

**Pemanfaatan Gabungan Teknologi Bangunan Tropis Pasif dan Aktif
pada Bangunan di Daerah Tropis Basah
(studi kasus: Wisma PUSSARPEDAL)**

***The Utilization of Passive and Active Tropical Building Technology
Combination on Buildings in Wet Tropical Areas
(case study: Wisma PUSSARPEDAL)***

Tjandra Kania¹

¹ Program Studi Arsitektur, Institut Teknologi Indonesia
Jl Raya Puspiptek, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Provinsi Banten 15320

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah tropis lembap, memiliki keunggulan dengan melimpahnya sinar matahari di hampir sepanjang tahun, namun juga memiliki kelemahan dengan melimpahnya pula radiasi panas yang dibawa serta oleh sinar matahari yang bersinar di hampir sepanjang tahun. Cahaya alami yang dibawa oleh sinar matahari merupakan cahaya gratis yang seyogyanya dapat dimanfaatkan untuk menerangi ruangan, terutama siang hari. Namun cahaya ini harus dipisahkan dari radiasi panasnya dengan melindungi bidang transparan dari paparan sinar matahari langsung. Tingginya temperatur udara siang hari dan lemahnya tiupan angin di daerah tropis lembap juga dirasakan kurang nyaman untuk beraktifitas, terutama pada siang hari. Untuk keperluan ini telah dilakukan penelitian terhadap bangunan Wisma Pussarpedal di kawasan Perumahan Puspiptek, Setu, Tangerang Selatan, Banten, yang di desain oleh JICA (Japanese International Corporation Agency), yang memanfaatkan penggabungan teknologi bangunan tropis pasif dan teknologi bangunan tropis aktif agar kenyamanan termal dan visual tetap terjadi namun dengan penggunaan energi yang rendah. Di bangunan ini, pencahayaan alam untuk siang hari digunakan, baik di ruang tidur maupun di ruang kantor dan ruang rapat, sementara penghawaan alam digunakan di ruang lobby utama dan ruang tunggu. Dengan meneliti penggabungan penggunaan teknologi bangunan tropis pasif dan teknologi bangunan tropis aktif yang digunakan, dapat diketahui kenyamanan yang sesungguhnya terjadi. Melalui pelaksanaan pengukuran parameter yang diperlukan sepanjang tahun, akhirnya dapat ditemukan bahwa kuat pencahayaan yang terjadi di ruang rapat pada titik ukur utama pada siang hari adalah 975,8 lux (menurut SNI 03 -6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung, kuat pencahayaan ruang rapat minimal adalah 350 lux), sementara pergantian udara yang terjadi di lobby utama berada di atas batas minimal yang disyaratkan menurut Boutet, 1987, (besar pergantian udara yang disyaratkan minimal 8,207 m³/min, sementara yang terjadi ketika ada angin di luar sebesar 0,1 m/s adalah 12,15 m³/min hingga 24,3 m³/min).

Kata Kunci : kenyamanan visual dan termal, teknologi bangunan tropis pasif , teknologi bangunan tropis aktif

Abstract

Indonesia is a country located in humid tropical zone that has advantage as there is abundant sunray almost along the year, but at the same time it also has disadvantage as there is much heat

radiation accordingly. The natural light given by the sun is free and should therefore be utilised to illuminate rooms, especially during the day time. But it has to be separated from the heat radiation by protecting transparent surfaces from direct sun exposure. High daytime temperature and the weakness of the wind in humid tropical zone make inconvenience for people to do any activities, in the daytime in particular. For this, a research has been carried out by taking Wisma Pussarpedal - designed by JICA (Japanese International Corporation Agency - within Puspiptek settlement complex, Setu, South Tangerang as the object. It utilizes the combination of passive tropical building technology and active tropical building technology to achieve thermal and visual comforts by using low energy. This building uses natural light during the day time for bedrooms, the office, and meeting rooms, while natural air is used in the main lobby and waiting room. By doing the research on the combination of passive and active tropical building technologies used, the real level of comfort can be learned. By measuring necessary parameters along the year, finally it is unveiled that the illumination in the meeting room at the main measuring point during the day time is 975,8 lux (in accordance to SNI 03 - 6575 - 2001 about the design procedure of artificial lighting system in buildings, the minimal illumination for meeting rooms is 350 lux), whereas air change in the main lobby is above the lower condition limit defined by Boutet, 1987 (the lower condition limit is 8,207 m³/min), i.e. between 12,15 m³/min and 24,30 m³/min when the wind speed outside is 0,1 m/s.

Keyword : visual and thermal comfort, passive tropical building technology, active tropical building technology

*Penulis Korespondensi. Telp:+62 21 7561092; fax: +62 21 7560542
Alamat E-mail: tjandra_k@yahoo.com (Tjandra Kania)

1. Pendahuluan

Pada jaman dahulu, jenis dan ragam aktifitas manusia masih sebatas pada hal-hal yang terkait dengan pemenuhan kebutuhan dasar hidup seperti makan, melangsungkan keturunan, melakukan kegiatan ritual, membuat tempat berlindung dari iklim dan binatang buas. Ketika kehidupan berkembang, bentuk aktifitas berkembang, kebutuhan akan kenyamanan baik fisik maupun psikis pun meningkat, diiringi dengan berkembangnya ilmu pengetahuan serta teknologi, ternyata menciptakan ketergantungan manusia terhadap penggunaan energi secara besar-besaran [1]. Pemahaman prinsip arsitektur tropis lembap di Indonesia, perlu menciptakan bangunan dengan ruang-ruang yang nyaman dan sehat dengan pemecahan masalah dan pemanfaatan potensi iklim tropis lembap, agar didapat penghematan energi, pelestarian lingkungan dan penghematan sumberdaya alam [2].

Manusia dalam berkarya membutuhkan kenyamanan. Bila kenyamanan baik visual maupun termal tidak terpenuhi, maka produktivitas manusia dalam berkarya akan menurun. Arsitektur tropis dengan teknologi bangunan tropisnya diharapkan mampu menjawab seluruh persoalan iklim di daerah tropis tersebut dengan bentuk rancangan yang hampir tanpa batas [1].

Untuk bangunan yang didirikan di daerah tropis lembap maka bangunan yang sesuai

dengan lingkungan dan iklimnya tentulah bangunan yang dibangun dengan menggunakan teknologi bangunan tropis, baik berupa teknologi pasif maupun teknologi aktif. Teknologi bangunan tropis pasif adalah suatu teknologi dan metodologi membangun bangunan di daerah tropis, sehingga ketika bangunan sudah selesai dibangun, bangunan itu sudah nyaman baik secara fisik maupun psikis tanpa memerlukan elemen pendukung lainnya, sementara teknologi bangunan tropis aktif adalah suatu teknologi dan metodologi membangun di daerah tropis, namun setelah bangunan beroperasi, bangunan masih memerlukan tambahan alat bantu untuk menciptakan kenyamanan, terutama termal dan visual.

Jaman dulu nenek moyang bangsa kita, telah menciptakan kearifan lokal sendiri dengan mendirikan bangunan vernakular yang umumnya ramah dan adaptif terhadap lingkungan tropis lembap. Saat ini, tuntutan akan kenyamanan semakin meningkat apalagi dengan berbagai macam fasilitas yang tersedia, sehingga banyak bangunan, terutama dikota besar seperti Jakarta, memberikan kenyamanan termal dan visual melalui penggunaan alat bantu yang notabene mengkonsumsi energi yang tidak sedikit. Sebagai contoh konsumsi energi yang digunakan untuk menunjang pencahayaan buatan, menduduki peringkat kedua terbesar setelah penghawaan buatan (AC), sebagai contoh data yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Japan

International Corporation Agency pada tahun 2009, menemukan bahwa penggunaan energi terbesar untuk bangunan pemerintahan adalah untuk keperluan AC, sebesar 47%, yang diikuti oleh penggunaan lampu 25%, lift 22% dan keperluan lainnya 6% [3].

Berpijak dari hal tersebut, dirasa perlu dilakukan penelitian bagaimana bangunan di daerah tropis lembap, terutama bangunan rendah dapat menggabungkan penerapan teknologi bangunan tropis pasif dan aktif. Dengan hasil penelitian ini diharapkan para arsitek dapat merancang lebih banyak lagi bangunan yang menggunakan keuntungan dari menggabungkan teknologi bangunan tropis pasif dan teknologi bangunan tropis aktif, sehingga kenyamanan dapat diperoleh, tapi konsumsi energinya juga rendah.

Kajian penelitian dilakukan terhadap gedung Wisma Pussarpedal yang merupakan bangunan rendah berlantai dua dan terletak di kawasan Perumahan Puspipetek, Setu, Tangerang Selatan, Banten. Bangunan ini menggunakan teknologi bangunan tropis pasif yang dipadukan dengan pemanfaatan teknologi bangunan tropis aktif. Penerapan teknologi bangunan tropis pasif diaplikasikan dengan memanfaatkan cahaya matahari di siang hari sehingga ruang cukup terang dan tidak memerlukan lampu, sementara penggunaan "*sun shading devices*" untuk melindungi bidang kaca yang luas dari paparan sinar matahari langsung, dapat menurunkan suhu ruangan, dan pada gilirannya beban AC juga menurun. Selain itu penghawaan alami di ruang komunal (ruang lobby utama dan ruang tunggu) juga dapat mengurangi beban AC. Pemanfaatan teknologi bangunan tropis aktif dilakukan untuk pencahayaan di malam hari, AC di ruang rapat, dan AC ruang tidur yang hanya dihuni ketika malam hari.

2. Teori Dasar

a. Teknologi bangunan tropis pasif

Indonesia, sebagai sebuah negara yang terletak di daerah katulistiwa sebenarnya memiliki keuntungan dengan melimpahnya sinar matahari. Dengan sinar matahari yang melimpah berarti Indonesia memiliki sumber pencahayaan alam yang sangat banyak, namun dibalik itu ada juga kerugiannya yakni selain menghasilkan cahaya yang dibutuhkan untuk aktivitas melihat, sinar matahari juga membawa serta radiasi panas yang menjadi sumber ketidak nyamanan, yakni rata-rata 200-250 W/m² selama setahun [4].

Lippsmeier (1994) mengatakan bahwa diperlukan suatu cara tersendiri untuk menikmati faktor iklim yang menguntungkan dan

menghindari faktor iklim yang merugikan, diantaranya :

- Pemanfaatan angin untuk menciptakan ventilasi silang dengan memposisikan bangunan tegak lurus arah angin.
- Menghindari masuknya sinar matahari langsung yang mengandung panas namun memanfaatkan cahayanya sebagai sumber pencahayaan alami, dengan cara membuat perlindungan terhadap matahari dan penggunaan material dan warna yang tepat.
- Mereduksi kelembapan yang tinggi akibat tingginya curah hujan dengan melindungi permukaan bangunan dari hujan.

Teori ini merupakan dasar perancangan bangunan dengan menggunakan teknologi bangunan tropis pasif, antara lain :

1) Pengurangan radiasi panas

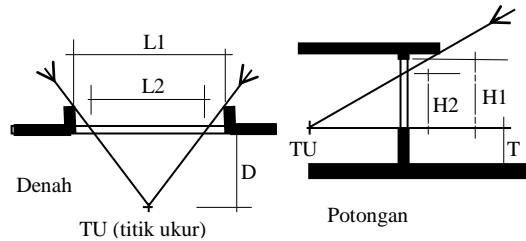
Pengurangan radiasi panas matahari dilakukan dengan menggunakan pelindung sinar matahari ("*sun shading devices*"). Lebar sirip pelindung, menurut Lippsmeier (1994), tergantung dari jam perlindungan yang dikehendaki dan arah hadap bidang yang akan dilindungi.

Seluruh permukaan bangunan harus terlindungi dari sinar matahari secara langsung. Dinding dapat dibayangi oleh pepohonan. Atap perlu diberi isolator panas atau penangkal panas. Langit-langit umum dipergunakan untuk mencegah panas dari atap merambat langsung ke bawahnya [4].

2) Pemanfaatan Cahaya Matahari

Menurut Mangunwijaya (1994), cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan adalah cahaya matahari diffuse yang dipancarkan kembali oleh bidang langit, yang nilainya berubah-ubah dari 0-100.000 lux, namun agar perhitungan menjadi lebih sederhana, maka terang langit dianggap selalu sama, yaitu sebesar 10.000 lux, dan dinamakan sebagai terang langit perencanaan.

Kuat pencahayaan alam ke dalam ruang dapat dihitung dengan menggunakan rumus perbandingan antara tinggi lubang efektif dengan kedalaman letak titik ukur, dan perbandingan antara lebar lubang efektif dengan kedalaman titik ukur (Gambar 1)., hasilnya merupakan angka persen, dan dapat dilihat berdasarkan tabel kemudian dikalikan terang langit perencanaan yang bernilai 10.000 lux.



Gambar 1. Letak Titik Ukur [4]

dengan :

- L2 : lebar lubang cahaya efektif, yaitu lebarnya lubang cahaya yang tampak dan tanpa penghalang dari titik ukur x
 H2 : tinggi lubang cahaya efektif, yaitu ketinggian lubang cahaya yang tampak dengan tanpa penghalang dari titik ukur x
 D : kedalaman letak titik ukur dari jendela
 T : ketinggian titik ukur, yaitu ketinggian bidang kerja, biasanya digunakan ketinggian 0,75-1 m

Contoh :

Lebar lubang efektif 2 m, kedalaman titik ukur juga 2 m, dan tinggi lubang efektif 1 m, maka $H/D = 1/2 = 0,5$; $L/D = 2/2 = 1$, dari tabel Faktor Langit sebagai Fungsi dari H/D dan L/D terlampir di bawah ini, dapat dilihat kuat cahaya di titik ukur adalah $2,1\% \times 10.000 \text{ lux} = 211 \text{ lux}$.

Tabel 1. Faktor Langit sebagai Fungsi H/D dan L/D [6]

L/D \ H/D	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10
0.2	0.06	0.12	0.17	0.22	0.27	0.30	0.33	0.36	0.38	0.40
0.3	0.13	0.26	0.37	0.48	0.57	0.65	0.72	0.77	0.82	0.86
0.4	0.22	0.43	0.62	0.80	0.96	1.09	1.20	1.30	1.38	1.44
0.5	0.32	0.62	0.91	1.17	1.39	1.59	1.76	1.90	2.02	2.11
0.6	0.42	0.82	1.20	1.55	1.85	2.12	2.34	2.53	2.69	2.83
0.7	0.52	1.02	1.50	1.93	2.31	2.64	2.93	3.18	3.38	3.55
0.8	0.62	1.22	1.78	2.29	2.75	3.16	3.50	3.80	4.05	4.26
0.9	0.71	1.40	2.04	2.64	3.17	3.63	4.04	4.39	4.69	4.94
1.0	0.79	1.56	2.29	2.95	3.56	4.09	4.55	4.95	5.29	5.57
1.5	1.10	2.17	3.18	4.13	4.99	5.77	6.45	7.05	7.58	8.03
2.0	1.27	2.51	3.69	4.80	5.81	6.74	7.56	8.29	8.94	9.51
2.5	1.37	2.70	3.98	5.18	6.29	7.31	8.22	9.03	9.76	10.40
3.0	1.43	2.82	4.16	5.42	6.59	7.66	8.62	9.49	10.27	10.96
3.5	1.47	2.90	4.28	5.58	6.78	7.89	8.89	9.79	10.60	11.33
4.0	1.49	2.96	4.36	5.68	6.91	8.04	9.07	10.00	10.83	11.58
4.5	1.51	2.99	4.41	5.76	7.01	8.15	9.20	10.15	11.00	11.76
5.0	1.53	3.02	4.46	5.81	7.07	8.24	9.29	10.25	11.12	11.90
6.0	1.54	3.06	4.51	5.88	7.17	8.34	9.42	10.40	11.28	12.07

3) Pemanfaatan ventilasi silang

Bila arah dan kecepatan angin diketahui, sedangkan sistem ventilasi yang diinginkan kearah mendatar, maka Boutet (1987), mengutarakan rumus yang dapat

digunakan untuk menghitung luas lubang ventilasi yang dibutuhkan, yakni :

$$Q = A \times V \times C_f \times C_v$$

dengan:

- Q : pergantian udara yang dibutuhkan (m^3/sekon)
 A : luas lubang inlet (m^2)
 V : kecepatan angin (m/sekon)
 Cf : faktor koefisien (besarnya 60)
 Cv : efektivitas bukaan (besarnya 0,5-0,6 untuk angin yang tegak lurus lubang, atau 0,25-0,35 untuk angin dengan arah miring terhadap lubang, dikali dengan konstanta efektivitas bukaan)

Tabel 2. Konstanta Efektivitas Bukaan [7]

Inlet : outlet	Konstanta efektivitas bukaan	Inlet : outlet	Konstanta efektivitas bukaan
1 : 1	1,00	1 : 5	1,40
1 : 2	1,27	2 : 1	0,63
1 : 3	1,35	4 : 1	0,35
1 : 4	1,38	4 : 3	0,68

4) Pemanfaatan ventilasi atap dan plafond yang tinggi.

Angin mengalir dari suhu rendah menuju suhu yang lebih tinggi. Ruang bawah atap merupakan bagian yang menerima radiasi terbesar, sehingga memiliki suhu yang panas. Sebaiknya ruang bawah atap dilengkapi lubang ventilasi, sehingga akan menarik udara dari dalam ruang untuk dialirkan ke luar bangunan.

Melalui lubang ventilasi yang terletak di bagian atap, maka tekanan udara panas di dalam ruang akan tertarik dan terbuang ke luar melalui atap [4].

5) Mengurangi kelembaban

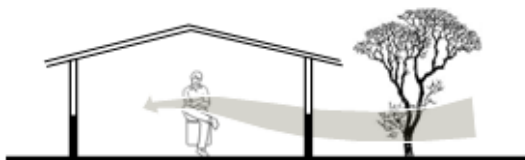
Kelembaban yang ada di dalam bangunan umumnya berasal dari uap air yang memang dihasilkan dari dalam ruang itu sendiri, keadaan udara yang memang sudah lembab atau bisa juga berasal dari air yang berasal dari luar ruangan, kemudian masuk ke dalam ruang.

Menurut Lippsmeier (1994) kelembapan yang berasal dari hujan dapat terjadi karena adanya air yang masuk melalui lubang, walaupun lubang tersebut sangat kecil. Perletakan bangunan yang dianjurkan untuk menangkap angin (tegak lurus arah angin) akan mempermudah masuknya air ke dalam ruang, karena gerakan angin justru akan mendorong air masuk ke dalam lubang-lubang kecil di sela-sela konstruksi. Pada

prinsipnya pelindung matahari sebenarnya juga berfungsi sebagai pelindung terhadap hujan.

Untuk melindungi bangunan dari hujan, atap perlu mendapat perhatian utama, misalnya setiap sambungan harus dilindungi dengan sumbat dan cat permukaan yang kuat. Selain itu pada saat hujan, air yang tertiuap angin dan mengotori bagian bawah bangunan perlu diatasi dengan penggunaan material yang tidak meneruskan kelembaban ke dalam ruang, tahan terhadap pelapukan, dan tahan terhadap korosi.

Pada dasarnya kelembaban perlu dikurangi dari dalam ruang karena kelembaban yang tinggi akan mengurangi kenyamanan [8].



Gambar 2. Aliran Angin melalui Rimbunan Pohon

b. Teknologi bangunan tropis aktif

Teknologi bangunan tropis aktif adalah suatu cara yang digunakan untuk menghasilkan suatu bangunan di daerah tropis yang nyaman bagi penghuninya dengan menggunakan alat bantu berupa peralatan mekanik.

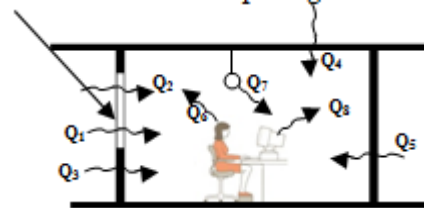
- 1) Penanggulangan panas, kelembaban, dan aliran udara

Pada penggunaan teknologi bangunan tropis aktif, semua panas yang masuk dan dihasilkan di dalam ruang harus dihilangkan dengan menggunakan pengkondisian udara buatan. Untuk itu masuknya panas ke dalam ruang harus diminimalkan sehingga penggunaan energi listriknya bisa lebih kecil.

Selain itu, kelembaban dan aliran angin juga perlu diatur agar sesuai dengan kebutuhan yang terpenting bagaimana kita dapat memperoleh kenyamanan termal seperti yang diharapkan namun dengan pembiayaan yang seminimal mungkin.

Szokolay (1980), mengungkapkan pendapatnya tentang pertambahan panas di dalam ruang, adalah diakibatkan oleh adanya beban radiasi panas matahari langsung melalui bidang kaca, transmisi panas melalui bidang dinding dan atap, pertambahan panas karena peralatan, lampu dan manusia, pertambahan panas karena adanya kebutuhan pergantian udara, dan adanya pendinginan karena penguapan.

Sementara itu Pita (1981) berpendapat bahwa bertambahnya panas di dalam ruang antara lain akibat radiasi dan transmisi panas melalui bidang kaca, transmisi panas melalui bidang dinding dan atap dan akibat aktivitas manusia seperti gambar berikut:



Gambar 3. Beban Panas ke dalam Ruang [9]

Beban panas yang harus dibuang dari ruangan agar ruangan menjadi nyaman :

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8$$

dengan:

- Q_1 : radiasi dan transmisi panas langsung melalui kaca
- Q_2 : radiasi dan transmisi panas diffuse melalui kaca
- Q_3 : transmisi panas melalui dinding luar
- Q_4 : transmisi panas melalui atap
- Q_5 : transmisi panas dari ruang lain
- Q_6 : beban panas karena manusia
- Q_7 : beban panas karena lampu
- Q_8 : beban panas karena peralatan

Dengan memberikan pembayangan pada bidang kaca, maka beban panas yang masuk dapat berkurang hingga 1/5 dari beban kaca yang tidak terlindungi, tergantung disisi mana bidang kaca tersebut diletakkan.

Baik dalam perhitungan dengan cara Szokolay (1980) maupun cara Pita (1981), ternyata penggunaan material kaca memberikan dampak paling besar dalam memasukkan panas ke dalam ruang, apalagi kalau kaca tersebut terpapar sinar matahari langsung.

- 2) Pencahayaan dalam Ruang

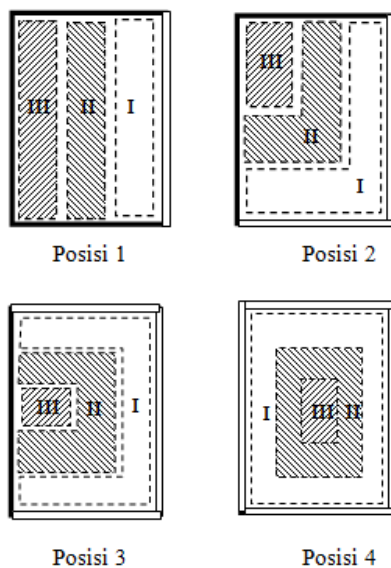
Pada bangunan yang menggunakan teknologi bangunan tropis aktif, masalah pencahayaan dalam ruang umumnya diperoleh dengan dua cara, yaitu dari pencahayaan alam dan pencahayaan buatan.

Menurut Van Harten (2002) teori untuk merancang kuat pencahayaan sebuah ruangan perlu diketahui :

- Fungsi ruang, untuk menentukan kuat pencahayaan yang dibutuhkan, warna cahaya lampu yang direkomendasikan, dan Ra (colour rendering) yang sebaiknya diberikan.

- Ukuran / dimensi ruangan, untuk menentukan indeks ruangan (k) yang kemudian akan menentukan besarnya rendemen ruang
- Warna dinding, langit-langit dan lantai, untuk menentukan faktor refleksi dinding (r_w), faktor refleksi langit-langit (r_p), dan faktor refleksi lantai (r_m), umumnya nilai $r_m = 0,1$.
- Faktor depresiasi/penyusutan, nilai ini tergantung dari sifat pengotoran ruang dan umur lampunya, bila tingkat pengotorannya tidak diketahui, umumnya faktor depresiasi dianggap 0,8
- Sistem pencahayaan dan armatur yang digunakan, untuk menentukan sifat penyebaran cahaya

Sementara Kania (2008) berpendapat bahwa pembagian wilayah stop kontak sebaiknya dilakukan dengan memperhatikan lokasi jendela. Daerah yang sepanjang siang selalu memperoleh pencahayaan yang cukup dari bidang jendela tak perlu memperoleh pencahayaan buatan kecuali jika mendung atau malam hari, sehingga pembagian daerah untuk stop kontak diatur sebagai berikut:



Gambar 4. Zona Pengaturan Stop Kontak [10]

Keterangan :

- Posisi 1 : ruangan dengan jendela satu sisi
Posisi 2 : ruangan dengan jendela dua sisi
Posisi 3 : ruangan dengan jendela tiga sisi
Posisi 4 : ruangan dengan jendela empat sisi
Daerah I : daerah yang selalu terang ketika siang hari
Daerah II : daerah yang gelap sewaktu mendung (dalam keadaan

siang hari)

Daerah III : daerah yang selalu kurang pencahayaannya walaupun tidak mendung (dalam keadaan siang hari)

Sementara itu para ahli juga bersepakat untuk menetapkan kuat pencahayaan yang dibutuhkan untuk berbagai kegiatan, melalui standar yang dinamakan Standar Nasional Indonesia (SNI), diantaranya adalah standar yang digunakan untuk mengatur kuat pencahayaan bagi penginapan, yaitu:

Tabel 4. Kuat Pencahayaan dan Daya yang Dianjurkan untuk Penginapan [11, 12]

Fungsi dan nama ruang	Kuat Pencahayaan (lux)	Daya pencahayaan max (W/m ²)
Perkantoran :		
Ruang Direktur	350	15
Ruang kerja	350	15
Ruang komputer	350	15
Ruang rapat	300	15
Ruang gambar	750	30
Ruang arsip	150	5
Ruang arsip aktif.	300	15
Hotel dan Restoran		
Lobby, koridor	100	10
Ruang sidang	200	20
Ruang makan.	250	25
Cafetaria.	250	10
Kamar tidur.	150	17
Dapur.	300	15

3. Metodologi

Metode yang dipergunakan untuk melaksanakan penelitian di Wisma Pussarpedal ini adalah :

1. Melakukan pengukuran sudut jatuh sinar matahari selama satu tahun untuk masing-masing sisi bangunan dengan memakai *sun-path diagram*, agar pembayangan di keempat sisi bangunan dapat diketahui. Dengan adanya pembayangan yang cukup baik, maka masuknya radiasi matahari langsung menjadi sangat berkurang.
2. Melakukan perhitungan terhadap masuknya cahaya alam ke dalam ruang, dengan menggunakan faktor langit sebagai fungsi H/D dan L/D, terutama ruang utama di gedung ini, seperti ruang rapat dan ruang tidur agar diketahui apakah ruangan masih membutuhkan cahaya tambahan.
3. Dilakukan perhitungan aliran angin dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Boutet (1987) untuk mengetahui bagaimana pergerakan angin yang dapat membantu menciptakan kenyamanan termal secara pasif.
4. Dilakukan analisis kenyamanan termal dengan menggunakan diagram Olgyay, untuk

mengetahui tingkat kenyamanan termal yang terjadi akibat adanya pergerakan angin.

Latar Belakang Berdirinya

Bangunan Wisma Pussarpedal yang terletak bersebelahan dengan Wisma Tamu (Guest House) di kawasan kompleks Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTEK) di kecamatan Setu, Kotamadya Tangerang Selatan, awalnya dibangun untuk menampung peserta seminar, pelatihan atau rapat kerja bagi masalah yang berkaitan dengan dampak lingkungan, namun kemudian, wisma ini juga digunakan untuk menampung peserta seminar, rapat kerja, ataupun pelatihan dan pertemuan lain yang berkaitan dengan kegiatan lembaga-lembaga lain di luar Pussarpedal. Karena bangunan ini diperuntukkan bagi Pussarpedal yang berkecimpung dalam pengendalian dampak lingkungan agar diperoleh pengendalian lingkungan yang berkelanjutan, maka teknologi bangunan yang digunakan berlainan dengan teknologi bangunan yang digunakan untuk merancang Wisma Tamu. Bangunan ini dirancang menggunakan gabungan teknologi bangunan tropis pasif dan aktif. Perancang bangunan Wisma Pussarpedal adalah JICA (Japanese International Corporation Agency).

Keadaan Lingkungan

Wisma Pussarpedal terletak di dalam kawasan perumahan yang terkesan sejuk karena adanya pepohonan peneduh yang cukup tinggi dan rimbun, sehingga ketika siang hari udara di kawasan ini tidak terasa panas. Letak Wisma Pussarpedal juga berdekatan dengan sarana olah raga. Keadaan disekitar tapak: jalan masuk ditumbuhi jajaran pohon tanjung yang sangat rimbun sehingga pada siang hari orang tak perlu menggunakan payung bila berjalan di jalan masuk. Dibagian depan tapak berjajar pohon sawo Kecik, di tepi jalan di sisi timur bangunan ditanami dengan pohon Kasia Multijuga yang dipadu dengan pohon Sawo Kecik, di sisi utara tapak ditumbuhi dengan pohon karet. Penghijauan pada tapak (sekitar bangunan): sisi utara dan selatan berupa hamparan rumput, sedangkan lahan pada sisi bagian barat digunakan sebagai halaman parkir, dan sisi timur digunakan sebagai jalur service.

Saat bulan Juni jam 15.00, pada tampak barat laut terlihat bayangan yang terbentuk akibat desain atap yang bergerigi. Bayangan cukup baik karena selain cukup memberikan perlindungan, sinar datangnya pun tidak frontal mengenai bidang kaca.

Pada tampak selatan terlihat penggunaan kaca rayband yang sangat banyak, terutama pada

lantai dasar yang digunakan untuk daerah kerja. Disini juga terlihat rimbunan pepohonan disisi selatan bangunan (latar depan) yang mempengaruhi kualitas angin yang masuk ke dalam bangunan (angin yang bertiup melalui rimbunan pohon akan lebih sejuk dibanding yang tidak melalui pohon)



Gambar 5. Tampak Barat Laut



Gambar 6. Tampak Selatan



Gambar 7. Lubang pada Atap

Lubang diatas konstruksi pemikul atap dapat bermanfaat sebagai lubang ventilasi, sehingga tidak terjadi adanya kantung udara panas. Bahan atap menggunakan aluminium gelombang berselang seling dengan polycarbonate sebagai bidang cahaya alam, untuk membantu pencahayaan di daerah void (pada siang hari). Peta lokasi kawasan dan site plan kawasan dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.

Tata Ruang Dalam dan Bentuknya

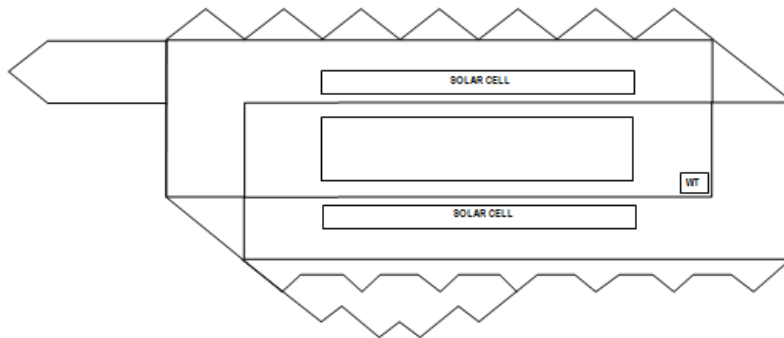
Bangunan Wisma Pussarpedal berdiri memanjang dari barat ke timur, dengan pintu masuk menghadap ke barat. Denah bangunan ini dapat terlihat di lembar berikut (Gambar 10, 11 dan 12), sementara tampak eksterior dan interior bangunan dapat dilihat pada Gambar 13 dan 14



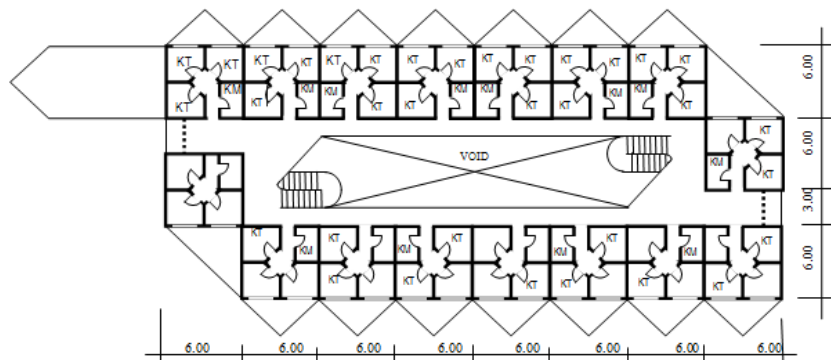
Gambar 8. Lokasi Kawasan Puspiptek



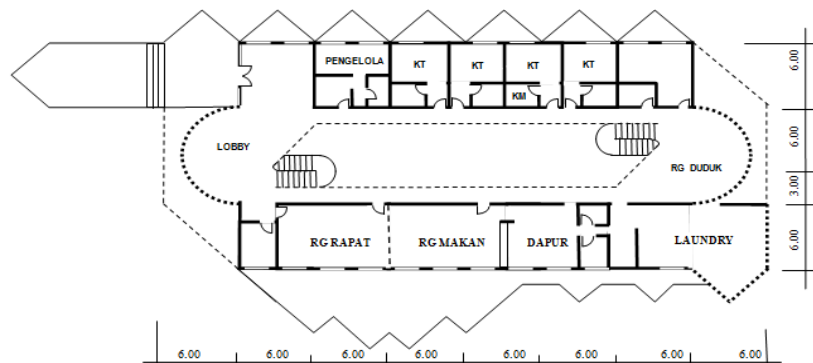
Gambar 9. Lokasi Wisma Pussarpedal



Gambar 10. Denah Atap Wisma Pussarpedal



Gambar 11. Denah Lantai Dua Wisma Pussarpedal

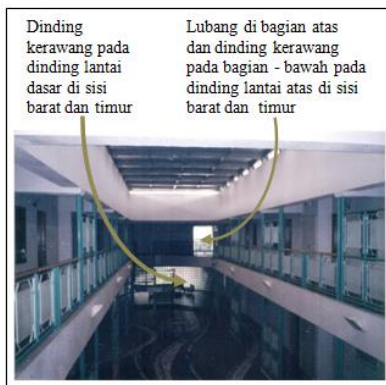


Gambar 12. Denah Lantai Dasar Wisma Pussarpedal

Material yang Digunakan

Material yang digunakan pada bangunan ini adalah material yang umum digunakan pada gedung-gedung saat ini, yaitu :

- Dinding merupakan pasangan batu bata yang diplesir, hanya disini ditambahkan dengan penggunaan dinding kerawang (berlubang-lubang) pada dinding yang berbentuk setengah lingkaran, yang digunakan untuk ventilasi pada dinding depan dan belakang di lantai atas
- Bidang jendela yang banyak diletakkan pada sisi utara dan selatan, terutama di lantai dasar, diselesaikan dengan menggunakan kaca ray-band, sehingga memberikan kesan teduh pada bagian ruang dalam.
- Atap merupakan atap plat beton, karena pada bagian atasnya digunakan untuk meletakkan solar-sel, sedangkan atap dibagian tengah (atap ruang void), ditutup dengan aluminium gelombang yang dipadukan dengan polycarbonate, untuk memasukkan cahaya matahari ke ruang dalam.
- Lantai diselesaikan dengan memakai penutup lantai dari bahan keramik yang disusun dengan pola tertentu.
- Tangga yang digunakan merupakan tangga logam, dicat dengan warna hijau.



Gambar 13. Suasana di Koridor Lantai Dua

Lubang dan dinding kerawang pada lantai atas serta dinding kerawang di lantai bawah (Gambar 13 dan 14) berfungsi pula sebagai lubang ventilasi untuk memasukkan aliran angin yang datang dari arah barat atau timur.

4. Hasil dan Pembahasan

Sesuai dengan tujuannya semula bahwa Wisma ini dibangun untuk kepentingan Pussarpedal (Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan), maka wisma ini dibangun dengan memperhatikan lingkungan sehingga diusahakan agar tidak memberikan dampak negatif bagi lingkungannya. Untuk itu pihak perencana

(JICA), membuat bangunan ini dapat beroperasi dengan menggabungkan teknologi bantuan tropis pasif dengan teknologi bangunan tropis aktif, namun dengan dominasi teknologi bangunan tropis pasif.



Gambar 14. Tangga logam dengan dinding kerawang di belakangnya

Orientasi bangunannya dirancang sesuai dengan kaidah arsitektur tropis, yaitu memanjang ke arah timur - barat, sehingga bidang bukaan menghadap ke arah utara dan selatan.

A. Pengaruh Sinar Matahari

Seperti pada bangunan di daerah tropis lembap lainnya, sinar matahari langsung yang dirasakan sudah mengganggu adalah sinar matahari langsung pada jam 10.00 - 15.00, karena dirasakan panas bila langsung masuk ke dalam ruangan. Sebenarnya, kamar tidur di wisma ini baru terisi penghuni pada sore hari (setelah jam kantor, yaitu setelah jam 17.00) sampai pagi hari sebelum jam kantor dimulai (sebelum jam 08.00), kecuali jika rapat/pertemuan diadakan di wisma ini, namun bila sepanjang siang hari ruangan menerima sinar matahari langsung yang mengganggu, maka panasnya akan dirasakan sampai sore hari, apalagi bila kita perhatikan wisma ini memiliki jendela kaca yang lebar. Untuk mengatasi hal itu, perencana memberikan perlindungan terhadap sinar matahari langsung berupa *sun shading devices* yang berbentuk gerigi, seperti terlihat pada denah.

Tabel 5. Sudut jatuh sinar matahari pada bulan Juni dan Desember

Perhitungan menggunakan jam matahari	Sisi utara dengan perhitungan terhadap jejak matahari bulan Juni		Sisi selatan dengan perhitungan terhadap jejak matahari bulan Desember	
	Sudut horizontal	Sudut vertikal	Sudut horizontal	Sudut vertikal
Jam				
10.00	53 ⁰	53 ⁰	57 ⁰	72 ⁰
11.00	42.5 ⁰	59 ⁰	34 ⁰	74 ⁰
12.00	3 ⁰	61 ⁰	10 ⁰	75 ⁰
13.00	32 ⁰	60 ⁰	46 ⁰	74 ⁰

Pemanfaatan Gabungan Teknologi Bangunan Tropis Pasif dan Aktif pada Bangunan di Daerah Tropis Basah
(studi kasus: Wisma PUSSARPEDAL)
Tjandra Kania

Perhitungan menggunakan jam matahari	Sisi utara dengan perhitungan terhadap jejak matahari bulan Juni		Sisi selatan dengan perhitungan terhadap jejak matahari bulan Desember	
	Sudut horizontal	Sudut vertikal	Sudut horizontal	Sudut vertikal
Jam				
14.00	53°	58°	62°	71°
15.00	57°	51°	67°	66°

Pengaruh sinar matahari langsung pada bangunan ini dapat dianalisa melalui tampak bangunannya untuk semua posisi selama satu dengan pertolongan *sun-path diagram*. Pengaruh pembayangannya akan ditentukan oleh sudut jatuh sinar horisontal dan sudut jatuh sinar vertikalnya (Tabel 5).

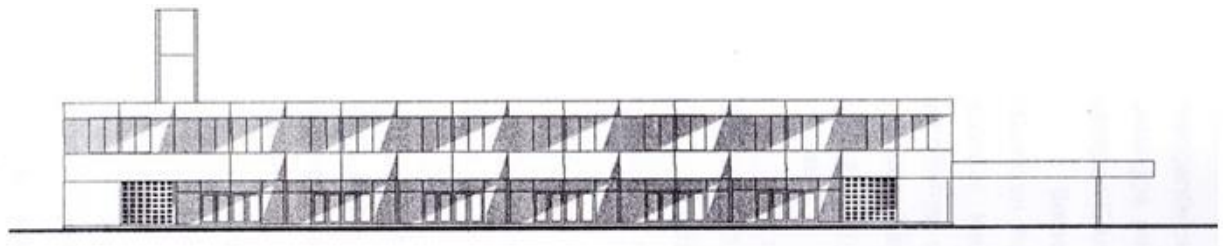
Tabel 6. Sudut jatuh sinar matahari sepanjang tahun untuk sisi timur dan sisi barat

Bulan	Sisi timur pada jam 10.00		Sisi barat pada jam 15.00	
	Sudut horizontal	Sudut vertikal	Sudut horizontal	Sudut vertikal
Desember	31°	64.5°	23°	43°
Jan / Nov	29°	64.5°	20°	42°
Feb / Okt	8°	64°	7°	41.5°
Mart / Sept	12°	63°	3°	41.5°
Apr / Agst	37°	62°	18°	41°

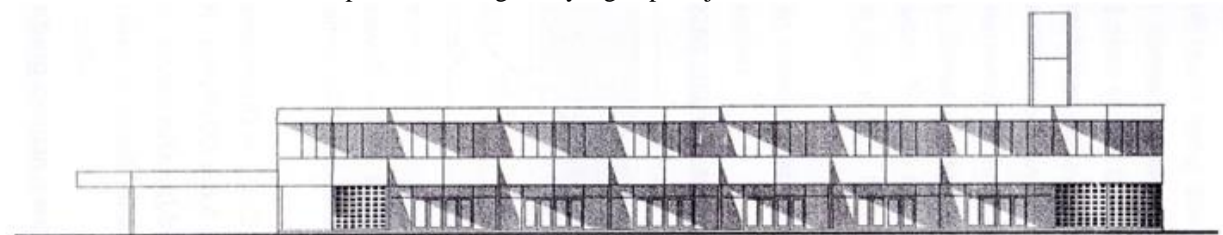
Bulan	Sisi timur pada jam 10.00		Sisi barat pada jam 15.00	
	Sudut horizontal	Sudut vertikal	Sudut horizontal	Sudut vertikal
Mei / Juli	15°	61.5°	30°	40°
Juni	49°	61°	33°	39°

Sudut sinar yang akan mengakibatkan makin panjangnya pematah sinar matahari (*sun shading devices*), terjadi pada bulan Juni untuk sisi utara, dan bulan Desember untuk sisi selatan (bayangan yang terjadi merupakan bayangan terpendek, karena sudut jatuhnya sinar mengecil). Sedangkan pada sisi timur, sudut sinar terkecil terjadi pada bulan Juni jam 10.00, dan pada sisi barat terjadi pada bulan Juni pula, namun jam 15.00 (Tabel 6).

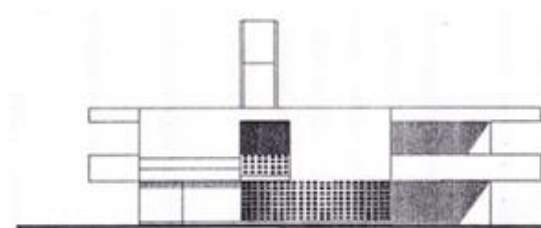
Hasil analisa terhadap arah sudut sinar matahari langsung yang terkecil (yang memerlukan perlindungan yang lebih besar) pada sisi utara dan sisi selatan terlihat pada Gambar 14.



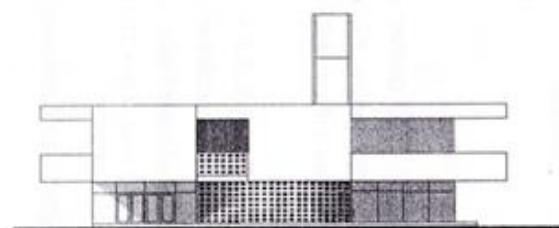
Gambar 15. Tampak Utara dengan bayangan pada jam 15.00 di bulan Juni



Gambar 16. Tampak Selatan dengan bayangan pada jam 15.00 di bulan Desember

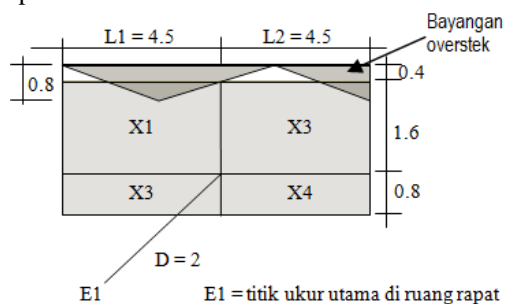


Gambar 17. Tampak Barat dengan bayangan pada bulan Juni jam 15.00



Gambar 18. Tampak Timur dengan bayangan pada bulan Juni jam 10.00

Dari sketsa tampak pada keempat sisi bangunan (Gambar 15, 16, 17, dan 18) yang sinar matahari langsungnya memiliki sudut paling kecil, terlihat bahwa disain bangunan ini sangat baik dalam mengantisipasi pengaruh buruk yang ditimbulkan oleh radiasi matahari langsung, sehingga penambahan panas ke dalam ruang (baik menurut teori Szokolay maupun Pita) akan sangat berkurang. Sementara pemanfaatan cahaya matahari untuk pencahayaan alami, dapat dikatakan hampir seluruhnya berfungsi dengan baik karena ruang yang ada memiliki kedalaman maksimal 6 m dari jendela, sementara lubang jendelanya cukup luas. Hanya ruang-ruang tidur pada sisi koridor dalam tidak mendapatkan cahaya alam. Namun karena fungsinya sebagai ruang tidur yang hanya dihuni pada sore dan malam hari saja, maka hal ini tidak terlalu menjadi masalah. Selanjutnya pemanfaatan cahaya matahari dihitung dengan menggunakan rumus H/D dan L/D , dan sebagai contoh perhitungan dihitung kuat pencahayaan di ruang rapat.



Kuat pencahayaan di $E1$ = akibat lubang di atas bidang kerja sebelah kiri ($X1$), akibat lubang di bawah bidang kerja sebelah kiri ($X2$), akibat lubang di atas bidang kerja sebelah kanan ($X3$), dan akibat lubang di bawah bidang kerja sebelah kanan ($X4$).

- Akibat $X1$ diperoleh $H/D = 1,6:2=0,8$ dan $L/D = 4,5:2=2,25$, dari tabel hal 9 diperoleh untuk $H/D = 0,8$ dan $L/D = 2$, nilai faktor langit = 5,18 Untuk $H/D = 0,8$, dan $L/D = 2,5$ nilai faktor langit = 5,31, dengan interpolasi diperoleh nilai faktor langit $H/D = 0,8$ dan $L/D = 2,25$ yaitu sebesar 5,245
- Akibat $X2$, dihitung dengan cara yang sama diperoleh nilai faktor langit sebesar 1,725
- Akibat $X3$, diperoleh nilai faktor langit 5,245
- Akibat $X4$, diperoleh nilai faktor langit 1,725

Sehingga secara total nilai faktor langit yang diterima titik $E1=13,94$. Bila nilai transmisi kaca (karena menggunakan kaca ray-band) adalah 70%, maka kuat pencahayaan di titik $E1=70\% \times 13,94 \times 10.000 \text{ lux} = 975,8 \text{ lux}$. Dengan cara yang sama dapat dihitung kuat pencahayaan ruang tidur yang terletak di sisi jendela, yaitu didapat hasil sebesar 322,49 lux. Jadi jelas

bahwa kuat pencahayaan di dalam ruang sangat mencukupi.

B. Pemanfaatan Aliran Angin

Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh pihak Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi di Puspiptek – Serpong, serta oleh Laboratorium Fisika Bangunan Institut Teknologi Indonesia yang juga berada di Serpong, arah angin terbanyak untuk daerah ini datang dari arah utara. Sehingga seharusnya dengan letak bangunan sedemikian (sisi panjang menghadap ke arah utara-selatan), maka bangunan akan mendapatkan ventilasi silang dengan baik.

Bila diperhatikan lokasi Wisma Pussarpedal terletak di sebelah selatan Wisma Tamu Puspiptek, maka dapat diperkirakan arah angin tidak lagi datang dari arah utara, selain itu pada sisi ini juga banyak ditumbuhi pohon karet. Namun demikian ventilasi dalam bangunan ini tetap terjadi sehingga siang haripun di dalam gedung ini terasa nyaman. Ventilasi terjadi karena dinding kerawang yang dipasang di sisi barat dan sisi timur, baik pada lantai dasar maupun pada lantai atas.

Pada lantai dasar, dinding kerawang merupakan dinding setengah lingkaran pada daerah lobby dan ruang duduk, sedangkan pada lantai atas, dinding kerawang dengan penambahan lubang dipasang diantara dua kamar di koridor. Bila kita menghitung jumlah pergantian udara yang masuk dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Boutet, yaitu bahwa : $Q = A \times V \times C_f \times C_v$, dengan luas lubang inlet = luas lubang outlet, serta pergerakan angin dengan arah mendatar, maka diperoleh:

Tabel 7. Pergantian udara (Q) yang terjadi

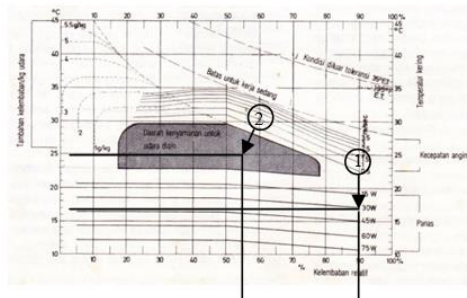
Arah angin thd lubang bukaan	Nilai Q (pergantian udara) bila kecepatan angin di luar spt dibawah dgn satuan m^3/menit				
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
Tegak lurus	24.3	48.6	72.9	97.2	121.5
Miring	12.15	24.3	36.45	48.6	60.75

Q (jumlah aliran udara) yang disyaratkan untuk sebuah ruang tinggal dalam m^3 dengan ukuran $7 \times 6 \times 9$ adalah $8.207 \text{ m}^3/\text{menit}$, yang berarti udara yang bergerak di dalam lobby sudah mencukupi walaupun pergerakan udara di luar hanya 0.1 m/sekon . Data temperatur udara dan kelembapan relatif yang pernah diukur oleh lab Fisika Bangunan-ITI di kawasan Serpong, adalah :

DBT max = 33°C (siang hari)
 DBT min = 25°C (pagi hari)

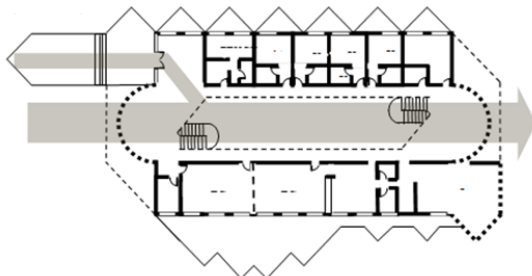
RH max = 88% (pagi hari)
RH min = 53% (siang hari)

Dengan memasukkan nilai temperatur dan kelembapan relatif ke dalam diagram Olgay, maka dapat diketahui apakah keadaan temperatur di suatu daerah nyaman termal, ataukah nyaman termal bila ditambah dengan aliran angin atau akan nyaman termal bila ditambah dengan kenaikan temperatur.

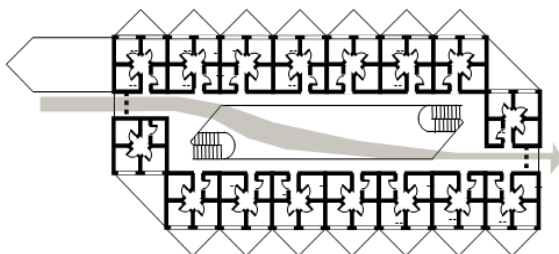


Gambar 19. Diagram Olgay [8]

Setelah data temperatur dan kelembapan udara relatif dimasukkan ke dalam diagram Olgay, terlihat bahwa baik ketika pagi hari (posisi 1) maupun ketika siang hari (posisi 2), keadaan termal berada di luar daerah nyaman termal. Untuk pagi hari dibutuhkan penambahan aliran angin sebesar 1.5 m/sekon, sementara pada siang hari dibutuhkan aliran angin sebesar 2.5 m/sekon, agar nyaman termal.



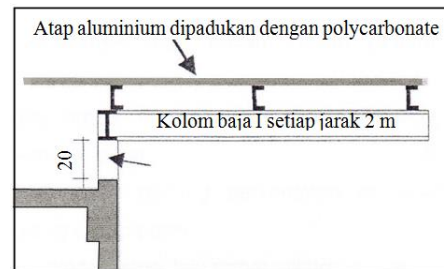
Gambar 20. Aliran angin di lantai dasar



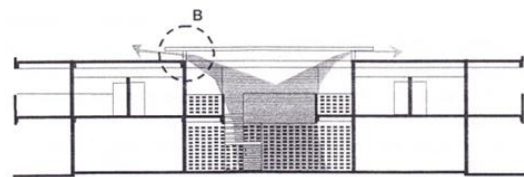
Gambar 21. Aliran angin di lantai atas

Aliran angin yang berasal dari bawah rimbunan pepohonan, menjadi sejuk karena membawa oksigen di siang hari, masuk melalui dinding kerawang ke dalam ruangan, melalui

daerah Lobby, ikut serta menurunkan temperatur di lantai dasar dan lantai atas (Gambar 20 dan 21)



Gambar 22. Detail lubang ventilasi di bawah atap (detail B)



Gambar 23. Potongan melintang dengan pergerakan angin yang terjadi

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat diperoleh, yaitu bahwa dengan menggabungkan penggunaan teknologi bangunan tropis pasif dan teknologi bangunan tropis aktif, akan diperoleh keuntungan dari segi penghematan energi yang sangat besar, namun semua aktivitas tetap berjalan dengan nyaman. Perancang harus dapat menentukan aktivitas mana yang sebaiknya difasilitasi oleh alat bantu untuk menyamankan ruang bertenaga listrik, dan aktivitas mana yang cukup difasilitasi dengan kenyamanan dengan menggunakan sumber daya alam saja.

Untuk negara yang beriklim tropis lembap, masalah yang paling sulit diatasi dengan menggunakan teknologi bangunan tropis pasif adalah masalah kenyamanan termal, karena kenyamanan termal mengandung faktor temperatur udara, yang kenyataannya tinggi. Masalah ini sulit diatasi dengan menggunakan faktor alam saja, namun bisa dibantu dengan pergerakan angin. Bangunan Wisma Pussarpedal telah memecahkan permasalahan yang ada dengan sangat cerdas. Masalah pencahayaan dipecahkan dengan memberikan jendela yang lebar diposisi yang tepat, dan masalah masuknya radiasi panas langsung ke dalam ruangan diatasi dengan pemanfaatan tabir pelindung sinar matahari langsung (*sun shading devices*) berbentuk gerigi, sehingga selain berfungsi untuk melindungi wajah bangunan dari radiasi panas langsung, juga masih memberikan kesempatan kepada cahaya alam untuk masuk. Masalah kenyamanan termal dipecahkan dengan

memberikan alat bantu kenyamanan buatan (AC) pada ruang-ruang utama saja, dalam hal ini ruang tidur (karena fungsi utama rumah ini adalah penginapan), dan pada ruang rapat, sehingga aktivitas bekerja tidak terganggu.

Semoga dimasa mendatang makin banyak lagi bangunan yang mampu memanfaatkan penggabungan penggunaan teknologi bangunan tropis pasif dan aktif, terutama di bangunan rendah, agar konsep sadar energi dapat terjadi di bumi tercinta ini.

Daftar Pustaka

- [1] Karyono, Tri, Harso. *Bangunan Hemat Energi : Strategi Penghematan Energi di Kawasan Sub Tropis dan Tropis Basah*. Seminar Bangunan Hemat Energi. B2TE. Juni 2011
- [2] Hardiman, Gagoek, *Pertimbangan Iklim Tropis Lembab dalam Konsep Arsitektur Bangunan Modern*. Jurnal Universitas Bandar Lampung; 2(2). 2012,
- [3] Pemerintah Pemprov DKI Jakarta, *Peraturan Gubernur No 38/2012 vol 3 tentang Sistem Pencahayaan Alami*
- [4] Sukawi, *Penerapan Konsep Sadar Energi dalam Perancangan Arsitektur yang Berkelanjutan*, Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3 Palembang, 26-27 Oktober 2011
- [5] Mangunwijaya, YB. *Pasal-pasal Pengantar Fisika Bangunan*, Penerbit Djambatan. 1994
- [6] Frick, Heinz, et al. *Ilmu Fisika Bangunan*, Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 2008
- [7] Boutet, Terry S, *Controlling Air Movement*. McGraw-Hill Book Company: United States. 1987
- [8] Lippsmeier, Georg. *Bangunan Tropis*. edisi kedua. Terjemahan. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1994
- [9] Pita, Edward G. *Air Conditioning Principles and Systems*. John Willey & Sons. USA. 1981
- [10] Kania, Tjandra, *Diktat Kuliah Fisika Bangunan I*. Serpong. 2004
- [11] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-6575-2001 *tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung*
- [12] Badan Standardisasi Nasional. SNI 03-6197-2011 *tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan dalam Bangunan*
- [13] Szokolay, SV. *Environmental Science Handbook for Architects and Builders*, The Construction Press. Lancaster England. 1980
- [14] Van Harten, P, et al. *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*. Binacipta. Bandung. 2002