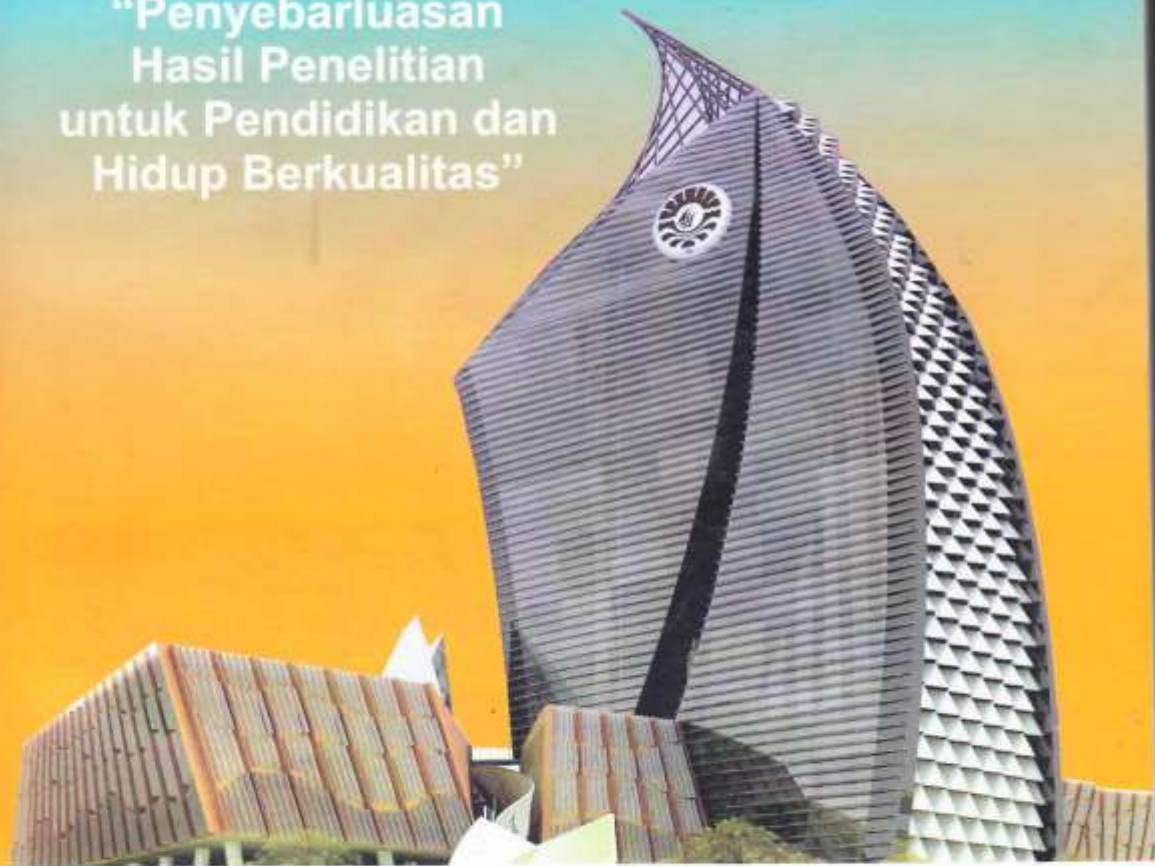


ISBN: 978-602-9076-75-5

## **SEMINAR NASIONAL HASIL PENELITIAN PERGURUAN TINGGI**

“Penyebarluasan  
Hasil Penelitian  
untuk Pendidikan dan  
Hidup Berkualitas”



**Lembaga Penelitian  
Universitas Negeri Makassar**

Februari 2015

# DESAIN, INSTALASI DAN PENGUJIAN SISTEM PENGKONDISIAN UDARA CHILLER SKALA LABORATORIUM DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN VCO-DETERGEN SEBAGAI PENYIMPAN KALOR

**Djuanda**

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar,  
Kamp. Panrangtambung Jl. Dg Tata Raya, Makassar  
email: djuanda89@yahoo.com

## *Abstract*

*Design and installation of chiller laboratory scale systems has been made, the sistem consists of a compressor, evaporator coil type, condenser, evaporator flat fin, cooling tank, expansion valve, and a temperatur control unit. The efficiency of the cooling sistem is known to perform temperatur measurements at several points of the sistem, the secondary refrigerant flow rate and the power needed by the sistem (pumps, and compressors).*

*Testing the use of phase change material (PCM) as a thermal storage in the chiller sistem has been carried out. PCM used is a mixture of the VCO (Virgin Coconut Oil) and detergent. The use of the mixture adjusted to the working temperatur chiller which ranged of 7-12 °C. The amount of the mixture used is 800 grams and chiller sistem used was a small-scale chiller capacity of 0.5 PK.*

*Test results show the effectiveness of the use of the VCO and detergent mixture as thermal storage. PCM use will prolong the operational time of the chiller for 22 minutes. Very significant in energy savings.*

**Keywords:** *chiller, laboratory scale, design, installation, VCO, PCM,*

## **1. PENDAHULUAN**

Penggunaan sistem pengkondisian udara pada suatu gedung sudah menjadi menjadi hal mutlak yang harus disediakan untuk menjamin tingkat kenyamanan yang diinginkan. Penggunaan sistem ini ternyata menjadi penyumbang terbesar dalam pemakaian energi listrik. Komsumsi energi listrik untuk pemakaian pada perkantoran dapat mencapai 70% dari komsumsi total (Lombard dk, 2007). Besarnya daya listrik yang digunakan menyebabkan perlunya suatu inovasi teknologi yang terus menerus sehingga berdampak pada penurunan biaya operasional suatu gedung. Beberapa sistem baru yang lebih efisien telah diaplikasikan pada gedung-gedung besar.

Sistem pengkondisian udara skala besar seperti yang sering dijumpai pada gedung perkantoran maupun hotel besar menggunakan sistem chiller. Sistem ini memanfaatkan

refrigeran primer untuk mendinginkan refrigeran sekunder. Refrigeran sekunder kemudian bersirkulasi ke unit Air Handling Unit (AHU) untuk menyerap kalor dari udara yang bersirkulasi ke setiap ruangan.

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 ruangan yang dikondisikan. Sehingga chiller harus tetap hidup selama unit pengolah udara dijalankan.

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,

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 sensible dan menyimpannya, kemudian kalor tersebut akan dipergunakan pada waktu jam puncak.

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.

Pada penelitian ini digunakan campuran VCO dan detergen sebagai bahan penyimpan kalor untuk aplikasi sistem chiller. Sistem chiller yang dipakai adalah chiller skala laboratorium yang didesain khusus agar dapat digunakan sebagai alat untuk pengujian untuk

mengukur efisiensi penggunaan penyimpanan kalor termal pada sistem pendingin.

Dwiyuni (2006) memberikan sifat-sifat vco yang dihasilkan dari proses pembekuan dan peleburan emulsi santan serta pengurangan kadar air minyak seperti pada Tabel 1. Hasil diperoleh setelah melalui pengujian dengan menggunakan kromatografi gas.

Tabel 1. Beberapa parameter hasil pengujian VCO (Dwiyuni, 2006)

| Parameter                         | Nilai   |
|-----------------------------------|---------|
| Densitas relatif                  | 0,91517 |
| Indeks bias pada 40°C             | 1,4479  |
| Kadar air (%)                     | 0,0136  |
| Bilangan asam                     | 0,5772  |
| FFA (%)                           | 0,2966  |
| Peroksida (meq oksigen/kg minyak) | 0,69359 |
| Warna                             | jernih  |
| Persen transmisi                  | 100     |
| Bau dan rasa                      | kelapa  |

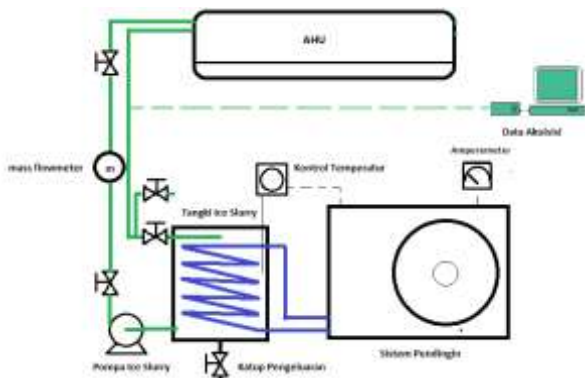
## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melakukan desain, instalasi, dan pengujian sistem pengkondisian udara chiller skala laboratorium. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan campuran VCO-detergen sebagai bahan penyimpan energy termal. Chiller yang digunakan adalah sistem chiller skala laboratorium. Skema sistem yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 1.

Sistem ini terdiri dari kompresor, evaporator tipe koil, kondensor, evaporator flat fin, tanki pendingin, katup ekspansi, dan unit kontrol temperatur. Efisiensi sistem pendingin diketahui dengan melakukan Pengukuran temperatur pada beberapa titik dari sistem, laju aliran refrigeran sekunder dan daya yang dibutuhkan oleh sistem (pompa, dan kompresor).

Refrigeran primer (R-22) dari kompresor dialirkan ke kondensor yang menyatu dengan unit pendingin. Refrigeran kemudian mengalir

melalui katup ekspansi agar tekanan refrigerant turun sehingga temperatur juga semakin rendah. Dari katup ekspansi refrigerant kemudian dialirkan ke evaporator coil yang berada dalam tangka pendingin. Perpindahan energy terjadi dari refrigerant sekunder ke refrigerant primer yaitu air sehingga temperatur air menurun. Air kemudian dialirkan ke unit AHU yang akan meindahkan kaor dari ruangan ke air.



Gambar 1. Sistem Pengkondisian Udara Chiller Skala Laboratorium

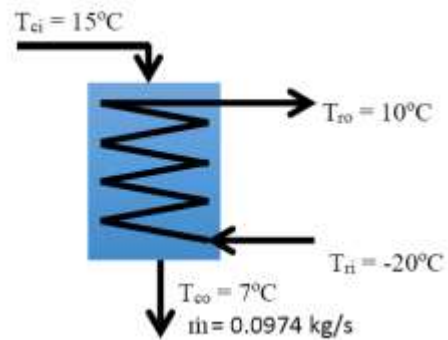
Pengujian sistem dilakukan dalam dua tahap, Tahap I tanpa menggunakan penyimpan energy termal, sedangkan pada pengujian kedua dilakukan dengan menggunakan penyimpan energy termal (PCM). Hasil dari kedua pengujian kemudian diperbandingkan untuk mengetahui kemampuan PCM dalam hal penghematan energy yang dapat dicapai.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal dari desain sistem pengkondisian udara chiller adalah penentuan kapasitas sistem pendingin yang akan digunakan. Sistem yang dirancang memiliki kapasitas 0,5 PK. Dari dasar tersebut maka komponen-komponen lain dapat ditentukan.

Komponen utama yang memerlukan desain khusus adalah penggunaan tangki pendingin. Di dalam tangki pendingin terdapat evaporator tipe coil yang berfungsi untuk memindahkan kalor dari air ke refrigerant sekunder.

Rancangan coil pendingin di tampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain penukar kalor tipe coil

Desain penukar kalor menggunakan metode *Logaritmik mean temperature difference* (LMTD). Laju aliran kalor melalui penukar kalor adalah:

$$q_c = A \cdot h \cdot LMTD \quad (1)$$

Koefisien perpindahan kalor diperoleh dari persamaan:

$$h = \frac{Nu}{k \cdot d} \quad (2)$$

Sedangkan bilangan Nusslet menggunakan koerelasi Dittus-Boltier:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{0,3} \quad (3)$$

Bilangan Reynold diperoleh dari persamaan:

$$Re = \frac{\rho \cdot u_m \cdot d}{\mu} \quad (4)$$

Dimana kecepatan aliran fluida dalam pipa ditentukan dengan korelasi:

$$u_m = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A_i} \quad (5)$$

Pipa coil yang digunakan adalah pipa tembaga berdiameter 0,5 inchi. Panjang pipa yang digunakan adalah 6 m.

Penyimpan energy termal yang digunakan adalah campuran VCO-Detergen. Campuran dimasukkan ke dalam silinder berdiameter 2,54



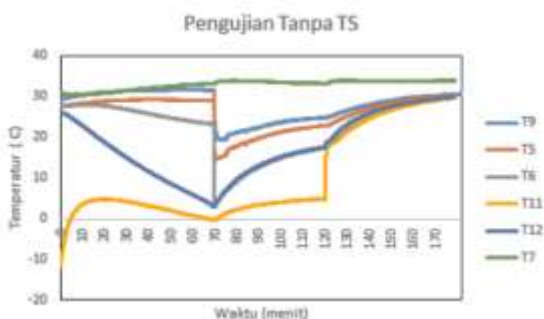
cm dengan panjang 25 cm. Jumlah campuran yang digunakan pada pengujian ini sebanyak 800 gr.

Instalasi sistem chiller skala laboratorium yang dihasilkan pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Instalasi sistem chiller skala laboratorium

Pada uji pertama, sistem pendingin dihidupkan untuk mendinginkan temperatur air dalam tangki hingga mencapai temperatur 3°C, setelah tercapai air dingin dari tangki kemudian dialirkan melalui evaporator berpendingin udara hingga kondisi tunak tercapai. Pengujian kemudian dilanjutkan dengan mematikan sistem pendingin hingga temperatur air yang bersirkulasi mencapai temperatur ruang.

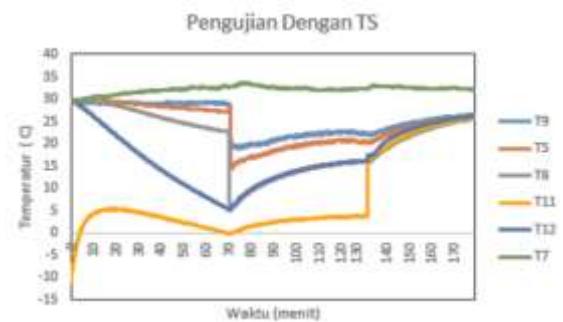


Gambar 4. Hasil pengujian tanpa penyimpanan termal

Hasil pengujian tahap pertama diperlihatkan pada Gambar 4. Temperatur

udara yang keluar dari evaporator awalnya 19°C kemudian terus meningkat sampai keadaan tunak tercapai pada temperatur 24°C. Pengujian kemudian dilanjutkan dengan mematikan sistem pendingin sehingga proses pendinginan yang keluar dari evaporator memanfaatkan kalor sensible yang masih tersedia dari air. Temperatur ruang kembali diperoleh setelah 43,5 menit waktu uji.

Pada uji kedua, chiller dihidupkan dengan memasukkan penyimpan termal berisi campuran VCO dan penekan ke dalam tangki air dingin. Pengujian dilaksanakan seperti dengan tahap uji pertama. Hasil pengujian pada dengan menggunakan penyimpan energy termal dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil pengujian dengan penyimpanan termal

Temperatur udara yang keluar dari evaporator awalnya 19°C kemudian terus meningkat sampai keadaan tunak tercapai pada temperatur 22°C. Pengujian kemudian dilanjutkan dengan mematikan sistem pendingin sehingga proses pendinginan yang keluar dari evaporator memanfaatkan kalor sensible yang masih tersedia dari air.

Hasil pengujian antara dengan menggunakan penyimpan termal dan tanpa penyimpan termal menunjukkan perbedaan yang berarti. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan grafik temperatur udara keluar evaporator pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan temperatur keluar evaporator

Dengan menggunakan penyimpan termal maka temperatur udara keluar evaporator akan lebih rendah dibandingkan tanpa menggunakan penyimpan termal. Dengan menggunakan penyimpan termal VCO dan penekan sebanyak 500 gr maka waktu yang bisa dilayani oleh chiller dibandingkan dengan sistem tanpa penyimpan termal adalah 22 menit.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan:

- 1) Dalam penelitian ini telah dilaksanakan desain, instalasi dan pengujian sistem chiller skala laboratorium.
- 2) Hasil Pengujian menunjukkan potensi penggunaan VCO sebagai penyimpan energy termal pada sistem pendingin. Titik beku VCO yang berada pada kisaran 19°C perlu diturunkan pada temperatur 7 - 12°C karena itu digunakan zat penekan yang dapat menurunkan temperatur beku VCO.
- 3) Waktu yang dapat dilayani oleh chiller dengan menggunakan campuran VCO dan detergen dibandingkan dengan sistem tanpa penyimpan termal adalah 22 menit.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada Direktorat Pendidikan Tinggi atas dukungan

dana penelitian melalui Hibah Unggulan Perguruan Tinggi 2014,

#### 6. DAFTAR SIMBOL

- A Luas permukaan pipa ( $m^2$ )
- $A_i$  Luas permukaan dalam pipa ( $m^2$ )
- d Diameter pipa (m)
- h Koefisien perpindahan panas konveksi ( $W/m^2.K$ )
- k Konduktivitas termal ( $W/m.K$ )
- LMTD *Logaritmik mean temperature difference* ( $^{\circ}C$ )
- Nu Bilangan Nusselt
- Pr Bilangan Prandtl
- $q_c$  fluks kalor (W)
- Re Bilangan Reynold
- $u_m$  Kecepatan aliran (m/s)
- $\rho$  Massa jenis ( $kg/m^3$ )
- $\mu$  Viskositas dinamik ( $N.s/m^2$ )

#### 7. REFERENSI

1. Abbassi, I.E., Lasvignotes, J.C., Bedecarrats, J.P., Dumas, J.P., Mimet, A., 2010, Energetic performance of a refrigerating loop using ice slurry, *Applied Thermal Engineering* 10, pp. 20 – 30.
2. Anonim, [http://www.epsltd.co.uk/files/slurryice\\_manual.pdf](http://www.epsltd.co.uk/files/slurryice_manual.pdf), diunduh pada tanggal 25 Mei 2013.
3. Bellas, I., Tassaou, S.A., 2005, Present and future application of ice slurry, *International Journal of Refrigeration* 28, pp. 115-121.
4. Dumitrescu, R., Ilie, A., Ciriac, F, Ice Slurry vs cooled water as a refrigerant in confort air conditioning systems. Diunggah 25 Mei 2013.
5. DwiYuni, M., 2006, Kajian Sifat Fisika Kimia Ekstraksi Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconout Oil, VCO) Dengan Metode Pembekuan Krim Santan, Fakultas Teknologi Pertanian Bogor.
6. Knodel, B.D., France, D.M., Choi, U.S., Wambsganss, M.W., 2000, Heat transfer and pressure drops in ice

slurry, Applied Thermal engineering  
20, pp. 671-685.

7. Lombard, L.P, Ortiz J., Pout C., 2007,  
A review on buildings energy  
consumption information, Energy and  
Building, pp 1-5.