

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Nilai dari pembangunan konstruksi diperoleh dengan memperhatikan beberapa faktor yakni dalam segi mutu hasil pekerjaan, biaya pengerjaan yang dikeluarkan, dan waktu yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Ketiga hal yang disebutkan di atas adalah saling terkait satu dengan lainnya dan faktor yang paling penting jika dipandang dari segi ekonomi dan manajemen adalah biaya.

Biaya adalah faktor yang sangat diperhatikan dalam segala kegiatan dan ini terkait dengan efisiensi dalam penggunaan alam yang perlu dilakukan, mengingat semakin menipisnya sumber-sumber energi yang ada, seperti sumber daya alam minyak bumi, batu bara, gas (sumber daya yang tidak dapat diperbaharui). Hal ini adalah penyebab bahwa penggunaan energi dewasa ini menjadi semakin mahal terutama untuk beban pemakaian energi listrik, sehingga sudah saatnya mencari cara-cara dan strategi yang tepat untuk penggunaan energi listrik secara efisien dan rasional dalam rangka pelaksanaan hemat energi.

Berdasarkan literatur yang ada, ternyata operasional *air-conditioning* mengkonsumsi energi listrik paling besar dalam utilitas bangunan yang pada akhirnya akan mengakibatkan tingginya biaya operasional yang ada. seperti yang dinyatakan John Bunnet, *Department of Building Services Engineering Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China (World Energy Council, 2005)* (lampiran 1), yaitu:

Office building consumption is typically 40% for air-conditioning, 25% for lighting, 25% for office equipment and 10% for lifts, escalator, and others.

Selain itu juga terdapat suatu pernyataan dari Prof.Koo Tsai Kee, *Senior Parliamentary Secretary, Ministry Of National Development*, dalam seminar *Energy Efficiency in Building Design, Singapore: The Orchard Hotel, 2001*, mengatakan bahwa besar kecilnya kebutuhan energi pada suatu bangunan ditentukan sejak tahap perancangan bangunan itu sendiri.,

Sebagai contoh, pemilihan bentuk fasade bangunan, pemilihan material bangunan, seperti pemilihan material kaca yang akan digunakan pada fasade, mempunyai pengaruh yang besar pada beban panas yang akan diterima oleh bangunan yang akan mempengaruhi besarnya energi yang diperlukan untuk sistem tata-udara pada bangunan tersebut. Jadi, konservasi energi ditentukan sejak tahap perancangan bangunan tersebut.

Beberapa alternatif yang dapat dilakukan untuk menurunkan biaya operasional bangunan yakni dengan analisa dan perencanaan beban pendinginan (*cooling load*) yang tepat dan cermat untuk menentukan besarnya beban pendinginan yang dibutuhkan oleh bangunan. Berdasarkan *Handbook on Energy Conservation in Buildings and Buildings Services* yang diterbitkan dalam *Singapore building energy standards* pada tahun 1979, menyatakan bahwa volume dan selimut bangunan (*facade/Surface*) adalah faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya beban pendinginan pada suatu bangunan.

Dalam menganalisa beban pendinginan, volume dan selimut bangunan adalah beberapa faktor yang mempengaruhi perhitungan. Bentuk dari bangunan yang berlainan tentunya akan memiliki beban pendinginan yang berlainan pula. Selain bentuk bangunan, luasan antara bidang dinding dengan bidang kaca sebagai jendela, akan berpengaruh terhadap nilai dari selimut bangunan. Ini disebut sebagai rasio jendela bangunan.

Peneliti merasa tertarik untuk memfokuskan penelitian ini pada perhitungan secara sistematis beberapa bagian dalam sistem tata udara, yakni pada rasio atau perbandingan antara bidang dinding dan kaca pada bidang luar bangunan yang menangkap panas atau dingin dari luar bangunan, yang baik secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi sistem tata udara yang digunakan pada bangunan tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan akan menjadi suatu dasar perencanaan bagi seorang arsitektur dalam merancang suatu bangunan yang memiliki nilai artistik baik dengan tanpa melupakan beberapa faktor agar bangunan yang dihasilkan adalah bangunan yang hemat energi.

Banyak cara yang bisa dilakukan untuk menghemat energi yang digunakan untuk sistem tata udara, terutama pada saat perencanaan bangunan, dengan

perhitungan pembebanan tata udara yang seefisien dan seakurat mungkin, zoning penempatan komponen tata-udara, dan lainnya.

1.2. Perumusan Penelitian

Perhitungan beban pendinginan mempengaruhi keputusan pemilihan jenis serta kapasitas pendinginan yang akan digunakan dalam sebuah bangunan tingkat tinggi. Perhitungan ini sangat penting, mengingat apabila jenis dan kapasitas pendinginan tersebut tidak sesuai akan terjadi penggunaan yang tidak tepat dan ini berarti pemborosan pada pemakaian energi listrik. Komponen pendinginan akan berlebihan apabila ternyata beban pendinginan yang dibutuhkan lebih kecil daripada kemampuan komponen, sehingga terjadi pemborosan dalam investasi utilitas dan komponennya, sebaliknya apabila beban pendinginan tidak tercapai maka pemborosan juga terjadi karena energi yang digunakan tidak mencapai apa yang diharapkan. Hal-hal berikut adalah pernyataan yang sering dipertanyakan:

- 1.2.1. Berapakah beban pendinginan dalam sebuah bangunan tingkat tinggi yang dihitung berdasarkan bentuk dan rasio bangunan?
- 1.2.2. Bagaimanakah perbandingan beban pendinginan dari bermacam-macam bentuk dan rasio bangunan tersebut?
- 1.2.3. Bentuk bangunan tingkat tinggi manakah yang memiliki beban pendinginan paling kecil dalam rasio tertentu?

1.3. Keaslian Penelitian

Penelitian tentang beban pendinginan pernah dilakukan sebelumnya, antara lain analisa beban pendinginan gedung-gedung bertingkat banyak, bangunan-bangunan publik, dan beberapa macam jenis bangunan sebagai studi kasus. Penelitian tersebut lebih diarahkan pada perbandingan antara gedung tersebut dalam merancang beban pendinginan dengan beban pendinginan yang dihitung secara ideal.

Penelitian ini merupakan salah satu bagian dari penelitian besar yang memiliki tujuan menggambarkan secara tiga dimensi beban pendinginan terhadap suatu perancangan bangunan, yang ditinjau dari bentuk, orientasi, rasio bidang kaca dan dinding, material, dan lainnya. Keterkaitan setiap hal ini dihubungkan

dengan satu buah model bangunan yang memiliki karakteristik dan spesifikasi yang sama.

Pada penelitian kali ini, fokus pembahasan lebih diarahkan pada perancangan beban pendinginan pada bangunan yang belum dibangun dan diharapkan akan menjadi suatu pedoman atau panduan khusus bagi perancang dalam mendesain bangunan yang ditinjau dari beban pendinginan, dengan fokus penelitian pada:

- 1.3.1. Analisa bentukan bangunan yang dilihat dari sumbu bidang terhadap sumber panas, yakni matahari.
- 1.3.2. Analisa rasio atau perbandingan antara bidang dinding dan kaca pada bidang luar bangunan yang menangkap panas atau dingin dari luar bangunan.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Beberapa Batasan Penelitian yang ditetapkan dalam penelitian ini, antara lain:

- 1.4.1. Data bangunan yang akan dipakai sebagai bahan penelitian disesuaikan dengan data bangunan yang diperoleh dari *Singapore Reference Building* (Lihat lampiran 2):
 - 1.4.1.1. Bangunan yang digunakan berfungsi sebagai perkantoran.
 - 1.4.1.2. Jumlah lantai adalah 10 (sepuluh) lantai.
 - 1.4.1.3. Tinggi antara lantai ke lantai adalah 4 (empat) meter, sehingga total tinggi bangunan adalah 40 meter.
 - 1.4.1.4. Luas per lantai keseluruhan adalah 625 m^2 , dan luas core adalah 100 m^2
 - 1.4.1.5. Luas per lantai yang memerlukan pendinginan adalah $625 \text{ m}^2 - 100 \text{ m}^2 = 525 \text{ m}^2$, sehingga total untuk 10 lantai adalah 5250 m^2 atau $\pm 5200 \text{ m}^2$.
 - 1.4.1.6. Material dinding:
 - a. Dinding luar: beton 10 cm (*4 inch*), 1,9 cm (*0.75 inch*) *air layer*, Total R = 2,6 h.ft².°F/Btu ($0.47 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).
 - b. Dinding dalam: 1,59 cm (*0,63 inch*) dinding gypsum, 4'' *air layer*, 1,59 cm (*0,63 inch*) dinding gypsum, Total R = 2,7 h.ft².°F/Btu ($0.49 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).
 - c. *Solar absorbtivity* = 0.45

1.4.1.7. Material kaca:

- a. *Shadding Coeficient* = 0.47
- b. *Glass-conductance* = 3,2 W/m².°K (0.547 Btu/h.ft².°F) *Double Glazing*

1.4.1.8. Material Atap:

- a. 1.27 cm (0.5 inch) *roof gravel*, 0.95 cm (0.38 inch) *built up roof flag*, R5 *polystyrene insulation*, 15.2 cm (6 inch) *concrete*, 10.2 cm (4 inch) *air layer*, 1.3 cm (0.5 inch) *acoastic title*.
- b. Total R = 9 h.ft².°F/Btu (1.62 m².°K/W)

1.4.1.9. Sistem Tata Cahaya:

- a. *Lighting Power* = 1,9 W/ft² (20W/m²), *in occupied area*.

1.4.1.10. Sistem bangunan:

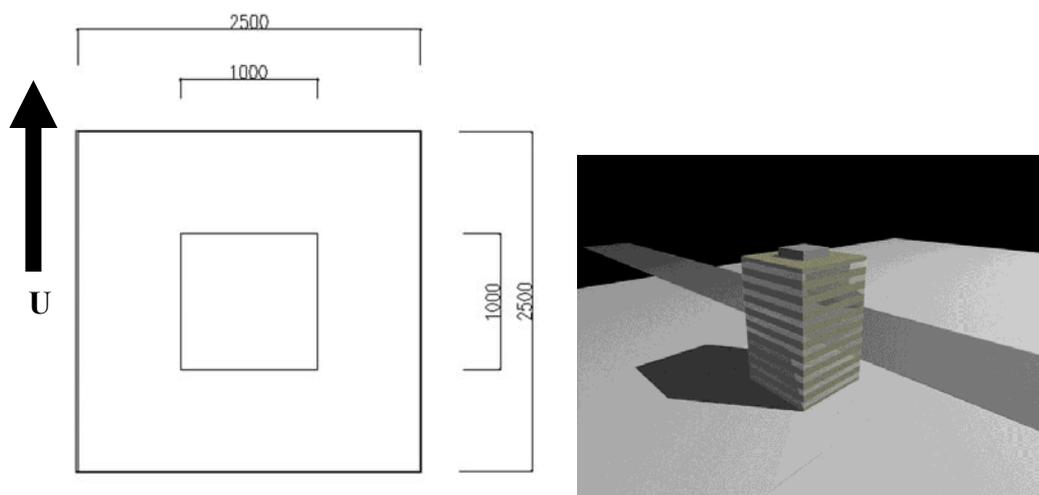
- a. *Outside air* = 7 cfm / person.

1.4.1.11. Waktu pemakaian *lighting* pada bangunan adalah mulai pukul 08.00 – 20.00, sedangkan jam kerja bangunan perkantoran adalah mulai pukul 09.00 – 17.00.

1.4.2. Bentuk bangunan yang akan digunakan adalah bentuk-bentuk dasar, yakni:

1.4.2.1. Bujur Sangkar (BJSK)

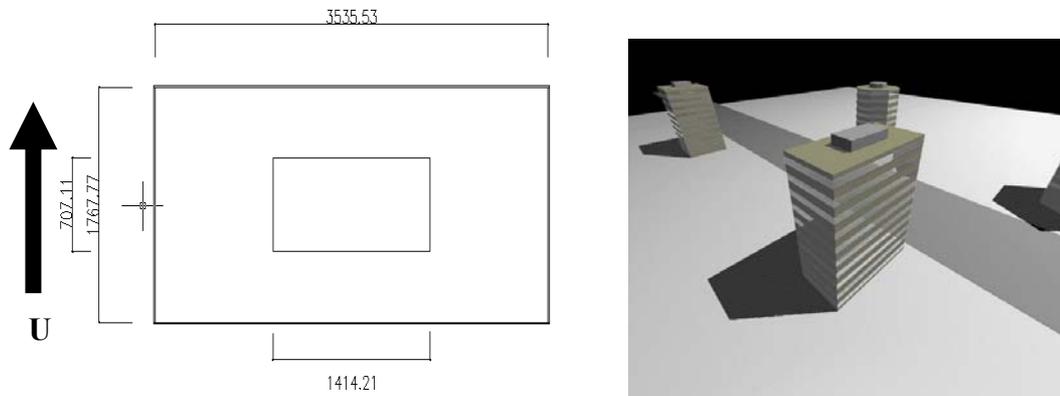
- a. Panjang sisi luar dan sisi core = 25 m dan 10 m
- b. Keliling = 100 m
- c. Gambar Lay Out:



Gambar 1.1. Bangunan bentuk Bujur Sangkar

1.4.2.2. Empat Persegi Panjang (PSG4)

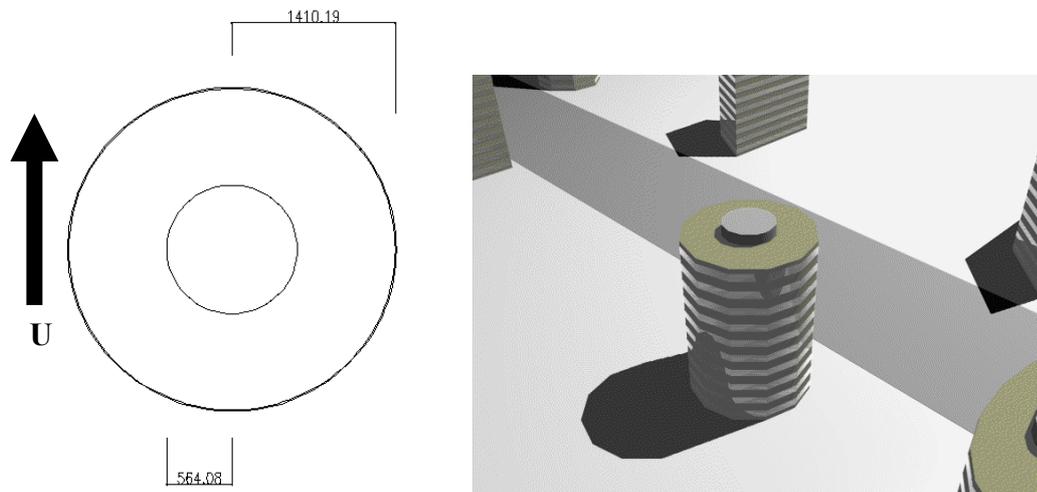
- Panjang sisi luar dan core = 35.36 m; 17.68 m dan 14.14 m; 7.07 m
- Keliling = 106.07 m
- Gambar Lay Out:



Gambar 1.2. Bangunan bentuk Persegi Panjang

1.4.2.3. Lingkaran

- Panjang sisi luar dan core = 11.08 m dan 5.64 m
- Keliling = 88.6 m
- Gambar Lay Out:

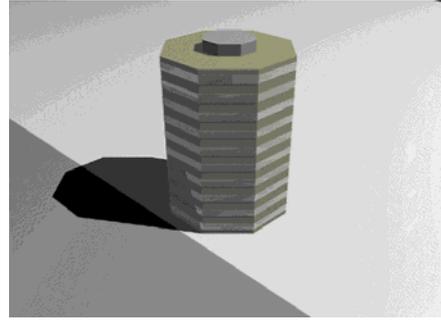
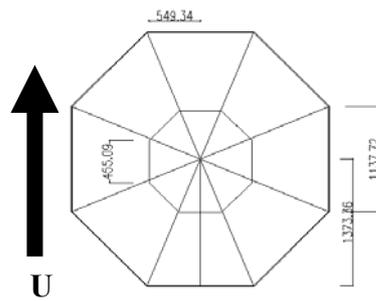


Gambar 1.3. Bangunan bentuk Lingkaran

1.4.2.4. Segi Delapan beraturan sama sisi

- Panjang sisi luar dan core = 11.37 m dan 4.55 m
- Keliling = 90.96 m

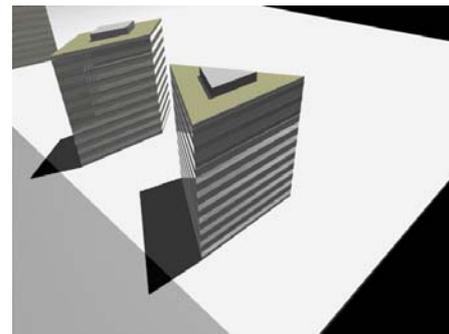
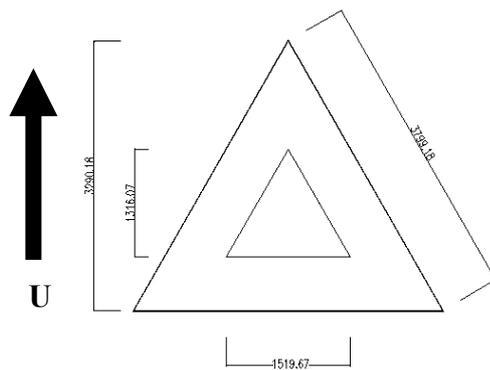
c. Gambar Lay Out:



Gambar 1.4. Bangunan bentuk Persegi Delapan Sama Sisi

1.4.2.5. Segitiga Sama Sisi

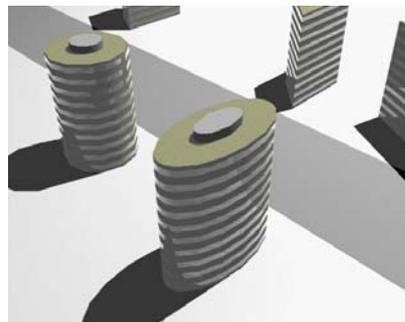
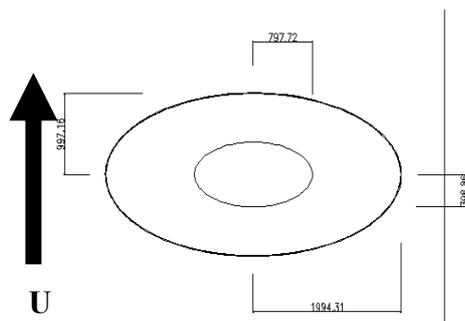
- Panjang sisi luar dan core = 37.99 m dan 15.2 m
- Keliling = 113.97 m
- Gambar Lay Out:



Gambar 1.5. Bangunan bentuk Segi Tiga Sama Sisi

1.4.2.6. Ellips

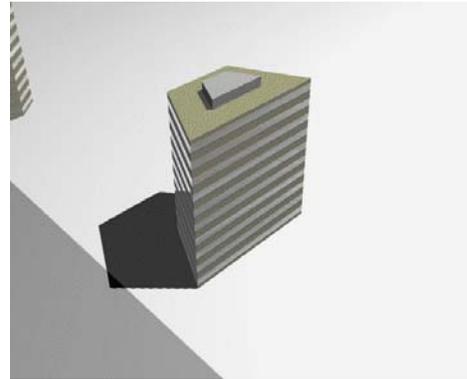
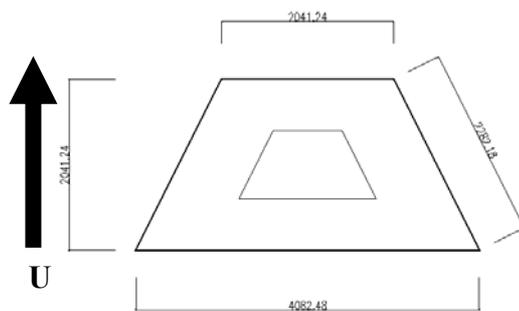
- Panjang sisi luar = 8.13 m, 11.9 m, dan 16.75 m
- Panjang sisi core = 3.24 m, 4.76 m, 6.7 m
- Keliling = 97.3 m
- Gambar Lay Out:



Gambar 1.6. Bangunan bentuk Ellips

1.4.2.7. Trapesium sama kaki

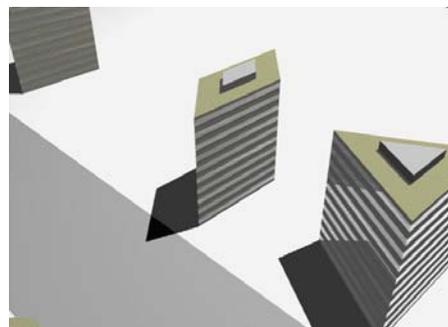
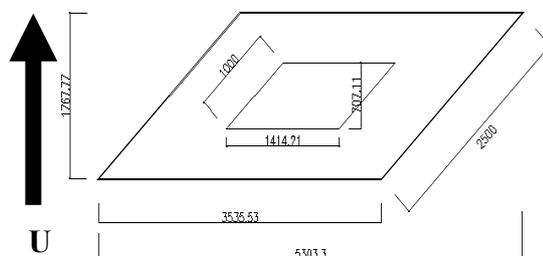
- Panjang sisi luar = 20.41m, 22.82m, 40.82m
- Panjang sisi core = 8.17m, 9.13m, 16.33m
- Keliling = 106.87 m
- Gambar Lay Out:



Gambar 1.7. Bangunan bentuk Trapesium Sama Kaki

1.4.2.8. Jajaran Genjang

- Panjang sisi luar dan core = 35.36m; 25m dan 14.14m; 10m
- Keliling = 120.71 m
- Gambar Lay Out:



Gambar 1.8. Bangunan bentuk Jajaran Genjang

(Ukuran-ukuran tiap bentuk bangunan dapat dilihat pada lampiran 3.)

1.4.3. Kondisi perencanaan udara pada bangunan diambil dari Standart Perancangan Konservasi Energi, yaitu SNI 03-6390-2000, sebagai berikut:

1.4.3.1. Lokasi bangunan berada di Jakarta dan sekitarnya, yakni memiliki titik 6° LS.

1.4.3.2. Kondisi perencanaan udara di luar ruangan:

- $93,2^{\circ}\text{F}$ DB (34°C untuk kondisi kering)
- 86°F WB (30°C untuk kondisi basah)

- c. 74% RH
- 1.4.3.3. Kondisi perencanaan udara di dalam ruangan:
- a. 77 – 78 °F DB ($\pm 25^{\circ}\text{C}$ untuk kondisi kering)
 - b. 67 °F WB (19°C untuk kondisi basah)
 - c. 60% RH
- 1.4.4. Orientasi peletakan bangunan mengambil orientasi arah: Utara.
- 1.4.5. Perhitungan memperhatikan orientasi bidang terhadap matahari dengan menggunakan delapan arah mata angin.
- 1.4.6. WWR yang digunakan adalah mulai 0% sampai dengan 100% dengan interval 10%, pada seluruh bidang bangunan dengan letak bidang kaca pada bagian tengah bidang untuk tiap lantai. (Lihat lampiran 4)
- 1.4.7. Waktu dalam perhitungan adalah pada waktu puncak, waktu dimana bangunan mengalami beban pendinginan yang paling tinggi, yakni tanggal 21 Desember, pukul 16.00 WIB, Waktu ini diambil berdasarkan penelitian pada tesis sebelumnya.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan daripada penelitian tentang penghawaan ini adalah:

- 1.5.1. Mengetahui besar beban pendinginan dalam bangunan, secara perhitungan dan ilmiah.
- 1.5.2. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pembebanan pendinginan bangunan.
- 1.5.3. Menganalisa efisiensi beban pendinginan yang ditinjau dari perbandingan bidang dinding dan bidang kaca dalam menangkap pemanasan dari faktor eksternal dan internal.
- 1.5.4. Mengetahui perbandingan bidang dinding dan bidang kaca yang memberikan beban paling kecil.
- 1.5.5. Mengetahui hal-hal lain yang terkait dan berhubungan dengan sistem pendinginan dalam sebuah bangunan yang kompleks.

1.6. Manfaat Penelitian

1.6.1. Bagi Peneliti:

1.6.1.1. Menambah pengetahuan dan pengalaman tentang pendinginan, sistem, beban pendinginan, dan hal-hal yang terkait dengan pendinginan itu sendiri.

1.6.2. Bagi Pembaca:

1.6.2.1. Memberikan informasi yang mendukung sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan.

1.6.2.2. Memberikan masukan untuk penggunaan dan pemakaian alat pendingin agar efisien dengan optimasi kapasitas pendinginan.

1.6.3. Bagi Perencana Gedung:

1.6.3.1. Memberikan informasi yang mendukung desain dan pemakaian sistem pendinginan yang dipakai dan diterapkan di bangunan, sekaligus menjadi penempatan-penempatan komponen pendingin secara sistematis.

1.6.3.2. Membantu dalam menentukan desain bangunan secara bentuk dan tampilan facade melalui WWR, agar beban pendinginan yang akan terjadi pada bangunan tersebut dapat diefisienkan.

1.6.4. Bagi Pemilik Gedung:

1.6.4.1. Membantu mengefisienkan penggunaan energi listrik dari sektor pendinginan dengan mengurangi beban pendinginan mulai dari perencanaan bangunan yang diharapkan hemat secara ekonomi.