

ANALISA BEBAN PENDINGINAN UNTUK STUDI KELAYAKAN PENGEMBANGAN SOLAR DESSICANT AIR CONDITIONING

Sri Utami Handayani

Dosen Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang Ph/Fax. 0247471379

Email : handayani@undip.ac.id

Abstrak

Sistem pengkondisian udara konvensional dengan siklus kompresi uap telah menimbulkan efek yang besar terhadap lingkungan akibat konsumsi energi dan refrigeran yang digunakan. Hal tersebut telah mendorong pengembangan Solar Desiccant Air Conditioning yang sesuai untuk daerah yang beriklim panas dan lembab. Tulisan ini akan mengkaji kelayakan pemanfaatan Solar Desiccant Air Conditioning dilihat dari kondisi iklim tahunannya melalui analisa beban pendinginan. Diperoleh hasil bahwa prosentase beban laten terhadap beban total mencapai 50 hingga 54% dengan variasi beban yang kecil.

Keywords: Solar, Desiccant, Air Conditioning

1. PENDAHULUAN

Indonesia yang terletak di daerah tropis memiliki karakter iklim yang panas dan lembab, temperatur rata-rata udara juga terus meningkat akibat pemanasan global Sebagai contoh di Semarang suhu dalam 1 tahun terakhir berkisar antara 23 sampai dengan 34 dengan suhu rata-rata 27 C. Sedangkan kelembaban antara 70% sampai dengan 83% (www.bmg.go.id). Kondisi iklim yang panas dengan tingkat kelembaban yang tinggi telah menimbulkan rasa tidak nyaman pada manusia. Hal ini telah menyebabkan permintaan AC meningkat, yang kemudian berdampak pada peningkatan konsumsi energi listrik (Gommed et al, 2004). AC yang selama ini banyak digunakan menggunakan sumber energi listrik dan bekerja berdasarkan siklus kompresi uap. Pada siklus kompresi uap udara didinginkan sampai dibawah tekanan uap jenuhnya sehingga uap air yang dikandungnya mengembun, akibatnya temperatur dan kelembaban udara turun (McQuiston et al, 1982). Karena udara harus didinginkan sampai dibawah temperatur jenuhnya maka konsumsi energi listrik AC dengan siklus kompresi uap menjadi besar.

AC dengan siklus kompresi uap memerlukan refrigeran sebagai media pendingin udara antara lain refrigeran CFC, HCFC, dan. Baik refrigeran CFC maupun HCFC yang selama ini banyak dipakai telah menimbulkan penipisan lapisan ozon yang mengakibatkan kenaikan suhu bumi dan menimbulkan berbagai dampak ikutan (Maclaine-cross et al, 2001).

Solar Desiccant Air Conditioning System adalah salah satu teknologi yang dapat dipakai untuk mengatasi permasalahan tersebut. SDAC memiliki kemampuan humidifikasi sehingga mampu mendinginkan udara tanpa harus menurunkan temperatur sampai dibawah titik jenuhnya.

Mekanisme yang dipergunakan adalah dengan melewati udara yang akan dikondisikan ke desiccant sehingga kelembabannya akan turun, baru kemudian udara diturunkan temperaturnya pada heat exchanger. Kondisi yang sesuai bagi penerapan SDAC adalah daerah dengan temperatur dan kelembaban yang tinggi.

SDAC memiliki keunggulan antara lain : dapat mempergunakan energi thermal sebagai penggerak seperti energi matahari, geothermal, atau panas buangan, sehingga hemat energi (Davanagere et al, 1999). Selain itu juga tidak menggunakan refrigeran yang dapat menipiskan lapisan ozon sehingga ramah lingkungan. Ada korelasi positif antara beban pendinginan dengan intensitas sinar matahari. Pada siang hari ketika beban pendinginan besar intensitas sinar matahari tinggi, sehingga sangat memungkinkan untuk memanfaatkan sinar matahari sebagai penggerak utamanya. Pemilihan sinar matahari sebagai sumber energi thermal pada SDAC didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah di Indonesia, dimana hampir sepanjang tahun matahari bersinar dan hanya pada puncak musim penghujan saja sinar matahari sering tertutup mendung. Tujuan yang ingin dicapai melalui tulisan ini adalah mengetahui kelayakan pemanfaatan Solar Thermal Air Conditioning untuk kondisi iklim di Indonesia melalui data iklim tahunan dan perhitungan beban pendinginan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar

4,5 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Dengan demikian, potensi angin rata-rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan sekitar 9% (Anonim, 2010). Dari potensi tersebut kapasitas terpasang baru sekitar 8 MW (Susandi, 2006).

Untuk mendapatkan rasa nyaman, manusia kemudian menggunakan alat pengkondisi udara (Air Conditioning). Untuk dapat menghasilkan efek pendinginan ada beberapa sistem yang dapat dipergunakan, antara lain sistem kompresi uap, sistem absorpsi dan sistem ekspansi gas (Wang et al, 1999). AC yang selama ini banyak digunakan menggunakan sistem kompresi uap. Pada sistem kompresi uap udara didinginkan sampai dibawah tekanan uap jenuhnya sehingga uap air yang dikandungnya mengembun, akibatnya temperatur dan kelembaban udara turun (McQuiston et al, 1982).

Pada daerah dengan tingkat kelembaban yang tinggi metode ini menjadi tidak efisien, karena udara harus didinginkan sampai dibawah temperatur jenuhnya sehingga konsumsi energi listrik AC dengan siklus kompresi uap menjadi besar.

Selain sistem kompresi uap ada sistem lain lain yang dapat digunakan dalam proses pendinginan, antara lain sistem pendinginan desiccant. Pada teknologi pendinginan desiccant kelembaban udara ruangan yang digunakan dapat diturunkan oleh material desiccant tanpa harus menurunkan temperatur udara sampai dibawah temperatur jenuh.

Dehumidifier adalah inti dari sistem pendinginan desiccant. Dehumidifier dapat secara efisien memindahkan uap (beban laten) dari udara, temperatur (beban sensibel) kemudian diturunkan sampai ke kondisi yang diinginkan pada heat exchanger atau evaporative cooler. Desain dan prinsip kerja sistem pendingin desiccant didasarkan pada material desiccant yang dipergunakan untuk melakukan proses dehumidifikasi. Desiccant adalah zat kimia yang memiliki daya tarik yang besar terhadap uap/kelembaban. Penyerapan / pelepasan uap disebabkan karena adanya perbedaan tekanan uap antara permukaan desiccant dengan udara di sekitarnya. Dehumidifikasi akan terjadi ketika tekanan uap permukaan desiccant lebih kecil daripada tekanan udara. Dehumidifikasi akan terus terjadi sampai terjadi kesetimbangan. Untuk melepaskan kandungan uap dilakukan dengan proses regenerasi. Regenerasi dapat terjadi bila tekanan uap desiccant lebih tinggi daripada tekanan udara sekitar, biasanya dilakukan dengan cara memanaskan desiccant sampai tekanan regenerasinya (Davanagere et al, 1999). Pada Solar Desiccant Air Conditioning

pemanasan desiccant dilakukan dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi thermal.

Salah satu karakteristik sistem pendingin desiccant adalah efisien dalam menangani beban laten tetapi kurang efisien menangani beban sensibel (Gommed & Grossman, 2004).

Sistem pendinginan desiccant memiliki beberapa keuntungan antara lain (Anonim, 2001) :

- 1) Pengontrolan kelembaban dapat dilakukan tanpa tergantung pada pengontrolan temperatur
- 2) Biaya operasional lebih rendah karena dapat mempergunakan sumber energi termal seperti panas buangan pabrik, tenaga matahari, dll untuk proses regenerasi.
- 3) Kualitas udara ruangan meningkat.
- 4) Tidak mempergunakan CFC yang dapat merusak lapisan ozon.

Seringkali desiccant dikombinasikan dengan sistem pendingin udara konvensional, disini desiccant digunakan sebagai pre-conditioner udara sebelum masuk ke unit pendingin konvensional. Keuntungan desiccant dehumidifier adalah pengontrolan kelembaban yang lebih baik, pemindahan beban laten yang lebih efisien dan penurunan konsumsi listrik pada saat beban puncak (Pesaran, 1993)

3.METODOLOGI

Kelayakan pengembangan Solar Thermal Air Conditioning diuji melalui beberapa tahap. Dalam tulisan ini disajikan tahap pertama yaitu melalui perhitungan beban pendinginan, penggambaran pada grafik psychrometric serta perbandingan beban laten dan beban sensibel.

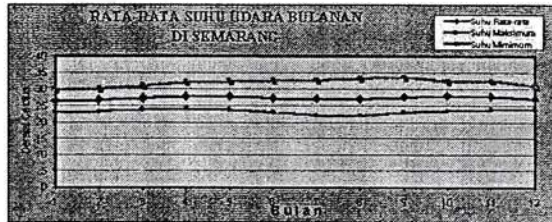
Dalam perhitungan digunakan asumsi bahwa ruangan dipergunakan sebagai ruang kuliah dengan pertimbangan bahwa nantinya prototype yang akan dikembangkan akan dipasang di Gedung Perkuliahan Program Diploma III Fakultas Teknik Undip. Gedung perkuliahan yang dipergunakan adalah bangunan 2 lantai yang terdiri dari 8 ruang perkuliahan. Untuk memudahkan pengaturan masing-masing ruangan akan dipergunakan unit pengkondisian udara yang terpisah.

Spesifikasi ruangan adalah sebagai berikut :

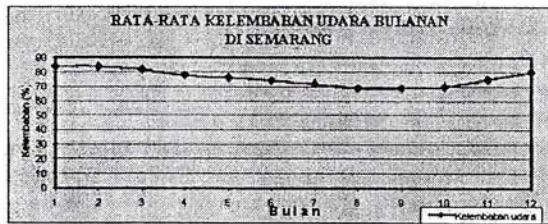
Ukuran ruang	: 10m x 11m x 3m
Dinding	: batubata, plaster semen dan pasir tebal 15 cm warna krem
Lantai	: keramik
Plafon	: Eternit
Jendela	: kayu dan kaca, ukuran 1,2 m x 3m
Pintu	: double swing door, bahan kayu ukuran 2.2mx 2.1m jumlah 1 buah

Lampu : recessed mounted, 2 x 36 W,
jumlah 25
Penghuni : 60 orang, aktivitas ringan
Peralatan lain : LCD Projector, 450W

Kondisi udara ruangan : 25°C dan 55%RH
Kondisi udara luar : berdasarkan data klimatologi wilayah Semarang (sumber Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), diambil data temperatur tertinggi dalam satu bulan.



a. Data suhu udara di Semarang



b. Data kelembaban relatif di Semarang

Gambar 1. Data Klimatologi Wilayah Semarang.

4.HASIL

Dari hasil perhitungan dengan berdasarkan data iklim tahunan wilayah setempat diperoleh hasil beban pendinginan tahunan. Beban pendinginan dihitung untuk setiap ruangan dengan pertimbangan adanya kemungkinan masing-masing ruangan dipergunakan pada saat yang tidak bersamaan. Besarnya beban pendinginan sensible, laten serta perbandingan beban laten terhadap beban pendinginan total dituliskan pada table berikut.

Tabel 1. Beban pendinginan sensibel, laten dan perbandingan beban laten terhadap beban total.

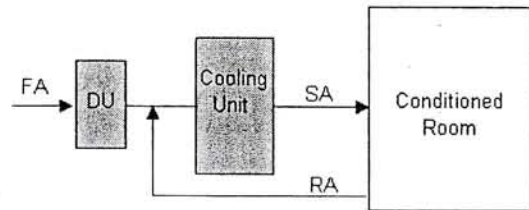
Bulan	Jenis Beban (Btu)			
	Sensibel	Laten	Total	% Laten
Jan	46,717	58,964	105,681	55.8
Feb	47,388	58,964	106,352	55.4
Maret	48,394	48,394	96,788	50.0
April	51,747	61,153	112,900	54.2
Mei	52,585	61,153	113,738	53.8
Juni	53,190	60,059	113,249	53.0
Juli	54,094	56,776	110,870	51.2
Agt	55,100	56,776	111,876	50.7
Sept	58,453	61,153	119,606	51.1
Okt	56,218	61,153	117,371	52.1
Nop	51,747	58,964	110,712	53.3
Des	47,053	56,776	103,829	54.7

5.PEMBAHASAN

Dari tabel hasil perhitungan beban pendinginan dapat disimpulkan karakteristik beban pendinginan tahunan. Pertama, beban pendinginan tahunan besarnya relatif sama sepanjang tahun. Hal ini menguntungkan dalam perancangan unit pengkondisian udara, karena peralatan akan beroperasi pada kapasitas maksimum sepanjang tahun, sehingga efisiensinya selalu tinggi. Kedua, dari table tersebut terlihat bahwa perbandingan beban laten terhadap beban total relatif tinggi dengan rata-rata sekitar 50%, nilai tertinggi 55,8% pada bulan Januari dan terendah adalah 50% pada bulan Maret. Hal ini sesuai dengan karakteristik beban yang diinginkan pada Solar Dessicant Air Conditioning yaitu beban laten yang besar. Namun hal ini juga dapat merugikan karena akan berkaitan dengan kemampuan penyerapan uap air maksimal yang dimiliki oleh dessicant.

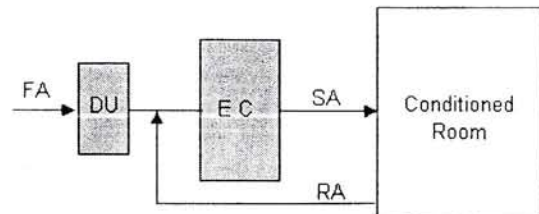
Untuk mengembangkan Solar Dessicant Air Conditioning dengan pertimbangan hasil perhitungan beban pendinginan diatas, ada beberapa sistem yang dapat dipergunakan, antara lain :

a. Sistem 1



Udara luar diturunkan kelembabannya pada dehumidifier (DU) kemudian dicampur dengan udara balik dari ruangan (RA). Campuran ini kemudian didinginkan di unit pendingin (CU) dan hasilnya digunakan untuk mendinginkan ruangan (SA).

a. Sistem 2



Sistem kedua hampir sama dengan sistem pertama, tetapi setelah udara diturunkan kelembabannya kemudian didinginkan pada evaporative cooler (EC) dan disuplai ke ruangan.

6.KESIMPULAN

Dari hasil analisa beban pendinginan diperoleh kesimpulan bahwa besarnya beban laten bulanan mencapai 50% hingga 54% dari total beban. Dengan besarnya beban laten ini, sangat memungkinkan untuk mengembangkan Solar Dessicant Air Conditioning. Untuk mengetahui kelayakan secara teknis dan ekonomis perlu dilakukan penelitian lebih jauh tentang kinerja sistem, penghematan energi dan tingkat keekonomisan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Anonim, 2010, Pemanfaatan Energi Surya di Indonesia, www.esdm.go.id
- 2) Davanagere,B.S, Sherif,S.A, Goswami,D.Y., 1999, A Feasibility Study of a Solar Desiccant Air Conditioning System-Part 1 : Psychrometrics and Analysis of the Conditioned Zone, International Journal of Energy Research, Vol 23, page 7-21
- 3) Gommed, K. and Grossman, G., 2004 A liquid desiccant system for solar cooling and dehumidification, vol. 126, pp. 879-885.
- 4) Maclaine-cross, IL, Leonardi, E, 2005, *Comparative Performance of Hydrocarbon refrigerants*, DOI: 10.1007/s10765-005-2353-3, International Journal of Thermophysics, Vol. 26, No. 1, January 2005.
- 5) McQuiston,FC, Parker,JD, 1982, *Heating, Ventilating and Air Conditioning*, Second Edition, John Wiley and Sons, United States of America.
- 6) Pesaran,A.A, Penney,T.R, Czanderna,A.W, 1992, *Desiccant Cooling State of the Art Assesment*, National Renewable Energy Laboratory.
- 7) Susandi,A., 2006, *Potensi Energi Angin dan Surya di Indonesia*,
- 8) Wang, SK, 2000, *Handbook of air conditioning and refrigeration / Shan K.Wang*, McGrawHill, New York.
- 9) www.bmg.go.id/klimatologi/ratarataiklimtahunan