bapedal. Tujuan: Mendukung pengendalian pembangunan terhadap lingkungannya sehingga terwujud konsep keberlanjutan

e. Bersedia menandatangani surat yang menyatakan bahwa gedung yang bersangkutan akan dibuat tahan gempa. Tujuan: Menjamin keamanan penghuni dari ancaman bencana gempa bumi

serta mempertahankan secara optimal fungsi bangunan atas ketahanan struktur dan konstruksi terhadap beban bencana gempa.

f. Bersedia menandatangani surat yang menyatakan bahwa gedung yang bersangkutan akan memenuhi standar pemakai gedung untuk penyandang cacat. Tujuan: Mendorong pembangunan fisik yang responsif terhadap perbedaan kemampuan fisik setiap individu sebagai bentuk usaha dalam mewujudkan persamaan kesempatan sehingga berdampak positif baik secara ekonomi maupun lingkungan

g. Bersedia menandatangani surat yang menyatakan bahwa gedung yang bersangkutan akan memenuhi standar kebakaran dan keselamatan. Tujuan: Mendorong penurunan risiko kebakaran pada bangunan sehingga keamanan dan keselamatan pengguna gedung terjamin.

2.8 TOLOK UKUR *GREENSHIP*

Tolok ukur (benchmark) adalah patokan yang dianggap sebagai implementasi dari praktik terbaik sehingga menjadi syarat pencapaian suatu rating. Dari tolok ukur inilah batasan pencapaian suatu rating dapat diukur. Sebagian besar tolok ukur menggunakan standar yang berlaku di Indonesia. Sebagian rating yang belum memiliki standar lokal mengacu kepada standar yang berlaku secara universal. Perangkat rating *Greenship* adalah sistem penilaian yang merupakan bentuk dari salah satu upaya untuk menjembatani konsep ramah lingkungan dan prinsip keberlanjutan dengan praktik yang nyata. Suatu bangunan dapat disebut sudah menerapkan konsep bangunan hijau apabila berhasil melalui suatu proses evaluasi untuk mendapatkan sertifikasi bangunan hijau. Di dalam evaluasi tersebut tolok ukur penilaian yang dipakai adalah Sistem Rating (*Rating System*).

Sistem Rating (*Rating System*) adalah suatu alat yang berisi butir-butir dari aspek yang dinilai yang disebut rating dan setiap butir rating mempunyai nilai (*point*). Apabila suatu bangunan berhasil melaksanakan butir rating tersebut, maka mendapatkan nilai dari butir tersebut. Kalau jumlah semua nilai (*point*) yang berhasil dikumpulkan bangunan tersebut dalam melaksanakan Sistem Rating (*Rating System*) tersebut mencapai suatu jumlah yang ditentukan, maka bangunan tersebut dapat disertifikasi pada tingkat sertifikasi tertentu. Sistem Rating (*Rating System*) dipersiapkan dan disusun oleh *Green Building Council* yang ada di Negara-negara tertentu yang sudah mengikuti gerakan bangunan hijau. Kriteria penilaian *Greenship* bukan merupakan penemuan baru melainkan kumpulan dan pengelompokan dari praktik-praktik terbaik di industri bangunan yang kemudian diidentifikasi oleh GBCI. Penyusunan ini dilakukan oleh

putra-putri Indonesia. Oleh karena itu, ia sarat dengan pertimbangan yang didasarkan pada kondisi khas Indonesia yang unik dan spesifik. Ada empat tingkat peringkat GREENSHIP:

PREDIKAT	NILAI TERKECIL	
	NILAI	PRESENTASE (%)
PLATINUM	70	73
EMAS	54	57
PERAK	44	46
PERUNGGU	33	35