

Pemakaian Thermal Storage pada Sistem Pengkondisi Udara

Soejono Tjitro

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Herry Sunandar

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Sistem pengkondisian udara memakai energi 70 – 80 % dari seluruh energy sebuah gedung. Penerapan ice storage pada sistem tersebut dapat mengatur pemakaian beban listrik sehingga pemakaian beban listrik pada beban puncak dapat dikontrol.

Kata kunci : *ice storage, chiller, sistem pengkondisi udara*

Abstract

Air conditioning system consume 70 - 80 % of a building's energy requirement. Application of ice storage system can regulate electric load consumption so that its peak load can be controlled.

Keywords : *ice storage, shiller, air conditioning system*

1. Pendahuluan

Perkembangan pemakaian sistem pengkondisi udara sudah sangat pesat, hal ini dapat dilihat bahwa hampir semua gedung bertingkat, pusat perkantoran, pusat perbelanjaan menggunakan fasilitas ini. Fasilitas ini dirancang untuk memenuhi salah satu faktor yang dapat membantu membuat rasa nyaman bagi penghuni dalam melakukan berbagai aktivitas kerja.

Bangunan – bangunan yang memiliki beban pendinginan yang besar serta waktu operasi pemakaian pengkondisi udara hampir sama umumnya menggunakan sistem pengkondisi udara sentral. Hal ini karena pertimbangan biaya operasional serta perawatan lebih murah dan mudah. Pada sistem pengkondisi udara sentral dapat dipastikan menggunakan *Chiller*.

Chiller merupakan unit pendingin yang terdiri dari komponen-komponen utama refrigerasi, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Seperti halnya sistem refrigerasi, di *chiller* terjadi proses pengeluaran dan penyerapan panas. Air yang masuk ke *chiller* akan didinginkan, dan disirkulasi oleh pompa menuju unit pengolah udara. Di unit ini terjadi proses pertukaran kalor antara udara dengan air dingin. Udara dingin yang keluar

dari unit ini akan disirkulasi oleh fan menuju ruang kondisi. Sehingga *chiller* harus tetap hidup selama unit pengolah udara dijalankan.

Hampir 70 – 80 % energi yang ada di sebuah gedung digunakan untuk sistem pengkondisi udara. Sehingga dapat diprediksikan bahwa biaya pemakaian listrik sangat tinggi, sesuai dengan kenaikan beban pendinginannya. Pengeluaran biaya energi listrik makin besar pada jam-jam puncak (night time) karena pada jam-jam tersebut tarif listrik lebih tinggi daripada tarif listrik jam-jam biasa (day time).

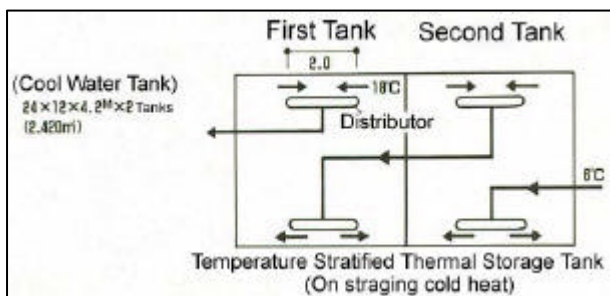
Penambahan *thermal storage* pada instalasi *chiller* membantu penghematan pemakaian listrik untuk keperluan pengkondisian udara. Berbeda dengan sistem konvensional di atas, *brine* yang mengalir ke *chiller* akan didinginkan dan kemudian disirkulasikan sebagian menuju unit pengolah udara dan lainnya ke *thermal storage*. Di *thermal storage* terjadi pertukaran kalor antara *brine* dengan air, dan diharapkan semua air di dalam storage berubah fase menjadi es. Kemudian siklus sirkulasi *brine* berubah dari *thermal storage* menuju unit pengolah udara sedangkan *chiller* dalam kondisi mati. Pemakaian listrik pada saat itu hanya untuk menghidupkan pompa saja. Oleh karena itu waktu kerja *Chiller* perlu disesuaikan dengan waktu kerja *Thermal Storage* sehingga diharapkan pemakaian listrik dapat seminimal mungkin. Idealnya pada jam – jam puncak *chiller* tidak dinyalakan dan beban pendinginan diatasi oleh *thermal storage*,

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Agustus 1999. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 1 Nomor 2 Oktober 1999.

akibatnya pemakaian listrik pada jam puncak berkurang.

2. Jenis *Thermal Storage*

Thermal Storage merupakan alat penyimpanan kalor. Kalor yang disimpan bisa kalor sensibel maupun kalor laten. Menurut media penyimpan energi yang digunakan, *thermal storage* dapat dibedakan menjadi 2 tipe yaitu *Water Tank* dan *Ice Storage*. *Water Tank* merupakan *thermal storage* yang paling sederhana dan kalor disimpan dalam bentuk kalor sensibel (air). Waktu diluar jam puncak sistem, *thermal storage* menyerap kalor sensibel dan menyimpannya, kemudian kalor tersebut akan dipergunakan pada waktu jam puncak.



Gambar 1 Sistem *Water Tank*⁵

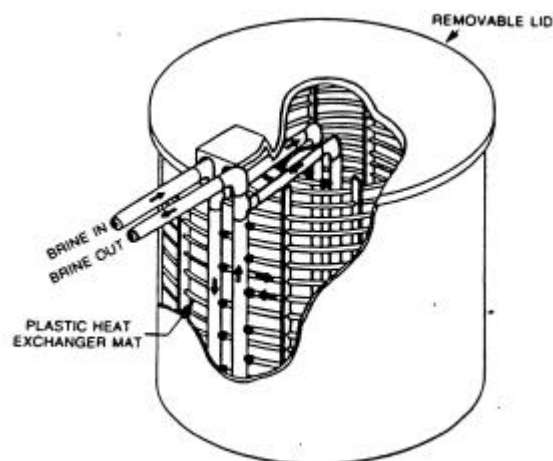
Ice Storage merupakan *thermal storage* yang menyimpan kalor dalam bentuk kalor laten (es). Dibandingkan dengan kalor sensibel air, kalor laten air lebih besar, yaitu 80 cal./gr atau 4180 J/kg. Sehingga volume penyimpanan kalor laten lebih kecil dibandingkan dengan volume penyimpanan kalor sensibel. Akibatnya investasi *ice storage* lebih murah daripada *water tank*.

3. Sistem *Ice Storage*

Sistem *ice storage* biasanya menggunakan larutan ethylene glycol, yang dikenal dengan *brine* sebagai media perpindahan panas. Sehingga air yang umumnya digunakan sebagai media perpindahan panas pada unit *chiller* harus diganti dengan *brine* apabila dikombinasikan dengan sistem *ice storage*. Karena *brine* memiliki kemampuan untuk bekerja pada temperatur rendah sehingga memungkinkan penurunan temperatur yang cukup besar serta mengubah fase air menjadi es. *Brine* sebenarnya merupakan campuran 25 % ethylene glycol dan 75 % air.

Chiller sentrifugal memiliki kemampuan menghasilkan *brine* yang keluar dari evaporator bersuhu sekitar 23 ° F - 26 ° F (- 5 ° C s/d - 3 ° C), sehingga sangat cocok untuk aplikasi sistem *ice storage*.

Untuk merencanakan kontrol pada sistem *ice storage* agar dapat menjalankan tugas dengan baik tidaklah mudah. Hal ini dapat diawali dengan perencanaan sistem pengkondisian udara yang nyaman bagi para penghuni. Setelah dapat mengetahui beban pendinginan yang harus diatasi maka baru merancang kapasitas tangki *ice storage*. Beban pendinginan ini bisa diatasi secara penuh atau sebagian baik oleh *chiller* maupun *ice storage*. Agar hal tersebut di atas dapat berjalan dengan baik maka pembagian beban tersebut harus dikontrol oleh kontrol taktik dan kontrol strategi. Kontrol taktik mengontrol sistem kerja *chiller* dan *ice storage*, sedangkan kontrol strategi mengontrol penghematan pemakaian listrik.

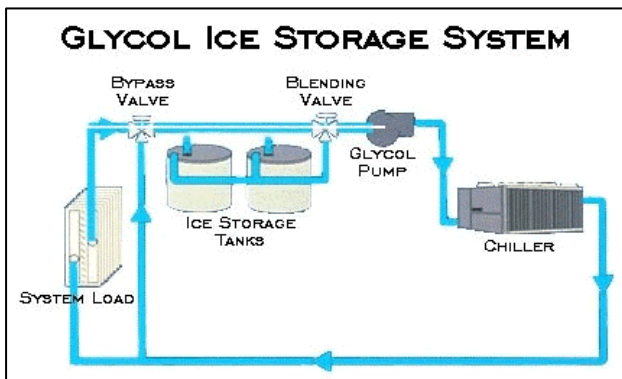


Gambar 2 *Ice Storage*¹

4. Mode Operasi Sistem *Ice Storage*

Mode operasi kontrol taktik sistem dapat dibagi menjadi 5 mode operasi, yaitu *Charging Storage*, *Charging Storage and Live Chiller*, *Live Chiller*, *Discharging and Live Chiller*, *Discharging*. Dalam pengoperasiannya mode operasi dikontrol oleh *bypass valve* dan *blending valve*. *Blending valve* adalah katup pencampur yang berperan mengalirkan *brine* untuk melewati atau tidak melewati *storage*. Sedangkan *bypass valve* merupakan sebuah katup dengan dua arah posisi yang dapat mencegah aliran *brine* dingin menuju atau melewati unit pengolahan udara selama mode

operasi pembekuan. Dengan pemrograman kontrol *bypass valve* yang tepat maka katup ini dapat digunakan secara tepat. *Direct Digital Control* (DDC) digunakan untuk mengatur penggunaan *blending valve*.



Gambar 3 Sistem Ethylene Glycol Ice Storage⁷

Charging Storage merupakan mode operasi untuk mempersiapkan *storage* berfungsi sebagai sumber pendingin. Dalam mode operasi ini *brine* bersirkulasi dari *chiller* ke *storage* saja dengan cara mengontrol *bypass valve*. *Charging Storage and Live Chiller* adalah mode operasi dimana beban *chiller* sebagian untuk mendinginkan *storage* dan sebagian ke unit pengolah udara (beban pendinginan). Mode operasi yang ketiga, yaitu *Live Chiller* adalah mode operasi dimana beban pendinginan seluruhnya diatasi oleh *chiller* sehingga *brine* hanya bersirkulasi dari *chiller* menuju unit pengolah udara. Hal ini dapat diatasi secara mudah dengan menaikkan *setpoint* DDC *blending valve* sampai pada temperatur larutan *brine* yang mengalir menuju ke *chiller*. Karena larutan *brine* didinginkan lagi oleh *chiller* maka suhu menjadi lebih rendah daripada suhu yang mengalir ke *chiller*. Maka *blending valve* tidak akan mengalirkan larutan *brine* menuju *storage*.

Discharging and Live Chiller merupakan mode operasi dimana beban pendinginan sebagian diatasi oleh *chiller* dan sebagian oleh *storage*. Sebelum mode operasi ini dilakukan, dipastikan seluruh air dalam *storage* sudah berubah fase menjadi es. Dan mode operasi yang terakhir adalah *Discharging*, merupakan mode operasi dari *storage* untuk mengatasi seluruh beban pendinginan dari unit pengolah udara. Dalam situasi ini *chiller* dalam keadaan *off*.

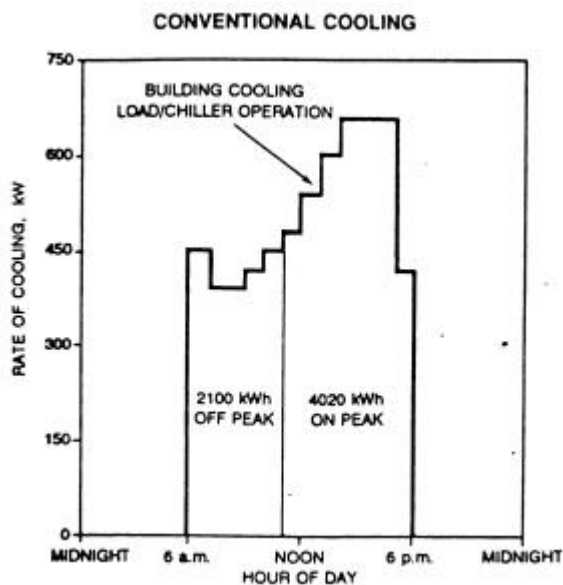
Mode - mode operasi ini perlu diatur sedemikian hingga terjadi penghematan biaya operasional listrik *chiller*. Pengaturan kerja mode operasi agar lebih efisien ini dilakukan oleh kontrol strategi. Untuk dapat merancang

kontrol strategi yang baik maka sistem *ice storage* harus dengan efektif dapat menyeimbangkan penggunaan pencairan es dan pengoperasian *chiller* didalam lima mode operasi di atas.

5. Perbandingan Biaya Operasional

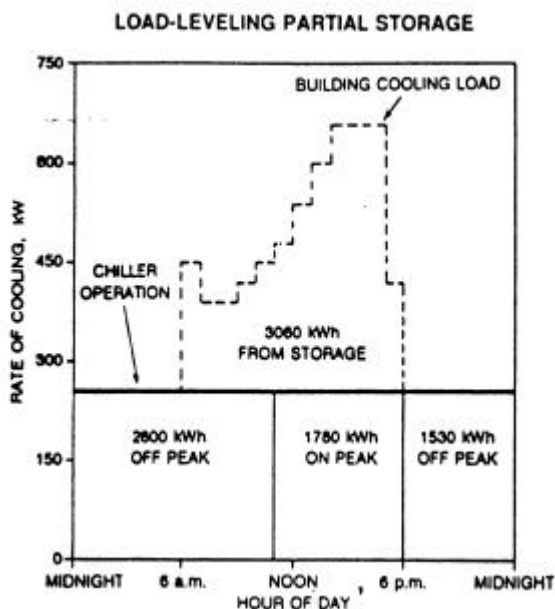
Dasar pemasangan *thermal storage* ada dua alasan utama, yaitu untuk menurunkan biaya awal (investasi) dan biaya operasional. Biaya investasi dapat ditekan jika lamanya beban yang harus diatasi pendek sehingga *thermal storage* memiliki waktu yang panjang sebelum bebannya dipergunakan. Misalnya sebuah gereja atau fasilitas gedung olah raga dengan kapasitas pengkondisian udara yang cukup besar, pemakaiannya kurang dari 6 jam per hari dan frekwensi pemakaian pun beberapa hari dalam satu minggu. Hal ini perlu dipertimbangkan pemakaian *thermal storage* dengan tujuan agar kapasitas sistem refrigerasi yang dipilih bisa lebih kecil.

Biaya kapital sekunder *thermal storage* lebih rendah, karena kebutuhan energinya lebih rendah. Jika temperatur es yang berada dalam *ice storage* makin rendah maka temperatur distribusi udara makin turun. Hal ini akan menyebabkan pemakaian *fan* dan saluran udara (*duct*) lebih kecil, dan pada akhirnya akan mengurangi jumlah luas ruang yang dibutuhkan.



Gambar 4 Profil Beban Pendinginan per Jam¹

Gambar 4 menunjukkan suatu sistem konvensional pada sebuah gedung komersial (total luas 9000 m²) dengan beban pendinginan 6120 kWh, yang dibagi atas 2100 kWh diluar beban puncak dan 4020 kWh pada beban puncak. Untuk memenuhi beban puncak tersebut, diperlukan 660 kW pada sistem konvensional. Tarif listrik umumnya dibagi atas tarif dasar (demand charges) dan tarif pemakaian (consumption charges). Dimana tarif pemakaian merupakan penjumlahan tarif pemakaian diluar beban puncak (2100 kWh dikalikan tarif listrik per kWh) dengan tarif listrik pemakaian pada beban puncak (4020 kWh dikalikan tarif listrik per kWh). Sedangkan tarif dasar listrik disesuaikan dengan golongan listrik. Untuk peralatan sistem konvensional membutuhkan daya sekitar 660 kW.

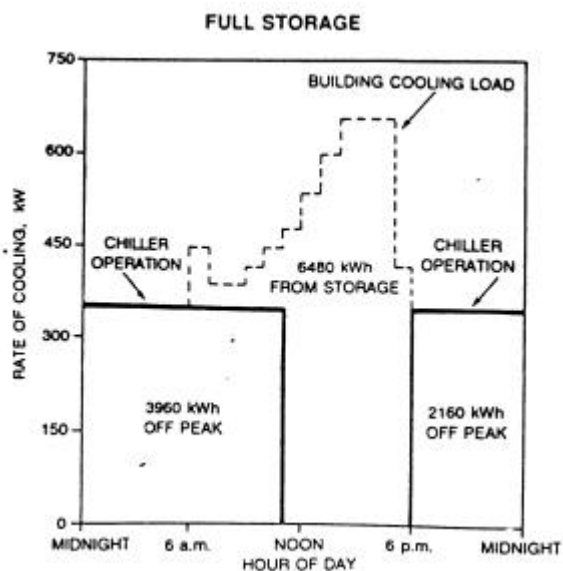


Gambar 5 Profil Beban Pendinginan per Jam untuk Sistem *Partial Storage*

Gambar 5, merupakan sistem partial storage, dimana penjumlahan tarif pemakaian listrik diluar beban puncak (4330 kWh dikalikan tarif listrik per kWh) dengan beban puncak (1780 kWh dikalikan tarif listrik per kWh) masih lebih rendah dibandingkan dengan tarif pemakaian listrik pada sistem konvensional. Demikian juga halnya dengan tarif dasar listriknya, yang membutuhkan daya sekitar 255 kW.

Sistem *full storage* mengeliminir seluruh energi pada beban puncak kecuali energi yang digunakan alat bantu untuk mentransfer energi simpanan ke sistem. Biaya tarif pemakaian

listrik seluruhnya didasarkan atas biaya tarif pemakaian diluar beban puncak, yaitu sebesar 6120 kWh dikalikan tarif listrik per kWh. Dibandingkan dengan sistem *partial storage*, sistem *full storage* memaksimalkan penghematan tarif dasar (demand charges). Sedangkan kerugian sistem *full storage* memerlukan tempat yang lebih besar dan biaya investasi yang lebih tinggi.



Gambar 6 Profil Beban Pendinginan per Jam untuk Sistem *Full Storage*

6. Aplikasi *Ice Storage*

Negara-negara maju terutama USA banyak menggunakan sistem ini untuk diterapkan pada sistem pengkondisi udara. Hal didasarkan pada pemikiran bahwa perbedaaan tarif listrik beban puncak dengan tarif listrik diluar beban puncak sangat besar. Disamping itu lamanya rentang waktu untuk diluar beban puncak sangat panjang. Karena dengan rentang waktu diluar beban puncak (peak off) sangat panjang memungkinkan seluruh air di dalam storage berubah fase menjadi es.

Gedung perkantoran Marlboro Bronx di Massachusetts dapat melakukan penghematan sebesar US\$88,000 untuk unit pengolahan udara yang lebih kecil, US\$68,000 untuk ukuran duct yang lebih kecil, dan US\$8,000 untuk boks VAV. Dan disamping itu permintaan beban pendinginan puncak turun dari 1,024 kW menjadi 220 kW sehingga energi listrik tahunan berkurang dari 2,000,000 kWh menjadi 1,400,000 kWh.

Val Moraes, seorang manager teknik Colliers Jardine- Auckland membandingkan

biaya total pemakaian listrik sistem konvensional dengan sistem *ice storage* pada gedung bertingkat di Auckland dengan total luas 25.000 m². Dengan sistem konvensional, didapatkan waktu beban puncak 153,708 kWh dengan tarif 11.04c per kWh dan diluar waktu beban puncak 5,1236 kWh dengan tarif 6.14c per kWh sehingga biaya total per bulan \$20,114. Sedangkan dengan sistem *ice storage*, waktu beban puncak 5,1236 kWh dengan tarif 11.04c dan diluar waktu beban puncak 153,708 kWh dengan tarif 6.14c sehingga biaya total per bulan \$15,093. Sehingga terjadi penghematan pemakaian listrik per bulan sebesar 25%. Dan disamping itu untuk beban pendinginan yang sama, sistem *ice storage* membutuhkan distribusi udara dingin 30% lebih sedikit daripada sistem konvensional. Sehingga energi yang dibutuhkan *fan* berkurang 30 – 40%, dan kelembaban udara dapat dipertahankan antara 35 – 45% dibandingkan kelembaban 50 – 60% yang sering dijumpai pada sistem konvensional.

7. Kesimpulan

Teknologi sistem *ice storage* sangat membantu dalam melakukan penghematan biaya pemakaian listrik untuk sistem pengkondisian udara serta biaya investasi awal untuk seluruh instalasi. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan pemasangan *ice storage* pada sistem pengkondisian udara, yaitu: total beban pendinginan, beban puncak, perbedaan tarif pemakaian listrik didalam dan diluar beban puncak, tarif dasar listrik, serta lamanya rentang waktu diluar beban puncak.

Daftar Pustaka

1. ASHRAE, *Heating, Ventilating and Air Conditioning Applications*: SI edition, Atlanta, 1991
2. www.bge.com/prodsrv/archeng/tscs.htm
3. www.hhangus.com/icestore.htm
4. www.energywise.co.nz/59sep98/59pcm.htm
5. www.techno-ryowa.co.jp/randd/eTheme5.htm
6. www.scana.com/sce%26g/business_solutions/cooling/cxctg.htm
7. 216.46.232.99/commercial/issues/iaq/resultse.asp

