

Konservasi energi sistem tata udara bangunan gedung

© BSN 2011

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar Isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Perhitungan teknis.....	4
5 Pemilihan sistem dan peralatan tata udara.....	6
6 Pengukuran dan pengujian.....	7
7 Konservasi energi.....	8
8 Rekomendasi.....	10
9 Berlakunya SNI.....	14
Tabel 1 – Effisiensi minimum dari peralatan tata udara yang dioperasikan dengan listri....	16
Tabel 2 – Tebal isolasi minimum untuk pipa air sejuk.....	17
Bibliografi.....	19

Prakata

Standar konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung dimaksudkan sebagai pedoman bagi semua pihak yang terlibat dalam perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan pengelolaan bangunan gedung untuk mencapai penggunaan energi yang efisien.

Konservasi energi sistem tata udara bertujuan mengidentifikasi dan mencari peluang penghematan energi dari sistem tata udara tanpa mengurangi persyaratan kenyamanan termal serta kualitas udara ruang. Standar ini mencakup hal-hal yang terkait dengan: perencanaan teknis, pengoperasian dan pemeliharaan, konservasi energi dan pengujian serta analisis energi.

Pendahuluan

Standar Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung ini merupakan pemutakhiran (*updating*) dan penyempurnaan dari SNI 03-6390 dengan judul yang sama, yang diterbitkan sebagai edisi pertama tahun 2000. Pemutakhiran dan penyempurnaan dilakukan dengan menggunakan data dan acuan mutakhir sesuai dengan iklim tropis lembab (*warm humid climate*) di Indonesia.

Dua faktor kunci dalam konservasi energi sistem tata udara adalah, pertama, kondisi udara perancangan terkait dengan kondisi kenyamanan termal ruang, kedua, kondisi udara luar yang ditetapkan sebagai kondisi perancangan.

Mempertimbangkan adanya variasi kenyamanan termal yang berbeda antara individu yang satu dengan yang lain, kondisi termal ruang perancangan ditetapkan dalam satu rentang temperatur nyaman berdasarkan sejumlah penelitian kenyamanan termal yang dilakukan di Indonesia dan di Asia Tenggara.

Kondisi termal udara luar yang dijadikan acuan perancangan ditetapkan berdasarkan data statistik temperatur maksimum rata-rata di semua ibu kota propinsi di Indonesia. Dengan demikian, semua pihak yang berkepentingan dengan sistem tata udara: perancang, distributor, institusi pemerintah, auditor energi, dan lainnya, dapat menggunakan acuan yang sama sebagai dasar perhitungan beban pendinginan.

Konservasi energi sistem tata udara bangunan gedung

1 Ruang lingkup

Standar ini memuat perhitungan teknis, pemilihan, pengukuran dan pengujian, konservasi energi serta rekomendasi sistem tata udara pada bangunan gedung secara optimal, sehingga penggunaan energi dapat dilakukan secara efisien tanpa mengorbankan kenyamanan termal pengguna bangunan

Standar ini diperuntukan bagi semua pihak yang berkepentingan dalam perencanaan, produksi, pembangunan, penyediaan, pengoperasian, pemantauan dan pemeliharaan gedung, dalam rangka mencapai sasaran penggunaan energi yang efisien

2 Acuan normatif

Penyusunan standar ini digunakan acuan:

SNI 03-6197, *Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung*

3 Istilah dan definisi

3.1

beda temperatur beban pendinginan (*Cooling Load Temperatur Difference = CLTD*)

selisih temperatur ekuivalen yang digunakan dalam metoda CLTD untuk menghitung beban pendingin dinding dan atap

3.2

infiltrasi

aliran udara luar yang masuk ke dalam bangunan gedung secara tidak terkendali dan tidak disengaja melalui celah atau bukaan lainnya pada selubung bangunan gedung

3.3

konduktansi termal (*k*)

koefisien perpindahan termal melalui material bangunan akibat perbedaan konstan temperatur antara satu permukaan ke permukaan pada sisi lainnya secara konduksi, dinyatakan dalam satuan laju aliran kalor per satuan tebal per derajat beda temperaturnya

3.4

koefisien kinerja pendinginan (*Coefficient Of Performance = COP*)

angka perbandingan antara laju aliran kalor yang diserap oleh sistem pendinginan dengan laju aliran energi yang dimasukkan ke dalam sistem tersebut

3.5

konservasi energi

upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya tanpa mengorbankan tuntutan kenyamanan manusia dan/atau menurunkan kinerja alat

3.6**mesin refrigerasi**

mesin yang bekerja melakukan proses refrigerasi untuk mendapatkan efek pendinginan

3.7**nilai perpindahan termal menyeluruh (*Overall Total Transfer Value = OTTV*)**

suatu nilai yang menggambarkan kemampuan selubung bangunan meneruskan panas secara menyeluruh dari sisi luar ke sisi dalam atau sebaliknya, dinyatakan dalam unit W/m². Nilai ini ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk dinding masif dan dinding transparan (kaca) selubung bangunan gedung yang dikondisikan

3.8**pemakaian energi perencanaan (*Design Energy Consumption*)**

perkiraan seluruh kebutuhan energi gedung per-tahun yang dihitung terhadap gedung yang direncanakan

3.9**pengkondisian udara**

pengolahan udara yang bertujuan untuk mengendalikan kondisi termal udara, kualitas udara, dan penyebarannya di dalam ruang dalam rangka pemenuhan persyaratan kenyamanan termal pengguna bangunan

3.10**rasio efisiensi energi (*Energy Efficiency Ratio = EER*)**

perbandingan antara kapasitas pendinginan neto peralatan pendingin (dalam BTU/jam) dengan seluruh masukan energi listrik (watt) pada kondisi operasi yang ditentukan. Bila digunakan satuan yang sama untuk kapasitas pendingin dan masukan energi listrik, nilai EER sama dengan COP

3.11**resistans termal [$R = 1/k$]**

suatu besaran yang nilainya berbanding terbalik dengan konduktans termal

3.12**selubung bangunan**

elemen bangunan yang membungkus bangunan gedung, yaitu dinding dan atap transparan atau yang tidak transparan

3.13**sistem aliran udara tetap**

sistem tata udara yang bekerja mengendalikan temperatur bola kering dalam suatu ruangan dengan mengendalikan temperatur udara yang masuk ke ruangan tersebut; laju aliran udara yang masuk dijaga tetap

3.14**sistem aliran udara variabel (*Variable Air Volume = VAV*)**

sistem tata udara yang bekerja mengendalikan temperatur bola kering dalam suatu ruangan dengan mengendalikan laju aliran udara yang masuk ke dalam ruangan tersebut

3.15**sistem tata udara**

keseluruhan sistem yang bekerja mengendalikan kondisi termal udara di dalam bangunan gedung melalui pengendalian besaran termal (seperti temperatur, kelembaban relatif), penyebaran udara serta kualitas udara (kesegaran dan kebersihan), sedemikian rupa sehingga diperoleh suatu kondisi ruang yang nyaman, segar dan bersih

3.16**temperatur bola kering (*dry bulb* = *DB*)**

temperatur udara yang diukur dengan termometer yang diekspos secara bebas ke udara namun terlindung dari pengaruh radiasi dan kelembaban

3.17**temperatur bola basah (*wet bulb* = *WB*)**

temperatur terendah saat terjadi penguapan air, yang mencerminkan sifat-sifat fisik dari sistem percampuran udara dan uap air

3.18**transmitans termal (*U*)**

koefisien perpindahan kalor dari udara pada satu sisi bahan ke udara pada sisi lainnya

3.19**ventilasi udara luar (*outdoor ventilation*)**

pemasukan udara luar ke dalam gedung untuk memasukkan udara segar atau memperbaiki kualitas udara di dalam gedung sesuai dengan ketentuan standar yang berlaku

4 Perhitungan teknis**4.1 Kondisi perencanaan**

4.1.1 Kondisi udara ruang yang direncanakan harus sesuai dengan fungsi dan persyaratan penggunaan ruangan yang dimuat dalam standar.

4.1.1.1 Untuk memenuhi kenyamanan termal pengguna bangunan, kondisi perencanaan gedung yang berada di wilayah dataran rendah (atau pantai) dengan suhu udara maksimum rata-rata sekitar 34°C DB dan 28°C WB (atau suhu rata-rata bulanan sekitar 28°C) ditetapkan bahwa:

- a) Ruang kerja: temperatur bola kering berkisar antara 24°C hingga 27°C atau 25,5°C ± 1,5°C, dengan kelembaban relatif 60% ± 5%.
- b) Ruang transit (lobi, koridor): temperatur bola kering berkisar antara 27°C hingga 30°C atau 28,5°C ± 1,5°C, dengan kelembaban relatif 60% ± 10%.

4.1.1.2 Untuk wilayah dataran tinggi atau pegunungan, dengan suhu udara maksimum rata-rata sekitar 28°C DB dan 24°C WB atau kurang (atau suhu rata-rata bulanan sekitar 23°C atau kurang), pada umumnya tidak diperlukan pengkondisian udara buatan. Pencapaian kenyamanan termal dan ketersediaan udara bersih seluruhnya dibebankan kepada optimalisasi rancangan arsitektur secara pasif.

4.1.2 Apabila, tidak ditentukan lain kondisi udara luar perencanaan ditetapkan 33°C DB dan 27°C WB, sesuai angka rata-rata temperatur maksimum tertinggi kota di Indonesia dengan tingkat kebolehtjadian terbesar. Kondisi udara luar ini ditetapkan demi keseragaman perhitungan beban pendinginan; perencanaan yang lebih teliti harus menentukan kondisi udara luar setempat dengan metoda yang sudah baku.

4.2 Perhitungan perkiraan beban pendingin**4.2.1 Umum**

- 4.2.1.1** Perkiraan beban pendinginan harus dilakukan dengan cermat pada setiap komponen beban. Perhitungan beban pendinginan yang cermat dalam tahap perencanaan dapat memberikan peluang lebih besar bagi penghematan energi sistem tata udara secara keseluruhan.
- 4.2.1.2** Perlu dihindarkan perhitungan beban pendinginan dengan faktor keamanan terlalu tinggi yang dapat menyebabkan melonjaknya kapasitas pendinginan akibat beban puncak yang berlebihan.
- 4.2.1.3** Perhitungan beban lampu harus dilakukan secara cermat menggunakan data desain sistem pencahayaan ruang terkait, bukan menggunakan perkiraan berdasarkan satuan Watt-lampu per satuan luas lantai.
- 4.2.1.4** Perkiraan pemakaian energi sistem tata udara harus menggunakan perhitungan beban pendingin seluruh jam operasi dan karakteristik pemakaian daya peralatan yang aktual. Untuk perkiraan beban pendinginan per bulan dapat digunakan profil beban pendinginan harian yang dapat mewakili bulan tersebut. Perhitungan pemakaian energi satu hari dilakukan dengan profil beban tersebut. Untuk perkiraan pemakaian energi bulan tersebut, nilai pemakaian energi satu hari dikalikan dengan jumlah hari operasi dalam bulan yang terkait.

4.2.2 Komponen bangunan gedung yang mempengaruhi beban pendinginan

Setiap komponen beban pendinginan yang memberikan kontribusi besar atau penting terhadap beban pendinginan perlu dioptimalkan peluangnya untuk penghematan energi.

4.2.2.1 Beban selubung bangunan

- a) Transmittansi termal bahan bangunan merupakan salah satu variabel penting dalam menentukan besar kecilnya beban pendinginan. Kesalahan dalam menentukan nilai transmittansi termal, secara proporsional akan menimbulkan kesalahan dalam kalkulasi beban pendinginan, untuk itu identifikasi bahan bangunan menjadi penting.

- b) Identifikasi bahan bangunan serta perkiraan nilai transmitansi termal perlu dilakukan secara cermat. Kecuali bahan yang diimpor, nilai transmitansi termal yang tercantum dalam sejumlah standar luar negeri tidak selalu sesuai dengan nilai transmitansi termal bahan yang digunakan di Indonesia.
- c) Beban pendinginan akibat transmisi panas dari luar melalui selubung bangunan sangat besar. Untuk gedung kantor satu lantai di Indonesia, saat terjadi beban puncak, beban pendinginan dapat mencapai 40% hingga 50%, tergantung dari ratio bidang transparan (kaca) terhadap luas selubung bangunan keseluruhan.
- d) Agar gedung yang direncanakan dapat memenuhi persyaratan hemat energi, besarnya nilai perpindahan termal menyeluruh (*Overall Thermal Transfer Value* = OTTV) yang dihitung dalam tahap awal perancangan tidak melebihi nilai di dalam standar yang berlaku (SNI 03-6389, tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung).
- e) Perubahan rancangan arsitektur harus dilakukan jika nilai OTTV yang dihitung melampaui batas standar yang berlaku (SNI 03-6389, tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung).

4.2.2.2 Beban listrik pencahayaan

- a) Pada gedung komersial seperti perkantoran, beban pendinginan yang ditimbulkan oleh lampu untuk pencahayaan dan peralatan listrik dalam ruangan merupakan komponen beban tunggal yang perlu diperhitungkan sesuai dengan SNI 03-6197, tentang Konservasi energi sistem pencahayaan.
- b) Perkiraan beban pendinginan secara rinci dari komponen tersebut di atas harus dibuat berdasarkan perencanaan sistem listrik pada setiap ruang, dan tidak dibenarkan hanya menghitung nilai daya listrik berdasarkan per-satuan luas lantai rata-rata seluruh gedung.
- c) Ketentuan rinci sistem pencahayaan gedung hemat energi diatur dalam SNI 03-6197, tentang Konservasi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung.

4.2.2.3 Beban penghuni

- a) Meskipun secara umum beban penghuni berkontribusi beban pendinginan lebih kecil dibanding beban listrik dalam sistem tata udara, perhitungan beban penghuni perlu dilakukan secara cermat. Perhitungan yang cermat akan membuka peluang bagi tercapainya penghematan energi sistem tata udara bangunan. Untuk bangunan kantor, besarnya beban penghuni untuk perhitungan beban pendinginan berkisar antara 10% sampai 15% terhadap total beban pendinginan sistem tata udara.
- b) Pola aktifitas penghuni gedung dapat berpengaruh terhadap beban pendinginan maksimum dan mempengaruhi besarnya kapasitas mesin pendingin. Beban penghuni harus dihitung dengan cermat dengan memperhatikan pola aktifitas atau pola 'kehadiran' penghuni (*occupancy*) di dalam ruang.

4.2.2.4 Beban udara luar sebagai ventilasi dan infiltrasi

- a) Udara luar yang dimasukkan sebagai ventilasi menimbulkan beban pendingin sensibel maupun laten yang cukup tinggi. Besarnya nilai ventilasi harus mengikuti ketentuan yang berlaku, dengan menggunakan kondisi udara luar sesuai dengan paragraf 4.1.2.
- b) Untuk mencegah infiltrasi, perlu dibuat rancangan sedemikian rupa di mana tekanan udara di dalam lebih besar (positif) dibanding tekanan udara luar.

4.2.2.5 Beban lain-lain dan beban sistem

- a) Beban lain termasuk beban sistem harus dihitung atau diperkirakan dengan teliti. Sebagai contoh, perlunya memeriksa kembali beban kalor masuk di sepanjang saluran udara setelah laju aliran udara dihitung
- b) Peralatan di dalam ruang yang bertemperatur lebih rendah dari temperatur ruang, seperti refrigerated cabinet, akan menimbulkan "beban negatif" dalam ruang. Beban semacam ini perlu diperhitungkan secara cermat untuk mendapatkan kondisi yang lebih nyata dari beban maksimum ruangan.

4.2.3 Metode perhitungan beban pendinginan

4.2.3.1 Perhitungan beban pendingin harus menggunakan prinsip dan metode baku yang telah diakui oleh dunia profesi tata udara. Penggunaan program atau perangkat lunak komputer sangat dianjurkan untuk perhitungan beban pendinginan gedung yang besar dan/ atau kompleks. Program atau perangkat lunak komputer yang digunakan harus sudah teruji dengan baik oleh dunia profesi tata udara, atau setidaknya telah digunakan secara komersial.

4.2.3.2 Metode perhitungan beban pendinginan yang sudah baku antara lain :

- a) Metode perbedaan temperatur ekivalen total (*Total Equivalent Temperatur Difference Method = TETD*). Prosedur perhitungan metode ini terdiri dari dua langkah, yaitu :

Metode perhitungan TETD ini sudah cukup lama dan sangat sederhana serta mudah di hitungnya cukup dengan calculator saja, hanya saja tidak dapat menghitung biaya operasi tiap saat/jam.
- b) Metode Fungsi Transfer (*Transfer Function Method = TFM*).
- c) Metode perbedaan temperatur beban pendinginan (*Cooling Load Temperatur Difference Method = CLTD*)

4.2.4 Analisa psikrometrik dan sistem distribusi udara

4.2.4.1 Analisis psikrometrik pada tahap perencanaan perlu dilakukan untuk menentukan spesifikasi teknis koil pendingin dan fan peralatan pengolah udara (*Air Handling Unit*) yang tepat. Dalam melakukan analisis perlu diperhatikan agar perkiraan bypass factor koil pendingin didasarkan pada nilai yang umum digunakan untuk aplikasi ruangan atau zona yang bersangkutan.

4.2.4.2 Pemilihan koil pendingin dan fan peralatan pengolah udara yang paling mendekati spesifikasi teknis tersebut harus dilakukan dengan cermat meskipun perlu dilakukan kompromi enjiniring. Apabila tidak dapat diperoleh koil yang sesuai dengan spesifikasi teknis dari analisis psikrometrik, maka harus dilakukan analisis

psikrometrik berikutnya dengan menggunakan data koil (misalnya bypass factor), yang paling mendekati spesifikasi, untuk menjamin terpenuhinya sasaran perencanaan.

5 Pemilihan sistem dan peralatan tata udara

5.1 Faktor yang mempengaruhi total pemakaian energi selama satu tahun

Pemilihan sistem tata udara pada bangunan gedung komersial harus memperhitungkan faktor yang mempengaruhi total pemakaian energi selama satu tahun, seperti halnya penggunaan gedung tersebut, efisiensi dari peralatan tata udara yang digunakan, dan beban pendinginan parsial dari gedung tersebut.

5.2 Karakteristik beban gedung terhadap waktu dalam sehari dan sepanjang tahun

Agar sistem tata udara dapat memberikan respon baik pada beban puncak maupun pada beban parsial, pemilihan sistem tata udara termasuk sistem kontrolnya harus memperhatikan karakteristik beban gedung terhadap waktu dalam sehari dan sepanjang tahun. Sistem tata udara harus mampu memberikan respon terhadap fluktuasi beban akibat kombinasi perubahan jumlah penghuni, perubahan cuaca maupun perubahan aktifitas pengguna ruangan itu sendiri. Sebagai contoh, untuk ruangan besar seperti ruang pertemuan atau ruang rapat memiliki beban pendinginan besar dan meskipun waktu penggunaannya singkat dan frekuensi penggunaannya rendah, sementara untuk ruang pengolahan data elektronik misalnya distribusi beban pendinginan lebih merata sepanjang hari dan maupun sepanjang tahun.

5.3 Pemilihan peralatan dengan efisiensi terbaik

Pemilihan peralatan primer dan peralatan sekunder sistem tata udara, serta penentuan spesifikasinya merupakan langkah penting dalam menentukan tingkat efisiensi penggunaan dan tingkat penghematan energi. Pada umumnya peralatan primer dan sekunder tidak dibuat secara khusus bagi keperluan gedung yang direncanakan. Untuk itu perlu dilakukan kompromi enjiniring dengan cara memilih peralatan yang spesifikasi lebih mendekati perencanaan, dengan efisiensi terbaik yang dapat diperoleh.

5.4 Analisis pemakaian energi pada beban parsial

Untuk keperluan analisis pemakaian energi pada beban parsial, perlu diusahakan agar karakteristik rinci peralatan primer dan sekunder yang dipilih dapat diperoleh. Analisis pemakaian energi pada beban parsial diperlukan untuk membuat perhitungan pemakaian energi perencanaan.

5.5 Analisis sisi udara (*airside analysis*)

5.5.1 Analisis sisi udara harus dilakukan seksama dan realistis agar koil pendingin dalam unit pengolah udara yang dipilih dapat menghasilkan kondisi udara yang paling sesuai dengan tuntutan beban ruangan. Besaran yang harus diperhatikan terutama adalah kapasitas kalor sensibel dan kalor laten, dan laju aliran udara melalui koil, dibandingkan dengan besaran yang dihitung dalam rancangan.

5.5.2 Koil pendingin yang mempunyai karakteristik terdekat dengan besaran rencana akan mampu menghasilkan kondisi ruangan terdekat dengan rencana, pada beban maksimum. Namun demikian harus diperiksa apakah koil tersebut masih mampu menghasilkan kondisi ruangan yang direncanakan atau yang dekat dengan kondisi perencanaan, pada keadaan beban kurang dari maximum (*partial load*).

5.5.3 Untuk bangunan gedung yang menuntut kondisi ruang dalam rentang yang relatif sempit, maka koil yang dipilih harus mampu memenuhi tuntutan tersebut. Kalau koil yang ditawarkan produsen tidak ada yang mampu memenuhi tuntutan besaran kapasitas kalor sensibel dan kalor laten (atau rasio kalor sensibel) maka harus dicari solusi dengan rancangan sistem yang lain misalnya dengan pemanas-ulang kalor sensibel. Solusi yang lain seperti ini tetap harus memperhatikan kepentingan konservasi energi.

6 Pengukuran dan pengujian sistem terpasang

6.1 Pengukuran

Tidak semua gedung yang dibangun sebelum pemberlakuan standar ini dirancang dengan pertimbangan hemat energi. Untuk itu, pengukuran energi dan pengukuran beban pendinginan perlu dilakukan dengan mengikuti kaidah-kaidah pengukuran yang berlaku.

6.1.1 Petunjuk pengukuran dan perhitungan system tata udara gedung

6.1.1.1 Seluruh bentuk pengujian di lapangan harus berdasarkan kondisi operasi, kecuali yang bergantung kepada kondisi udara luar (misalnya: temperatur udara luar dan temperatur air masuk kondenser) harus berdasarkan kondisi aktual. Pengukuran untuk menghitung nilai EER dilakukan pada mesin refrigerasi. Bagi mesin refrigerasi yang evaporatornya menghasilkan air sejuk (*chilled water*) dilakukan pengukuran kapasitas pendingin pada sisi air sejuk. Sedangkan untuk mesin refrigerasi yang evaporatornya menghasilkan udara sejuk dilakukan pada sisi udara. Untuk perhitungan EER, daya listrik yang digunakan mesin refrigerasi adalah daya kompresor.

6.1.1.2 Untuk mengevaluasi sistem tata udara keseluruhan perhitungan yang diperlukan meliputi pengukuran kapasitas pendingin evaporator, serta pengukuran seluruh daya listrik yang diperlukan bagi pencapaian kondisi nyaman gedung tersebut.

6.1.1.3 Seluruh analisis energi bertumpu pada hasil pengukuran, seluruh hasil pengukuran harus handal dengan tingkat kesalahan (*error*) rendah yang masih dapat ditolerir. Alat ukur yang digunakan dapat diandalkan dan telah dikalibrasi dalam batas waktu yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Kalibrasi harus dilakukan oleh pihak yang secara hukum memiliki kewenangan untuk melakukan.

6.2 Pengujian

- 6.2.1** Prosedur pengukuran berbagai besaran harus mengikuti ketentuan yang sesuai dengan standar yang berlaku. SNI 05-3052-1992 "Cara uji unit pengkondisian udara", mengatur tata cara pengukuran temperatur, kecepatan aliran udara dalam *duct*, laju aliran air sejuk dalam pipa.
- 6.2.2** Untuk memeriksa apakah suatu sub sistem atau suatu komponen masih bekerja dengan tingkat efisiensi sesuai dengan yang dikeluarkan pabrik, pengujian tingkat efisiensi dapat dilakukan pada sub sistem atau komponen sistem tata udara tersebut. Jika hasil pengujian menunjukkan penurunan tingkat efisiensi yang cukup besar, perlu dilakukan usaha perbaikan atau modifikasi (tuning up, kalibrasi, dll) agar efisiensi dapat ditingkatkan.

7 Konservasi energi

7.1 Tahap perencanaan

7.1.1 Sistem kontrol dan manajemen energi

- a) Sistem kontrol kapasitas pendingin direncanakan untuk mengatur operasi peralatan tata udara dan refrigerasi di dalam rentang yang paling efisien atau hemat energi. Peralatan tata udara dan refrigerasi yang karakteristik kapasitasnya dapat diatur "mendekati" perubahan beban pendingin umumnya dapat beroperasi dengan efisiensi tinggi. Dalam konservasi energi tata udara, penggunaan sistem kontrol "on-off" tidak dianjurkan karena kurang mampu mengatur kapasitas sistem tata udara agar "mendekati" perubahan beban pendingin, kecuali hanya dalam kasus tertentu.
- b) Untuk mengatasi beban dengan masukan daya minimum perlu dipilih mesin refrigerasi yang dilengkapi dengan sistem kontrol kapasitas, agar dapat dioperasikan kapasitas yang cukup. Dalam hal digunakan lebih dari satu mesin refrigerasi pada satu sistem tata udara, perlu dilengkapi dengan sistem kontrol yang mengatur giliran mesin refrigerasi bekerja serta mengatur kombinasi persentase beban yang didukung oleh tiap mesin refrigerasi, sehingga dapat diperoleh masukan energi yang minimum.
- c) Pada sisi udara, pengaturan dengan laju aliran udara variabel merupakan salah satu pilihan terbaik dari segi konservasi energi, namun pengoperasian fan pada peralatan pengolah udara harus dicermati apakah perlu dilengkapi dengan pengaturan kecepatan putaran
- d) Pengaturan kapasitas koil juga harus dipertimbangkan dengan hati-hati, baik koil yang dialiri refrigeran maupun yang dialiri air sejuk. Koil pendingin dialiri air sejuk yang dilengkapi dengan katup modulasi dua jalan akan menyebabkan pompa air sejuk beroperasi dengan laju aliran berubah dengan berubahnya beban sehingga termasuk beroperasi pada daerah yang efisiensinya rendah. Dengan sasaran konservasi energi, maka perlu dicari solusi yang memperbaiki efisiensi pompa pada daerah operasinya.

- e) Untuk sistem dengan air sejuk, perencanaan pompa dengan pengaturan kecepatan putaran perlu dipertimbangkan untuk mengatur kapasitas pendinginan pada beban parsial. Sistem semacam ini akan dapat mengoperasikan pompa di dalam daerah pemakaian energi yang paling rendah dengan beban yang berubah.
- f) Untuk mengatur pengoperasian sistem tata udara agar hemat energi, sistem manajemen energi perlu direncanakan dengan cermat. Sistem manajemen energi dapat direncanakan secara rinci hingga mencakup ke aspek yang detail seperti halnya pengaturan waktu penyalan lampu di dalam ruangan atau pengaturan waktu pemasukan udara ventilasi.

7.2 Tahap pengoperasian

7.2.1 Mesin refrigerasi

- a) Untuk penghematan energi, jangka waktu operasi mesin refrigerasi dapat diminimalkan dengan memanfaatkan besarnya masa air sejuk sebagai media penyerap panas.
- b) Selain mengoptimalkan jangka waktu pengoperasian beban parsial, kombinasi operasi multiple units yang dapat meminimalkan penggunaan energi (multi *Chiller*, atau multi-compressor pada satu *Chiller*) perlu dikembangkan.
- c) Dengan memperhatikan karakteristik pompa distribusi air sejuk serta memperhatikan rentang kenaikan temperatur dalam *Chiller*, perlu ditentukan setting laju aliran air keluar *Chiller* minimum yang masih diperkenankan menurut ketentuan pabrik.

7.2.2 Sistem distribusi udara dan air sejuk

7.2.3 Pada sistem tata udara dengan air sejuk perlu diupayakan agar laju aliran air sejuk dapat diminimalkan ketika pompa distribusi air sejuk menunjukkan karakteristik daya masukan rendah pada laju aliran air yang rendah.

7.2.4 Untuk mengendalikan kondisi pendinginan ruang yang sesuai dengan perencanaan, infiltrasi udara luar harus diminimalkan atau jika mungkin ditiadakan.

7.2.5 Beban pendingin

- a) Untuk tujuan penghematan energi, temperatur ruang harus diset maksimum dalam batas rentang temperatur nyaman (*comfort zone*) sesuai butir 4.1.1.
- b) Berdasarkan rekam jejak pola pemakaian energi bangunan, pengoperasian AHU atau FCU perlu disesuaikan dengan waktu yang paling berpeluang untuk penghematan energi.
- c) Jika dimungkinkan, pengurangan beban pendinginan dalam ruang dapat dilakukan tanpa mengganggu aktifitas pengguna gedung. Mematikan lampu ruangan yang sudah cukup mendapatkan cahaya matahari mengurangi beban pendinginan ruang, sehingga menghemat penggunaan energi sistem tata udara.

7.3 Tahap pemeliharaan dan perbaikan

Dalam rangka penghematan energi, pada tahap pemeliharaan dan perbaikan, secara umum perlu diperhatikan agar kondisi pertukaran kalor dapat berlangsung dengan baik, dengan menjamin tahanan kalor yang kecil.

7.3.1 Mesin refrigerasi

7.3.1.1 Mesin kondenser perlu dibersihkan secara teratur pada sisi fluida pendinginnya; kondenser berpendingin udara memerlukan pembersihan sirip pada sisi udara, sementara kondenser berpendingin air memerlukan pembersihan pipa air dari kerak, agar tidak terlalu tebal.

7.3.1.2 Untuk kondenser berpendingin udara, aliran udara luar perlu dijaga agar cukup dan tidak terhalang, serta tidak terjadi “hubungan pendek” antara aliran udara keluar dari kondenser dengan aliran udara yang akan masuk kondenser

7.3.1.3 Pada kondenser berpendingin air maka sistem air pendingin perlu dijamin kebersihan dan kelancarannya, mulai dari menara pendingin (*cooling tower*) sampai pompa sirkulasi air kondenser.

7.3.1.4 Pada masa pemeliharaan, perlu diperiksa apakah nilai EER atau kW/TR mesin refrigerasi masih mendekati nilai yang dijamin oleh pabrik.

7.3.2 Sistem distribusi

Pemborosan energi dapat terjadi di berbagai bagian dari sistem tata udara di sepanjang perjalanan kalor dari mulai evaporator pada mesin refrigerasi, hingga ruangan yang dikondisikan.

7.3.2.1 Isolasi pipa air sejuk pipa refrigeran dan ducting udara perlu selalu diperiksa, dipelihara, dan diperbaiki dalam setiap kurun waktu tertentu untuk mencegah kebocoran kalor yang dapat mengakibatkan pemborosan energi.

7.3.2.2 Koil penukar kalor pada AHU dan FCU perlu dibersihkan dan disusun dengan baik (“disisir”) untuk menjamin proses pertukaran kalor dengan baik.

7.3.2.3 Meskipun secara langsung tidak berhubungan dengan pemborosan energi, filter AHU dan FCU secara teratur perlu selalu dibersihkan untuk menjamin kebersihan udara yang masuk ke dalam ruangan. Filter yang kotor juga dapat menimbulkan kerugian tekanan yang dapat menghambat laju aliran udara di koil pendingin.

7.4 Modifikasi

Modifikasi sistem tata udara merupakan langkah terakhir dalam kaitannya dengan penghematan energi jika usaha penghematan pada tahap operasional dan pemeliharaan belum mampu mencapai angka penggunaan energi spesifik yang diinginkan.

8 Rekomendasi

8.1 Sistem dan peralatan tata udara yang sederhana

- 8.1.1** Sistem tata udara jenis unitari (unitary) atau unit paket (packaged unit) dengan satu alat kontrol temperatur (thermostat) yang berfungsi mengontrol temperatur ruang atau daerah yang dilayani sistem tata udara, yang banyak digunakan di gedung komersial, merupakan sistem dan peralatan tata udara yang dikategorikan sederhana.
- 8.1.2** Kapasitas pendinginan peralatan tata udara sistem ini harus mampu memenuhi kebutuhan beban pendinginan yang telah dihitung pada perhitungan awal beban pendinginan; kapasitas peralatan tata udara ini tidak diperkenankan melebihi beban pendinginan yang telah dihitung berdasarkan perhitungan beban pendinginan.
- 8.1.3** Peralatan tata udara ini harus memenuhi kriteria efisiensi minimum dan kriteria lain yang tercantum dalam Tabel 1. Kebenaran tingkat efisiensi harus diuji kebenarannya melalui data pabrik pembuatnya serta sertifikasi testing/ pengujian dari lembaga sertifikasi yang diakui.

8.2 Sistem peralatan tata udara dengan sistem *Chiller*

- 8.2.1** Sistem *Chiller* digunakan pada gedung komersial dengan kapasitas pendinginan lebih dari 600.000 Btu/jam (176 kW). Sistem ini memakai media air sejuk yang disalurkan dengan pompa ke koil pendingin di Fan Coil Unit (FCU) untuk ruangan yang kecil atau di AHU (Air Handling Unit) untuk ruangan yang besar atau ruangan yang terbagi dalam lantai yang sama atau lantai berbeda.
- 8.2.2** Kapasitas pendinginan peralatan tata udara ini (*Chiller*) tidak diperkenankan melebihi kapasitas perhitungan beban pendinginan yang telah dihitung, kecuali:
- ada keperluan disediakan peralatan cadangan (standby) di mana sistem harus dilengkapi dengan alat pengatur otomatis yang dapat beroperasi secara otomatis apabila peralatan utama tidak beroperasi
 - tidak dapat dielakkan penggunaan unit ganda yang keduanya mempunyai tipe peralatan yang sama di mana total kapasitas pendinginan keduanya melebihi perencanaan beban pendinginan; dalam hal ini sistem tersebut harus dilengkapi dengan alat control yang mampu mengatur pengoperasian masing-masing unit sesuai dengan beban pendinginan dalam perencanaan.
- 8.2.3** Jumlah dan pengaturan kapasitas pendinginan unit *Chiller* harus memperhitungkan profil beban pendinginan dari gedung tersebut; pengoperasian unit *Chiller*, baik pada beban penuh maupun parsial, harus selalu berada pada tingkat efisiensi optimal. Untuk *Chiller* jenis sentrifugal harus dihindarkan pengoperasian kapasitas pendinginan kurang dari 50% dari kapasitas nominal.
- 8.2.4** Peralatan tata udara *Chiller* yang dimaksud harus memenuhi persyaratan dengan efisiensi minimum sesuai dengan yang tercantum dalam Tabel 1. Jika diperlukan pengetesan, cara dan prosedur testing harus sesuai dengan aturan yang berlaku. Tingkat efisiensi mesin harus diuji kebenarannya melalui data pabrik pembuatnya serta sertifikasi testing/ pengujian dari lembaga sertifikasi yang diakui.

Tabel 1 – Efisiensi minimum dari peralatan tata udara yang dioperasikan dengan listrik

TIPE MESIN REFRIGERASI	Efisiensi minimum	
	COP	KW/TR
<i>Split</i> < 65.000 BTU/h	2,70	1,303
<i>Variable Refrigerant Value</i>	3,70	0,951
<i>Split Duct</i>	2,60	1,353
<i>Air Cooled Chiller</i> < 150 TR (recip)	2,80	1,256
<i>Air Cooled Chiller</i> < 150 TR (screw)	2,90	1,213
<i>Air Cooled Chiller</i> > 150 TR (recip)	2,80	1,256
<i>Air Cooled Chiller</i> > 150 TR (screw)	3,00	1,172
<i>Water Cooled Chiller</i> < 150 TR (recip)	4,00	0,879
<i>Water Cooled Chiller</i> < 150 TR (screw)	4,10	0,858
<i>Water Cooled Chiller</i> > 150 TR (recip)	4,26	0,826
<i>Water Cooled Chiller</i> > 150 TR (screw)	4,40	0,799
<i>Water Cooled Chiller</i> > 300 TR (centrifugal)	6,05	0,581

CATATAN

- Penilaian efisiensi *Chiller* harus mengikuti COP minimum pada kondisi beban 100%
- Efisiensi minimum tersebut diukur pada temperatur udara luar 33°C DB untuk mesin refrigerasi berpendingin udara (*air cooled*) dan temperatur air masuk kondensor 30°C untuk mesin refrigerasi berpendingin air (*water cooled*)
- TR = Ton Refrigerasi

8.3 Sistem fan

Rancangan sistem fan harus memenuhi kebutuhan:

- 8.3.1** untuk sistem fan dengan volume tetap, daya yang dibutuhkan motor pada sistem fan gabungan tidak melebihi 1.36 W/(m³/jam).
- 8.3.2** untuk sistem fan dengan volume aliran berubah, daya yang dibutuhkan motor untuk sistem fan gabungan tidak melebihi 2.12 W/(m³/jam).
- 8.3.3** setiap fan pada sistem volume aliran berubah atau VAV (Variable Air Volume) dengan motor 60 kW atau lebih, harus memiliki kontrol dan peralatan yang diperlukan agar daya yang dibutuhkan fan tidak lebih dari 50% dari daya rancangan pada kondisi 50% volume rancangan.
- 8.3.4** ketentuan butir 0, 8.3.2, dan 8.3.3 tidak berlaku untuk fan dengan daya lebih kecil dari 7.5 kW.

8.4 Sistem pompa

Sistem pompa dan pemipaan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

SNI 6390:2011

- 8.4.1** Sistem pemipaan harus dirancang sedemikian rupa agar laju kehilangan tekanan akibat gesekan tidak lebih dari 4 meter air per 100 meter panjang ekuivalen pipa.
- 8.4.2** Sistem pompa yang melayani katup kontrol untuk pembuka dan penutup kontinu atau berlangkah harus dirancang untuk memompakan aliran fluida secara variabel.
- 8.4.3** aliran fluida harus dapat diubah dengan penggerak pompa berkecepatan variabel, pompa ganda bertahap (multi stage), atau pompa yang bekerja pada kurva performansi karakteristik.
- 8.4.4** ketentuan pada butir 8.4.2, dan 0 dapat diabaikan jika sistem pompa hanya melayani satu katup kontrol, dan atau jika aliran minimum yang diperlukan lebih dari 50% aliran rancangan.
- 8.4.5** ketentuan butir 0, 8.4.2, 0, dan 0 tidak berlaku untuk sistem pompa dengan daya motor kurang dari 7.5 kW.

8.5 Isolasi pemipaan air sejuk

Isolasi pemipaan air sejuk harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- 8.5.1** Semua pemipaan air dingin pada sistem tata udara diberi isolasi termal sesuai ketentuan dalam Tabel 2.

Tabel 2 – Tebal isolasi minimum untuk pipa air sejuk ^{*)}

Sistem pemipaan	Temperatur fluida (°C)	Tebal isolasi minimum untuk ukuran pipa (mm)			
		Hingga 50 mm	Kurang dari 25 mm	Antara 31 ~ 50 mm	Diatas 200 mm
Air sejuk (<i>chilled water</i>)	4.5 ~ 13	12	12	20	25
Refrigeran	Dibawah 4.5	25	25	38	38

CATATAN :

- ^{*)}
- bila pipa berada di lingkungan ambien perlu ditambah isolasi 12 mm.
 - tebal isolasi perlu ditambah bila ada kemungkinan terjadi kondensasi permukaan.
 - tebal isolasi ini berlaku untuk bahan dengan resistans termal 28 hingga 32 m².KW per meter tebal isolasi pada temperatur rata-rata permukaan 24 °C.
- ^{**)}
- berlaku untuk tarikan sambungan pipa ke unit-unit terminal atau koil pendingin hingga panjang 4 meter.

- 8.5.2** isolasi pipa harus diberi pelindung untuk mencegah kerusakan.

- 8.5.3** untuk bahan dengan resistans termal lebih besar dari 32 m².K/W per meter, tebal (t) isolasi minimum dihitung memakai rumus berikut :

$$t \quad (\text{dalam} \quad \text{mm}) \quad = \quad \frac{32 \times \text{tebal pada tabel (8-5.1)}}{\text{nilai } R \text{ aktual (m}^2 \cdot \text{K/W per m)}} \quad (8.5.3)$$

- 8.5.4** untuk bahan dengan resistans termal lebih kecil dari 28 m².K/W per meter, tebal isolasi dihitung dengan :

$$t \quad (\text{dalam} \quad \text{mm}) \quad = \quad \frac{28 \times \text{tebal pada tabel (8-5.1)}}{\text{nilai } R \text{ aktual (m}^2 \cdot \text{K/W per m)}} \quad (8.5.4)$$

dimana :

t = tebal isolasi, dalam mm

R = resistans termal dalam m².K/W

8.6 Isolasi *ducting*

Isolasi sistem *ducting* (saluran udara), diharuskan memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- 8.6.1** semua *ducting* dan plenum yang terpasang sebagai bagian dari sistem *ducting* harus diberi isolasi termal;

- 8.6.2** besarnya resistans termal bahan isolasi ditentukan oleh rumus berikut :

$$R \quad = \quad \frac{T}{47.3} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K/W}) \quad (8.6.2)$$

dimana :

T = beda temperatur rancangan antara udara dalam *ducting* dengan udara sekeliling *ducting*,

dalam K. Resistans R terhitung tidak mencakup resistans film luar maupun dalam.

9 Berlakunya SNI

9.1 Untuk gedung yang sudah beroperasi (*existing*)

- 9.1.1** Gedung yg sudah beroperasi tidak wajib mematuhi SNI ini, namun dianjurkan sedapat mungkin berupaya melakukan langkah konservasi energi.
- 9.1.2** Gedung yg sudah beroperasi dan dilakukan modifikasi fisik secara signifikan (50% dan lebih), harus dilakukan sejak perencanaan mematuhi SNI ini.

9.2 Untuk gedung yang akan dibangun

- 9.2.1** Gedung yg belum dibangun dan sampai satu (tahun) kalender berlakunya SNI masih belum memperoleh IMB, harus dilakukan perancangan yg mematuhi SNI ini.

Bibliografi

- [1] ASEAN-USAID, *Building Energy Conservation Project, Asean – Lawrence Berkeley Laboratory*, 1992.
- [2] ASHRAE, *Standard on Energy Conservation in New Building Design*, 1980.
- [3] *The Development & Building Control Division (PWD) Singapore : "Handbook on Energy Conservation in Buildings and Building Services"*, 1992.
- [4] BOCA, *International Energy Conservation Code*, 2000.
- [5] F. William Payne, John J. McGowan ; *Energy Management for Building Handbook, The Fairmont Press. Inc*, 1988.
- [6] Karyono, T.H. (1996), *Thermal Comfort in the Tropical South East Asia Region, Architectural Science Review*, vol. 39, no. 3, September, pp. 135-139, Australia.
- [7] Karyono, T.H. (2000), *Report on Thermal Comfort and Building Energy Studies in Jakarta, Journal of Building and Environment*, vol. 35, pp 77-90, Elsevier Science Ltd., UK.
- [8] Karyono, T.H. (2008), *Bandung Thermal Comfort Study: Assessing the Applicability of an Adaptive Model in Indonesia, Architectural Science Review*, vol. 51.1, March, pp. 59-64, Australia.
- [9] Lew Harriman,. Geoff Brundrett,. And Reinhold Kittler (2008), *Humidity Control Design Guide, for Commercial and Institutional Buildings*, ASHRAE.
- [10] ASHRAE Standard 55-2004, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*
- [11] ASHRAE Standard 62.1-2007, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*.
- [12] ASHRAE, Standard 90.1-2007, *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*
- [13] ASHRAE Standard 100-2006, *Energy Conservation in Existing Buildings*.
- [14] ASHRAE Standard 105-2007, *Standard Methods of Measuring, Expressing, and Comparing Building Energy Performance*.
- [15] ARI Standard 550-2003
- [16] ISO 7730:2005 *Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*

BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN

e-mail: bsn@bsn.go.id
www.bsn.go.id