

MODUL PERKULIAHAN

Fisika Bangunan

Perancangan Pasif

Abstract

Mata kuliah ini membahas tentang keterlibatan kinerja lingkungan ruang dalam (indoor environment performance) dalam perancangan arsitektur sehingga akan tercapai produktifitas kerja yang dilakukan melalui kenyamanan termal, audio, kenyamanan dari kebisingan, penglihatan dan kebersihan udara ruangan

Kompetensi

Setelah mengikuti mata kuliah ini diharapkan dapat menjelaskan prinsip-prinsip yang berkaitan dengan kenyamanan termal, audio, penganggulungan kebisingan, dan kenyamanan visual serta dapat menganalisis secara sederhana terhadap sebuah bangunan

Perancangan Pasif

Pengendalian termal dalam bangunan tergantung kepada iklim setempat. Keadaan tidak nyaman dalam iklim panas lembab seperti Indonesia adalah disebabkan oleh suhu udara dan radiasi surya yang tinggi. Oleh itu, pengendalian termal bangunan di Indonesia dengan melindunginya dari penerimaan kalor, memaksimumkan hilangnya kalor dan kalau perlu menggunakan penyaman udara. Dalam iklim sedang, apabila keadaannya bervariasi antara panas dan dingin maka pengendalian termal bangunannya adalah dengan mengurangi puncak variasi suhu (Koenigsberger, et al. 1973).

Perancangan pasif adalah cara untuk mengendalikan termal bangunan melalui kulit atau konstruksi bangunan saja untuk mencapai keadaan nyaman (Koenigsberger, et al. 1973). Pada perancangan pasif, kulit bangunan bergantung kepada sifat bahan (Straaten, 1967). Sifat-sifat seperti penyerapan dan pelepasan kalor serta keberaliran bahan perlu dipilih sehingga keadaan termal ruang dalam dapat diterima. Selain itu, dalam perancangan pasif, keadaan termal ruang dalam juga dipengaruhi oleh pengudaraan.

Dalam bangunan yang menggunakan pengudaraan alami, kulit bangunan merupakan alat untuk mengendalikan pertukaran kalor antara ruang dalam dengan lingkungan sekitar. Semua kalor yang masuk ke dalam bangunan apakah melalui jendela, dinding, ataupun atap dikendalikan oleh kulit bangunan itu sendiri serta sistem pengudaraan yang ada (Watson, 1980).

Pengurangan ketidaknyamanan dilakukan dengan meminimalkan jumlah penerimaan kalor yang masuk ke dalam bangunan. Tujuan utama pengurangan ketidaknyamanan adalah untuk memberikan keadaan dalam yang 'nyaman' dengan biaya dan pengoperasian yang sedang. Beberapa contoh metoda demikian adalah:

- a. meminimalkan penerimaan surya melalui kulit bangunan;
- b. meminimalkan penerimaan surya melalui pembukaan;
- c. meminimalkan penerimaan penghunian
- d. pengudaraan.

Terdapat dua jenis pemasok pendinginan, yaitu pendinginan secara mekanikal dan secara pasif. Contoh pendinginan secara mekanikal ialah pemakaian tenaga surya dan peralatan konvensional. Sedangkan contoh pendinginan secara pasif ialah menggunakan kolam kalor (pendinginan kalor ke langit malam, pengudaraan, pendinginan laten dengan humidifikasi, dan sentuhan tanah) dan mengubahsui parameter kenyamanan (misalnya pengendalian kelembapan dan gerakan udara)(CSC, 1987)

Pengawasan pasif melalui kulit bangunan dapat mengurangi variasi perubahan suhu (Koenigsberger, et al. 1973). Dalam keadaan ekstrim di mana manusia menghadapi risiko jika suhu tinggi, maka pengendalian mekanikal mutlak diperlukan. Jika risikonya rendah yaitu hanya kurang nyaman, maka penggunaan pengendalian mekanikal dibolehkan.

Yilmaz (1983) menyatakan bahawa kenyamanan dalam bangunan bukan saja dipengaruhi oleh aktifitas penghuni itu sendiri tetapi oleh bangunan di mana penghuni itu berada. Alam sekitar yang berada di sekeliling bangunan merupakan lingkup lingkungan sekitar yang paling luas dan paling besar pengaruhnya terhadap keadaan termal dalam. Faktor-faktor yang mempengaruhi keadaan ruang dalam ini meliputi kalor yang dipancarkan oleh dinding, jendela cermin, plafon, lampu dan peralatan. Gambar 3.1 menunjukkan faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan dalam bangunan.

Kajian mengenai kenyamanan termal biasanya melibatkan piawai bagi deria manusia dalam sebuah ruang yang 'dikendalikan' (Szokolay, 1991). Piawai yang dihasilkan meliputi julat suhu dan kelembapan yang bersesuaian untuk kebanyakan orang (de Dear, 1991). Contoh bangunan yang dikendalikan adalah bangunan yang menggunakan alat penyaman udara. Alat penyaman udara berfungsi dari loji penyejukan di mana ia menukarkan udara panas di dalam bangunan kepada udara dingin.

Manakala contoh bangunan yang tidak 'dikendalikan' adalah bangunan yang tidak menggunakan penyaman udara iaitu menggunakan pengudaraan alami. Kenyamanan yang terdapat di dalam bangunan melalui pengudaraan alami diperolehi melalui tiga cara iaitu pengurangan kalor (Koenigsberger, 1965; Straaten, 1967), pengudaraan alami (Koenigsberger, 1965) dan penyesuaian penghuni (Humphreys, 1985).

Dalam bangunan yang menggunakan pengudaraan alami, kulit bangunan merupakan alat untuk mengendalikan penukaran kalor antara ruang dalam dengan lingkungan sekitar. Semua kalor yang masuk ke dalam bangunan apakah melalui jendela, dinding, ataupun atap dikendalikan oleh struktur bangunan itu sendiri serta sistem pengudaraan sedia ada. Pengendalian asas terdiri dari kemasukan ataupun penolakan dan perolakan tenaga kalor yang terdapat di dalam ruang dalam (Watson, 1980).

Bagi perancangan pasif, struktur bangunan bergantung kepada iklim setempat dan ciri-ciri bahan (Straaten, 1967). Sifat-sifat seperti penyerapan dan pelepasan terhadap kalor serta keberaliran bahan perlu diambil kira sehingga keadaan termal dalam boleh diterima. Pengudaraan di dalam bangunan bergantung kepada perbezaan suhu atau tekanan di antara dua tempat. Apabila tiada perbezaan, maka tiada pergerakan udara. Angin yang memiliki sifat sukar diramalkan apakah kadarnya mahupun halanya membuatkan ia sukar untuk dijadikan sebagai alat penyejuk ruang. Dua aspek perancangan bangunan yang menentukan lingkungan sekitar termal dan tahap kenyamanan termal dalam bangunan ialah (Jones, et.al. 1994):

1. Pengubahsuaian kulit bangunan;
2. Penggunaan tenaga atau khidmat lingkungan sekitar.

Atap merupakan bahagian bangunan yang mempunyai pengaruh kepada keadaan termal dalam (Koenigsberger, 1965). Ia merupakan unsur bangunan yang didedahkan kepada kalor surya secara terus tanpa sekatan. Kalor yang diterima dari surya oleh atap akan dipindahkan ke bahagian bawah atap, struktur atap bersama loteng hingga ke siling, dan akhirnya diserapkan ke ruang dalam. Oleh itu, keadaan panas yang berlaku di dalam ruang akan bergantung kepada baik atau tidaknya perancangan atap.

2.1 Perbaikan Prestasi Termal Atap

Bangunan dengan pengudaraan alami yang berada di daerah tropis lembab biasanya terbuka kepada alam sekelilingnya untuk mendapatkan udara bersih dan penyamanan ruang di dalamnya. Selain itu, pengudaraan juga boleh mengurangi udara panas yang berlaku di dalam bangunan sebagai akibat dari kalor yang dipancarkan struktur bangunan. Atap memiliki pengaruh yang besar menentukan keadaan termal dalam.

Radiasi surya merupakan pembangkit kalor yang utama pada waktu siang. Dengan demikian, apabila rancangan atap tidak baik, maka ia dapat menyebabkan sumber kalor utama. Rancangan atap, ruang atap dan langit-langit merupakan faktor penting yang boleh mengubah keadaan kenyamanan dalam. Meskipun ia tidak dapat menjamin suhu lebih dingin berbanding dengan udara luar. (Elias, 1981).

Beberapa peneliti telah mengemukakan pelbagai metoda ataupun strategi untuk mengurangi kalor melalui atap (Konigsberger, 1965; Straaten, 1967; Givoni, 1981; Watson, 1983). Walaubagaimanapun, pada prinsipnya strategi itu boleh dibahagikan kepada lima bahagian, iaitu:

- (1) Mengurangi daya serap atap;
- (2) Mengurangi konduksi atap;
- (3) Pengudaraan ruang atap
- (4) Memasang insulasi;
- (5) Mengurangi konduksi langit-langit.

2.1.1 Mengurangi Daya serap Atap

Sumber energi utama yang menentukan lingkungan sekitar termal sebenar adalah matahari (Harkness, 1978). Apabila energi surya sampai pada sebuah objek, sebahagian energi akan diserap, sebahagian akan dipantulkan, dan sebahagian lagi diteruskan (transmitted) (Watson, 1983). Sifat-sifat bahan yang mengatur penyusunan energi yang diterimanya disebut dengan daya serapan (absorptance), daya pantulan (reflectance) dan daya hantaran (transmittance). Apabila semua ini dijumlahkan maka akan sama dengan satu, seperti persamaan berikut ini.

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (2.10)$$

di mana α adalah daya serapan, ρ adalah daya pantulan dan τ adalah daya hantaran.

Penyerapan radiasi surya memberi kesan pada permukaan luar bagi atap ringan. Cara mengurangi penerimaan kalor surya melalui gabungan atap dan langit-langit ialah dengan menggunakan atap yang diberi cat berwarna terang (Straaten, 1967). Selain itu, permukaan yang licin juga dapat memantulkan sebahagian besar radiasi gelombang pendek (Givoni, 1981).

Metoda lain yang dapat digunakan adalah dengan cara menyembur atap dengan air (Straaten, 1967). Walaupun demikian, penyemburan air pada atap, khususnya bagi daerah panas, banyak yang kurang menguntungkan seperti kebocoran atap, air tertiup angin dan tumbuhnya kulat.

2.1.2 Mengurangi Konduksi Atap

Pengaruh warna luaran atap terhadap suhu langit-langit berkaitan dengan rintangan termal dan muatan kalor dari struktur atap. Apabila ketebalan, rintangan termal dan muatan termal atap bertambah, maka perbezaan suhu maksimum langit-langit yang disebabkan oleh warna luaran akan berkurang (Givoni, 1968).

Persamaan penghantaran kalor sebenarnya hanya memiliki tiga unsur utama, iaitu keluasan permukaan dari kulit bangunan, rintangan termal, dan perbezaan suhu (Watson, 1983). Ketiga unsur tadi memiliki kemungkinan yang sama di dalam mengurangi penerimaan ataupun kehilangan kalor. Pengurangan keluasan, contohnya akan mengurangi aliran kalor. Selain itu, meminimumkan nisbah permukaan-isipadu (membuat bangunan lebih padat) dan mengurangi keluasan relatif dari unsur kulit yang banyak menghantar kalor seperti jendela dan pintu. Apabila sebahagian strategi ini tidak cukup maka boleh diganti dengan menambah rintangan termal pada bahagian lain.

2.1.3 Pengudaraan Ruang atap

Pengudaraan adalah merupakan proses penghantaran ataupun perpindahan udara dalam sebuah ruang dengan udara luar secara alami ataupun mekanikal. Terdapat perbezaan fungsi antara pengudaraan yang berlaku dalam ruang pada bangunan yang dihuni dengan ruang atap yang tak berpenghuni. Pengudaraan dalam ruang hunian mempunyai pengaruh yang terus terhadap fisiologi penghuni, manakala pengudaraan dalam ruang atap tidak memberikan pengaruh yang terus, namun berpengaruh terhadap suhu langit-langit dan aliran kalor melalui langit-langit (Givoni, 1981). Dalam kehidupan sehari-hari, konstruksi atap berlapis ganda telah terbukti boleh mengurangi penerimaan kalor (Baker, 1987).

Apabila atap mendapat pemanasan yang kuat dari radiasi surya, maka suhu udaranya akan meningkat. Udara panas ini dapat dikurangkan apabila ruang atap diberi pengudaraan yang akan memindahkan kalor secara perolakan. Pengudaraan ruang atap juga berfungsi mengelakkan pengembunan pada waktu malam, apabila suhu luar atap turun di bawah suhu udara luar. Walaubagaimanapun, pengudaraan ruang atap tidak memiliki kesan yang terus terhadap pertukaran kalor secara radiasi dari langit-langit yang memancarkan radiasi ke arah bawah (Elias, 1981).

Beberapa cara untuk menimbulkan pengudaraan ruang atap adalah pengudaraan unjuran, pengudaraan tebar layar dan pengalihudara (ventilator) (Watson, 1980). Konsep pengudaraan ini dilaksanakan dalam bentuk yang tetap (static) ataupun bergerak (dynamic). Bentuk pengudaraan yang tetap contohnya adalah liang pada dinding sedangkan yang bergerak ialah jendela dengan ram kaca. Penggunaan atap sebagai alat pengudaraan merupakan contoh rancangan yang tetap.

Infiltrasi (infiltration) adalah merupakan bentuk pengudaraan yang tidak dikehendaki atau tidak disengaja (ASHRAE, 1985). Manakala pengudaraan yang dikehendaki adalah pengudaraan yang berada di bawah pengendalian penghuninya seperti pintu dan jendela. Bagi negara-negara dengan iklim dingin, penembusan ini merupakan satu keadaan yang tidak dikehendaki, kerana ia menyebabkan kalor hilang dari ruang. Sedangkan di negara-negara yang beriklim tropis, pengudaraan secara penembusan dikehendaki kerana membolehkan pengudaraan berlaku di dalam sesebuah ruang seperti ruang atap (Zulkifli, 1991).

Dengan demikian, meskipun di dalam ruang atap tidak terdapat sebarang rancangan khusus bagi pengudaraan, masih mungkin terdapat aliran udara ke dalamnya apabila udara luar menembusi melalui celah genting. Celah ini akan berkurangan apabila kepingan atap yang lebih besar digunakan, seperti besi atau logam gelombang bersalut dan simen asbestos. Pengudaraan ruang atap dengan menggunakan pembukaan khusus dapat mencegah pemanasan yang berlebihan dari langit-langit (Givoni, 1962).

2.1.4 Memberikan Insulasi

Cara untuk mengurangi pemindahan kalor dalam atap ialah dengan menggunakan insulasi. Straaten, et. al. (1957) dan Straaten (1967) menyatakan bahawa insulasi di iklim panas

kering sangat diperlukan bagi atap ringan untuk memastikan penerimaan kalor berlebihan boleh dikurangkan pada musim panas dan pada tahap tertentu juga mengurangi kehilangan panas pada musim dingin.

Terdapat dua jenis insulasi iaitu insulasi rintangan (resistive insulation) dan insulasi pantulan (reflective insulation). Di kawasan yang beriklim panas lembab, atap ringan memerlukan sekecil mungkin insulasi rintangan. Hal ini bergantung kepada besarnya atap yang menyerap kalor. Semakin gelap warna luaran atap semakin banyak pula diperlukan insulasi, meskipun ruang atap diberi pengudaraan (Elias, 1981).

Apabila atap yang diberi insulasi digabungkan dengan pengudaraan ruang atap akan terbina sebuah insulasi termal yang baik. Insulasi yang terkenal untuk menebat aliran kalor adalah papan gentian (Elias, 1981). Penambahan insulasi dalam atap boleh menambah kecekapan atap. Walaubagaimanapun, wujudnya insulasi dalam atap akan menyebabkan naiknya suhu udara dan suhu permukaan atap.

Sifat-sifat termal insulasi dapat diukur dengan menggunakan nilai- U . Semakin rendah nilai- U semakin cekap insulasinya. Untuk atap yang berada di kawasan tropis, Koenigsberger et.al. (1973) mencadangkan bahawa nilai $-U$ untuk keseluruhan atap adalah kira-kira $0.8 \text{ W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Pemindahan kalor terhadap permukaan atap terutama disebabkan oleh radiasi gelombang panjang dan hal ini dipengaruhi oleh suhu permukaan. Radiasi ini dalam perjalanannya di udara tidak dipengaruhi oleh apapun dan tidak langsung mempengaruhi suhu udara. Radiasi ini memiliki panjang gelombangnya sebesar $5 \mu\text{m}$ di mana apabila *aluminium foil* digunakan sebagai insulasi pantulan, maka bahan ini merupakan pemantul yang baik (Elias, 1981). Walaubagaimanapun, penggunaan *aluminium foil* sebagai insulasi hanya akan cekap apabila berlaku dalam ruang udara dengan lebar ruang minimum 25 mm.

2.1.5 Mengurangi Emisiviti Langit-langit

Metoda terakhir untuk mengurangi aliran kalor ke ruang bawah ialah dengan cara menggunakan bahan langit-langit yang memiliki nilai keberpancaran yang rendah. Unggulnya,

bahan langit-langit ini harus memiliki permukaan yang berwarna terang. Metoda yang populer untuk merintangi aliran kalor adalah dengan memasang papan gentian sebagai bahan langit-langit (Elias, 1981).