

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penggunaan energi dewasa ini menjadi pertimbangan yang penting berkaitan dengan semakin menipisnya sumber-sumber energi tersebut, seperti sumber daya alam minyak bumi, batu bara, gas (sumber daya yang tidak dapat diperbaharui).

Penggunaan energi dewasa ini juga semakin mahal, diperburuk dengan kondisi krisis di Indonesia khususnya krisis ekonomi. Sehingga sudah saatnya mencari cara dan strategi yang tepat untuk penggunaan energi secara efisien dan rasional, dalam rangka pelaksanaan hemat energi.

Penghematan energi pada bangunan berupa penghematan konsumsi energi listrik. Menurut Majalah Konstruksi dalam Standar Perancangan Konservasi Energi pada Bangunan Gedung (Suprpto, Maret 1996), yaitu:

Dari hasil-hasil studi dan kegiatan audit energi yang telah dilakukan oleh berbagai instansi, seperti Ditjen Listrik dan Pengembangan Energi (1982-1983) Direktorat Tata Bangunan, Dirjen Cipta Karya (1984), Puslitbang Fisika Terapan-LIPI (1985) dan ITB (1985), diperoleh rentang distribusi proses pemakaian energi spesifik, sesuai dengan jenis penggunaan bangunan, sebagai berikut:

Sistem tata udara	: 55 - 65 %
Sistem tata cahaya	: 12 - 17 %
Lift dan eskalator	: 10 - 15 %
Peralatan lainnya	: 09 - 13 %

Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi energi sistem tata udara baik di Asia maupun di Indonesia memiliki persentase yang paling besar. Konsumsi energi listrik terbesar dalam utilitas bangunan adalah operasional *air-conditioning*.

Seperti yang diutarakan oleh Soegijanto (1993), "...Salah satu cara untuk menghemat energi adalah mengusahakan beban pendinginan (*cooling load*) sekecil mungkin...".

Cara yang bisa dilakukan untuk menghemat energi yang digunakan untuk sistem tata udara, yaitu:

- a. Tahap perencanaan bangunan, dapat dilakukan dengan:

- Perhitungan kapasitas mesin AC yang tepat dan akurat.
 - Pemilihan lokasi dengan orientasi dan lingkungan yang tepat.
 - Desain arsitektural yang hemat energi.
 - Pemilihan material bangunan yang tepat.
- b. Tahap operasional, dapat dilakukan dengan:
- *Energi management.*
 - *Building Automation System (BAS).*
 - *Maintenance* yang teratur dan terjadwal untuk mesin AC.

Perhitungan kapasitas mesin AC yang dilakukan semakin tepat semakin baik. Perhitungan beban pendinginan menggunakan metoda dan prinsip yang sudah baku dan diakui oleh masyarakat profesi tata udara. Metoda akurat yang dipakai adalah metoda perbedaan temperatur beban pendinginan (CLTD = *Cooling Load Temperature Difference*). (SNI (Standar Nasional Indonesia) pasal 4.2.3.). Metode ini harus digunakan pada waktu perencanaan meskipun dengan konsekuensi lamanya waktu perhitungan apabila dibandingkan dengan metode *Rule of Thumb*. Kekurangan metode CLTD adalah lamanya waktu perhitungan yang disebabkan banyaknya faktor yang dimasukkan dalam perhitungan. Selama ini perhitungan hanya dilakukan dalam keadaan *non shade*. Yaitu keadaan tanpa mempertimbangkan faktor efek pembayangan akibat gedung lain. Apabila perhitungan ditambah dengan memperhitungkan faktor pembayangan akan semakin akurat. Tetapi hal ini membawa konsekuensi yaitu membutuhkan lebih banyak waktu.

Sejalan dengan perkembangan teknologi komputer yang demikian pesat dalam beberapa dekade terakhir ini. Kemajuan pesat tersebut membawa berbagai keuntungan bagi para pemakainya. Peningkatan dalam hal kecepatan dan kemampuan pemrosesan data serta diimbangi pula dengan penurunan harga yang cukup signifikan akan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan. (Stallings., 1996, Majalah Info Komputer).

Dengan memanfaatkan perkembangan tersebut maka proses pengolahan data akan lebih mudah dan cepat. Hal ini akan terjadi bila didukung oleh suatu pemrograman basis data, maka pengumpulan informasi akan lebih mudah diolah dan proses yang terjadi diharapkan jadi lebih efisien. (Cyrix P-200 menohok

Pentium”, Okt 1996, Majalah Info Komputer). Bertitik tolak pada kenyataan itu maka perlu dibuat aplikasi yang dapat mempermudah pengolahan data secara efisien.

1.2 Pengertian Istilah

- a. Bangunan apartemen kembar (*twin tower*) memiliki karakteristik:
 - Kondisi ruang tak terlalu beragam sehingga zoning dalam bangunan tidak banyak.
 - Jam operasi apartemen adalah 24 jam.
 - Keadaan bangunan kembar menyebabkan pembayangan pada salah satu bangunan oleh bangunan lainnya.
- b. Bayangan (*shade*)

Daerah di dinding bangunan yang tidak terkena sinar matahari akibat terhalang benda lain.

 - Perhitungan *non shade* (tanpa pembayangan) adalah kondisi bangunan dihitung berdasarkan asumsi gedung tidak memperhitungkan pembayangan akibat gedung kembar lainnya.
 - Perhitungan *actual* (pembayangan sebagian) adalah kondisi bangunan dihitung berdasarkan gedung terbayangi sesuai kondisi yang terjadi sebenarnya.
 - Perhitungan *full shade* (pembayangan penuh) adalah kondisi bangunan dihitung berdasarkan asumsi gedung dalam keadaan terbayangi seluruhnya. Pada penelitian ini keadaan *full shade* tidak mungkin terjadi karena ketinggian gedung sama karena kembar. Tetapi perhitungan tetap dilakukan sebagai analisis saja dan berguna untuk penelitian selanjutnya apabila ada gedung yang sesuai dengan kondisi tersebut.
- c. Aplikasi CLTD Instant

Software yang mempunyai aturan tertentu sesuai fungsi yang dikehendaki. CLTD Instant dibuat sendiri oleh peneliti untuk mempercepat perhitungan dengan cara perhitungan otomatis.

- d. Metode perhitungan CLTD konvensional.
Perhitungan dilakukan satu-satu secara manual dengan menggunakan tabel.
- e. Gedung bertingkat banyak.
Bangunan berlantai banyak dengan tinggi sedikitnya 25 meter diukur dari jalan keluar terendah pada atau dekat level tanah ke lantai tingkat teratas (atau delapan lantai) dan dilayani oleh lift penumpang. (Milton, Hans J., 1994, p. 125)
- f. Kapasitas berdasarkan kondisi eksisting.
Kapasitas mesin AC yang digunakan pada bangunan yang menjadi studi kasus tanpa memperhatikan perhitungan dan pertimbangan dari perencana gedung tersebut.
- g. *Air-conditioning*
Proses mengkondisikan udara seperti mengatur serentak beberapa atau semua hal berikut, yaitu temperatur (dengan pendinginan atau pemanasan), kelembaban (dengan humidifikasi atau dehumidifikasi), kebersihan (dengan menyaring) dan pergerakan udara (dengan mendistribusikan udara yang dikondisikan ke seluruh bangunan atau bagian-bagiannya) untuk mencapai dan menjaga kondisi kenyamanan yang diinginkan.
(Milton, Hans J., 1994, p. 5)
- h. HVAC (*Heating, Ventilating, and Air-Conditioning*)
Istilah gabungan system pergerakan udara yang dipasang dalam bangunan yang menyediakan lingkungan dengan pengontrolan termal, kelembaban, dan aliran udara untuk kebutuhan penghuni bangunan atau proses pengolahan.
(Milton, Hans J., 1994, p. 123)
- i. *Cooling load* (beban pendinginan)
Jumlah total energi panas yang harus dihilangkan dalam satuan waktu dari ruangan yang akan didinginkan. (Milton, Hans J., 1994, p. 57)
- j. Kapasitas berdasarkan perhitungan metode CLTD.
Kapasitas mesin AC yang dihitung dengan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) dari ASHRAE. Sedangkan CLTD sendiri memiliki pengertian:

Prosedur satu-langkah, perhitungan manual yang digunakan untuk memperkirakan beban pendinginan yang berhubungan dengan tiga cara utama penambahan panas (penambahan panas konduksi melalui permukaan seperti jendela, dinding, dan atap; penambahan panas yang berasal dari matahari (*solar heat gain*) melalui pembukaan; dan penambahan beban panas dari lampu, orang, dan peralatan) dan beban pendinginan dari infiltrasi dan ventilasi.

(ASHRAE, 1993, p. 26.39)

k. Konduksi

Transfer panas (energi) melalui suatu substansi atau tubuh dari molekul ke molekul tanpa pergerakan yang nyata. (Milton, Hans J., 1994, p. 54)

l. Radiasi

Perpindahan energi langsung melalui ruangan dengan media gelombang elektromagnetik. (Milton, Hans J., 1994, p. 198)

m. Infiltrasi

Aliran udara yang tak terkendali melalui pembukaan yang tidak disengaja (celah, retak, dan lain-lain), yang ditimbulkan oleh angin, perbedaan temperatur, dan/ atau peralatan meningkatkan tekanan melalui selimut bangunan.

(ASHRAE, 1993, p. 23.1)

n. Ventilasi

Proses menggunakan media alami atau mekanikal, untuk memasukkan atau mengeluarkan udara ke atau dari suatu ruang. (Milton, Hans J., 1994, p. 270)

o. Kapasitas berdasarkan perhitungan metode '*Rule of Thumb*'

Kapasitas mesin AC yang dibutuhkan pada bangunan studi kasus dengan perhitungan secara kasar (berdasarkan koefisien m^2 luas lantai/TR).

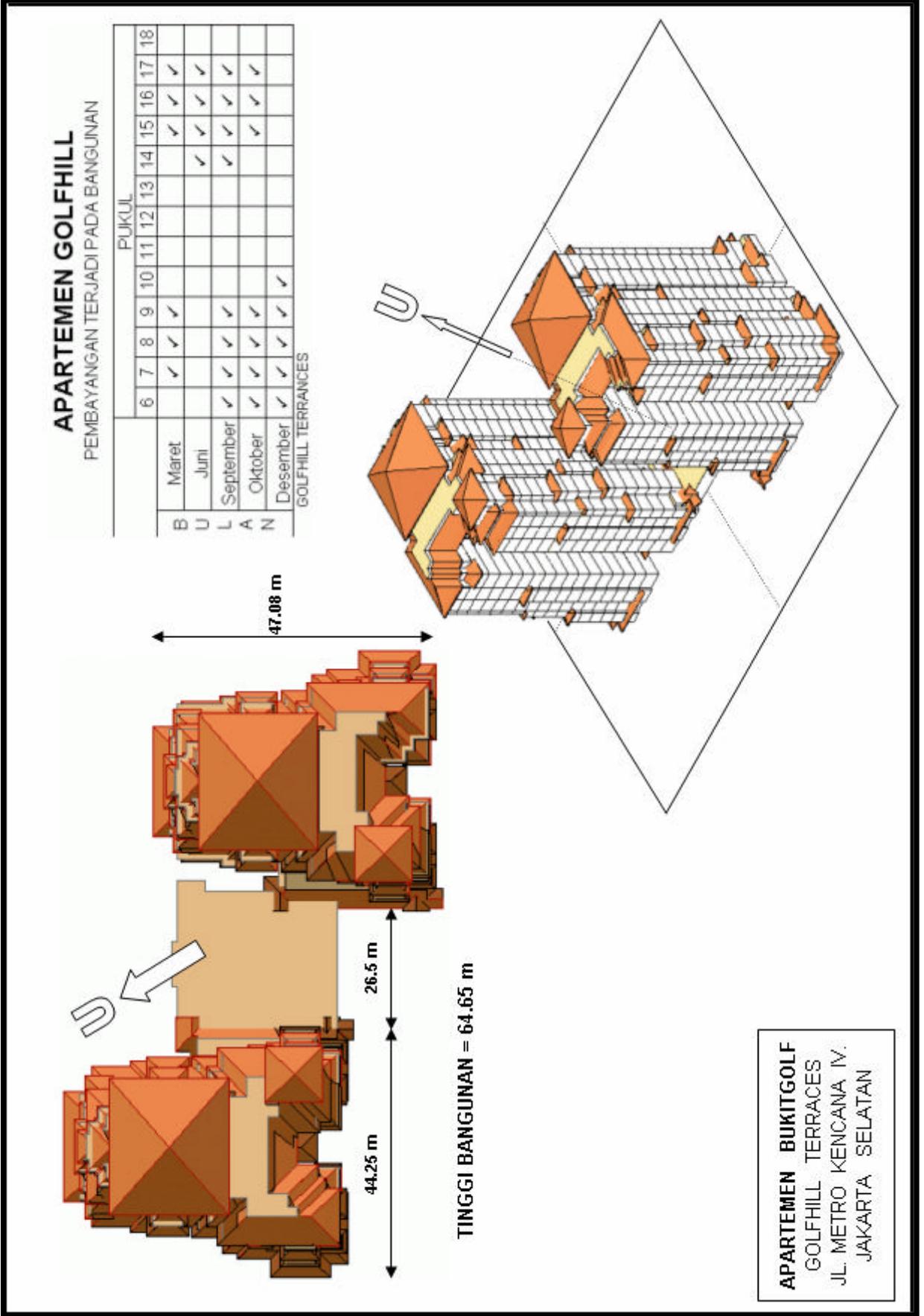
Perhitungan terbagi atas 3 kategori (*Low*, *Average* dan *High*). Didasarkan hanya memperhatikan faktor internal dalam hal ini densitas orang.

1.3 Masalah

- a. Bilamana dan berapa beban pendinginan terbesar (*peak load*) menurut perhitungan metode CLTD pada 3 kondisi (*Non shade, Actual, Full Shade*) ?
- b. Apakah ada reduksi kapasitas pendinginan pada bangunan apartemen Golfhill dengan menggunakan perhitungan metode CLTD *actual* dibandingkan dengan tanpa memperhatikan pembayangan (*non shade*) ?. Berapa reduksi yang terjadi pada kondisi *peak load* akibat pembayangan (kondisi aktual dan kondisi pembayangan penuh) ?
- c. Kapankah dan berapa besar beban pendinginan terbesar pada perhitungan *non shade* apabila orientasi gedung dirotasi ?
- d. Beban panas internal atau eksternal yang mempunyai kontribusi terbesar? Beban panas eksternal apakah yang berkontribusi terbesar? Bagaimana dengan beban panas internal?
- e. Berapakah koefisien penyesuaian dari hasil perhitungan CLTD (m^2/TR) dengan kepadatan jumlah orang ($\text{orang}/1000 \text{ ft}^2$) yang berbeda? Bagaimana dengan desain suhu *indoor* yang berbeda (selain 25°C)?
- f. Bagaimana beban pendinginan apabila orientasi bangunan dirotasi ?
- g. Berapakah koefisien penyesuaian perhitungan metode '*Rule of Thumb*' AC Panda dengan perhitungan metode CLTD?
- h. Berapa besar $S':V'$ dan wWR pada bangunan apartemen Golfhill?

1.4 Ruang Lingkup

- a. Penelitian ini akan dibatasi hanya pada analisis perhitungan beban pendinginan untuk sistem tata udara pada tahap perencanaan, keputusan pemilihan kapasitas dan sistem tata udara diserahkan pada pemilik atau perencana.
- b. Metode perhitungan yang akan diterapkan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) dan '*Rule of Thumb*' yang mengacu pada AC Panda.
- c. Studi kasus yang digunakan dibatasi pada bangunan apartemen Golfhill yang mempunyai karakteristik sebagai berikut:



- Bangunan berlokasi di Jakarta – posisi 6°LS dan berfungsi sebagai apartemen.
 - Terjadi pembayangan akibat gedung yang satu terhadap gedung yang lain.
 - Bangunan beroperasi 24 jam.
 - Bangunan merupakan bangunan bertingkat banyak.
 - Pada gedung Golfhill, bentuk gedung 2 identik dengan gedung 1 hanya terjadi *mirror*. Masing-masing gedung diasumsikan mempunyai AC sentral sendiri sendiri.
- d. Besarnya kapasitas pendinginan eksisting adalah sebesar kapasitas pendinginan yang digunakan pada bangunan studi kasus saat penelitian dilakukan, tanpa mempertimbangkan metode perhitungan apa yang dipakai dan juga pertimbangan tertentu pada saat perencanaan.
- e. Pada saat bangunan beroperasi, beban panas internal dianggap maksimal, yaitu kapasitas orang maksimal, lampu dan peralatan menyala selama 24 jam.
- f. Lingkungan di sekitar bangunan gedung kembar (apartemen Golfhill) pada studi kasus dianggap tidak mempengaruhi beban pendinginan pada bangunan. Bayangan yang diperhitungkan hanya dari gedung apartemen Golfhill yang lain.
- g. Data pelengkap, selain data pokok seperti data eksisting bangunan dan kondisi Jakarta, yang diperlukan dalam perhitungan diambil berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia & ASHRAE *Fundamental Handbook 1993*.

1.5 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian:

- a. Mengetahui besar reduksi beban pendinginan apabila dilakukan perhitungan yang lebih akurat yaitu dengan memperhitungkan faktor pembayangan.
- b. Melakukan perhitungan akurat dengan proses otomatisasi sehingga menghasilkan kapasitas AC yang optimal.
- c. Mengetahui beban pendinginan untuk kondisi yang berbeda selain dari hasil perhitungan CLTD pada penelitian ini. Kondisi yang berbeda disini adalah kondisi jumlah orang/1000 ft², desain suhu indoor (selain 25°C) dan orientasi gedung yang berbeda.

- d. Mengetahui waktu terjadinya kondisi *peak load*, dimana berarti juga penggunaan energi beban pendinginan yang terbesar pada saat itu.
- e. Mengetahui kontribusi beban panas terbesar berasal dari beban internal atau eksternal. Selain itu juga mengetahui beban panas eksternal manakah yang berkontribusi terbesar. Demikian juga untuk beban panas internal.
- f. Menetapkan faktor penyesuaian yang perlu dipertimbangkan untuk melengkapi perhitungan dengan metode '*Rule of Thumb*'.
- g. Mengetahui besar $S':V'$ dan wWR pada bangunan apartemen Golfhill
Manfaat penelitian:
 - a. Bagi perencana gedung:
 - Memberikan masukan desain massa gedung apartemen yang hemat dalam penggunaan energi beban pendinginan.
 - Membantu mempercepat proses penentuan kapasitas mesin AC.
 - b. Bagi pemilik/pengelola perkantoran:
 - Memberikan masukan untuk pertimbangan dalam optimasi kapasitas AC yang sesuai dengan kebutuhan.
 - Efisiensi penggunaan energi listrik dengan optimasi kapasitas AC tersebut.
 - Menghemat pengeluaran biaya untuk operasional bangunan.
 - Mudah menyesuaikan harga sewa perkantoran sesuai dengan tuntutan kondisi moneter dan tuntutan pelanggan akibat penghematan energi yang berarti juga penghematan pengeluaran.
 - c. Bagi penyewa:
 - Terbukanya kemungkinan mendapatkan harga sewa yang bersaing (cukup murah) karena adanya penghematan pengeluaran dalam bidang operasional AC.

1.6 Tinjauan Pustaka

Hasil-hasil penelitian dari peneliti sebelumnya dan pembahasan dari beberapa buku referensi yang berhubungan dengan penelitian ini adalah:

- a. Arismunandar, Wiranto dan Heizo Saito, *Penyegaran Udara*, Cetakan kelima, P.T. Pradnya Paramita (Persero), Jakarta: 1995.

Memberikan pengertian tentang proses dan sistem penyegaran udara, serta hal lain yang berkaitan dengan segi pemasangan, operasi dan perawatannya. Dengan demikian diharapkan agar sistem penyegaran udara yang diperlukan dapat dirancang sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai, efisien dan efektif tapi juga ekonomis.

- b. Callaway, Cynthia A., P.E., et.al., *Retrofit for a Large Office Building*, ASHRAE *Journal*, November 1998, pp 60-62.

Membahas tentang efisiensi energi yang ditujukan pada empat area utama, yaitu produksi dan distribusi *chilled water*, sistem pengaturan udara, pencahayaan, dan sistem pengontrolan manajemen energi.

- c. Danasugondo, Iskandar, Prof. Ir., *Hemat Energi melalui AC, Bagaimana?*, Majalah Konstruksi, Maret 1985, pp 14-22

Wawancara yang berisi tentang: berapa jenis/sistem AC yang kini dipasarkan di Indonesia, metode yang diperlukan dalam penggunaan AC bagi suatu gedung atau ruangan tanpa menimbulkan dampak negatif, sejauh mana bentuk arsitektur bangunan dan bahan-bahan bangunan yang digunakan untuk penghematan daya penggunaan AC itu, dan sejauh mana keikutsertaan perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang AC dalam rangka hemat energi tersebut.

- d. Jones, William Peter, *Air Conditioning Applications and Design*, Edward Arnold Publishers Ltd. London: 1980.

Pengetahuan tentang prinsip-prinsip dasar tentang *Air Conditioning*, pertimbangan teoritis yang dipergunakan untuk menilai pemilihan dan perancangan sistem untuk penerapan yang benar, yang berkaitan dengan pengaruh performansinya, konsumsi energi, perbandingan modal dan biaya operasional, kebutuhan ruang untuk sistem, diagnosa dan penyelesaian masalah yang mungkin timbul.

- e. Soegijanto, Dr. Ir., ***Bagaimana Sebaiknya Penggunaan AC dalam Rangka Hemat Energi***, Majalah Konstruksi, Juni 1983, pp. 52-56.
 Penelitian terhadap kondisi thermal dari berbagai bangunan khususnya rumah sederhana, penelitian sifat thermal dari bahan bangunan, besarnya radiasi panas yang diterima oleh permukaan bangunan pada berbagai orientasi, penelitian mengenai ventilasi alam, hubungan cahaya matahari dengan radiasi panasnya, dan pengukuran efisiensi dari sumber cahaya.
- f. Stein, Benjamin and John S. Reynolds, ***Mechanical and Electrical Equipment for Building***, 8th edition, John Wiley & Sons, Inc. Canada: 1992.
 Khusus pada bagian perencanaan untuk perancangan pemanasan dan pendinginan, dibahas tentang pengorganisasian masalah, petunjuk, dan kriteria dalam perancangan untuk pemanasan dan pendinginan, metode 'Rule of Thumb' untuk tahap pradesain, perhitungan kehilangan panas per jam dan kebutuhan bahan bakar, metode perkiraan untuk menghitung perolehan panas, perhitungan detail per jam untuk perolehan panas, dan prosedur perhitungan pendinginan pasif.
- g. F. Stoecker, Wilbert, Jerold W. Jones, and Supratman Hara, ***Refrigerasi dan Pengkondisian Udara***, edisi 2.
 Khusus pada bagian *psychrometric*, memberikan perhitungan dalam mencari nilai DBT, WBT, *Relative Humidity* (RH), *Humidity Ratio* (W), enthalpi, *Dew Point* (DP), dan *Specific Volume* (V).
- h. Standar Nasional Indonesia, ***Konservasi Energy Sistem Tata Udara pada Bangunan Gedung 2000***, Badan Standarisasi Nasional.
 Mengulas tentang standar untuk system tata udara pada bangunan gedung di Indonesia.
- i. ASHRAE, ***ASHRAE Handbook: Fundamentals***, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 1993.
 Perencanaan pengkondisian udara, yaitu teori tentang termodinamika, *psychrometric*, perhitungan *altitude* dan *latitude*, data-data umum seperti data cuaca, kondisi geografis, dsb, material bangunan, perhitungan beban dan energi, perhitungan ukuran dakting dan pipa, dsb.

- j. McQuiston, Faye C., P.E. and Jeffrey D. Spitler, P.E., ***Cooling and Heating Load Calculation Manual***, 2nd Edition, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 1994.

Perhitungan kapasitas pendinginan metode CLTD dan TETD dilengkapi dengan data-data pendukung seperti nilai CLTD, SCL, CLF, kondisi cuaca, nilai U, dsb.

- k. Adi Kusrianto, ***Mengupas Tuntas Formula dan Fungsi Microsoft EXCEL***, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2000.

Penggunaan rumus dan fungsi Microsoft Excel secara efisien dan mudah.

1.7 Keaslian Penelitian

Penelitian tentang beban pendinginan untuk perancangan sistem *air-conditioning* pada bangunan mungkin bukan hal baru, karena sudah ada beberapa ahli yang pernah meneliti bidang ini dan juga beberapa mahasiswa peneliti pendahulu di UK Petra. Namun dalam penelitian yang berjudul “Aplikasi dan Analisis Beban Pendinginan Pada Bangunan Gedung Kembar (*Twin Tower*) Apartemen Golfhill Di Jakarta” ini berusaha untuk mengungkapkan hal-hal yang belum sempat dibahas dalam penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu:

a. Penelitian ini ditujukan untuk menunjukkan profil beban pendinginan yang terjadi pada bangunan Apartemen Golfhill di Jakarta. Bangunan tersebut merupakan gedung kembar yang saling membayangi satu terhadap gedung lainnya, sehubungan dengan keadaan tersebut profil dibagi menjadi tiga bagian yaitu *Non Shade*, *Actual* dan *Full Shade*.

- Keadaan *non shade* : Perhitungan dilakukan dengan mengasumsikan kondisi bangunan tidak ada pembayangan. Pada penelitian terdahulu hal inilah yang dilakukan.

Selain memperhitungkan keadaan *non shade* peneliti menambahkan 2 keadaan lain yaitu :

- Keadaan *actual* : Perhitungan dilakukan dengan melihat pembayangan (*sun shading*) dengan keadaan yang terjadi sebenarnya.
- Keadaan *full shade* : Perhitungan dilakukan dengan asumsi terjadi pembayangan seluruhnya. Pada penelitian ini keadaan *full shade* tidak mungkin terjadi karena ketinggian gedung sama karena kembar. Tetapi perhitungan tetap dilakukan sebagai analisis saja dan berguna untuk penelitian selanjutnya apabila ada gedung yang sesuai dengan kondisi tersebut.

b. Pembuatan aplikasi CLTD INSTANT dilakukan sendiri oleh peneliti untuk mempercepat dan membantu mempermudah proses perhitungan serta memperkecil kesalahan akibat *human error* saat pengolahan data terjadi.

- c. Kelebihan kelebihan yang ada pada aplikasi yang dibuat :
- Aplikasi ini tidak hanya dipakai untuk apartemen saja tetapi dapat digunakan menghitung bangunan lain.
 - Memiliki fleksibilitas yang tinggi. Salah satunya yaitu berkemampuan menghitung dalam 3 kondisi yaitu : *non shade*, *full shade* dan *actual*.
 - Disajikan profil dan *break down* beban pendinginan dalam bentuk grafik dan tabel untuk 5 hari kritis.
 - Mampu mengoptimasikan beban pendinginan dengan merubah variabel yang ada secara cepat dan *user friendly*. Contohnya : optimasi orientasi bangunan, mengubah desain kondisi dan sebagainya.
 - Dapat *diupgrade* untuk kondisi geografis tertentu selain kota Jakarta.
- d. Menambahkan bulan Oktober selain ke empat hari kritis lainnya, karena bulan Oktober memiliki kontribusi panas eksternal terbesar pada dinding-dinding dengan orientasi barat dan bidang horizontal (Dr. Soegijanto, 1989). Penambahan bulan Oktober untuk menyempurnakan penelitian sebelumnya di Surabaya yang belum mempertimbangkan bulan ini dalam perhitungan.
- e. Mencari persentase kontribusi beban panas konduksi dinding, konduksi kaca, radiasi (eksternal), dan beban panas orang, lampu, peralatan, ventilasi (internal). *Break down* ditambah dengan menyajikan beban panas untuk masing-masing arah (*direction*) bangunan akibat radiasi matahari. Penelitian pendahulu hanya menyajikan *break-down* persentase beban panas eksternal saja.
- f. Mencari beban pendinginan untuk berbagai kondisi (kepadatan orang yang berbeda dan desain *indoor* yang berbeda secara bersamaan).
- g. Mencari beban pendinginan maksimal (*peak load*) dengan merubah orientasi bangunan. Pada tahap perencanaan orientasi bangunan berpengaruh pada besar beban pendinginan.