

Studi Eksperimental Pengontrolan *Air Conditioning System* Dengan *Fuzzy Logic Control*

Sudirman¹⁾, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma²⁾, Made Sucipta,²⁾

¹⁾Program Studi Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, P.O Box 1064 Tuban, Badung – Bali Tlp. (0361) 701981

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Pasca Sarjana Universitas Udayana
Jln. P.B. Sudirman Denpasar – Bali Tlp/Fax. (0361) 223797

Abstrak

Energi listrik yang tersedia di Indonesia saat ini belum mencukupi untuk segala kegiatan yang ada, ini bisa dibuktikan dengan seringnya terjadinya pemadaman bergilir di beberapa daerah di Indonesia. Untuk itu perlu dilakukan penghematan-penghematan dalam pemakaian energi listrik disegala bidang, salah satunya yaitu sistem refrigerasi. Penelitian ini dilakukan dengan menguji AC (3 HP/3 phase) menggunakan 2 sistem kontrol yang berbeda, yaitu kontrol konvensional dan FLC. Pengujian dilakukan dengan menempatkan indoor unit di ruangan cold storage. Setiap pengujian dilakukan dengan beban yang bervariasi dalam ruangan uji, yaitu tanpa beban lampu, beban lampu 1000 Watt, dan lampu 2000 Watt. Pengujian sistem kontrol konvensional menggunakan suhu setting point 26°C dan 3 variasi diferensial yaitu 1°C, 2°C dan 3°C, sistem FLC menggunakan suhu setting point 26°C. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa aplikasi sistem FLC menghasilkan konsumsi energi listrik yang paling rendah dibandingkan kontrol konvensional didalam hal ini adalah pada diferensial 1. Konsumsi energi listrik aplikasi FLC pada beban 1000 Watt lebih rendah 11% dan pada beban 2000 Watt lebih rendah 4% dibandingkan dengan kontrol konvensional pada diffrensial 1.

Kata kunci : sistem refrigerasi, kontrol konvensional, FLC,

Abstract

Electrical energy available in Indonesia at this time is not yet sufficient for all existing activities, this can be proved by frequent occurrence of blackouts in several areas in Indonesia. It is necessary for a saving in electrical energy consumption in all sectors, it is one of the refrigeration system. Research was conducted by testing AC (3 HP / 3 phase) using 2 different control systems, namely conventional control and FLC. Testing is done by placing the indoor units in cold storage room. Each test performed with varying load in the test room, ie no light burden, lamp 1000 Watt, and lamp 2000 Watt. Testing using a conventional control system set point temperature 26 ° C and 3 variations of the differential is 1, 2 and 3, the FLC using the temperature setting point 26 ° C. From this research we can conclude that the application of FLC system produces electric energy consumption of the lowest compared to conventional control in this case is the differential 1. FLC application of electrical energy consumption at load 1000 Watt lower 11% and the load 2000 Watt 4% lower compared with conventional control in diffrensial 1.

Keywords: refrigeration systems, conventional control, FLC

1. PENDAHULUAN

Energi listrik yang tersedia di Indonesia saat ini belum mencukupi untuk segala kegiatan yang ada, ini bisa dibuktikan dengan seringnya terjadinya pemadaman bergilir di beberapa daerah di Indonesia. Hal tersebut terjadi karena tidak adanya pembangkit cadangan yang siap setiap saat jika pembangkit yang beroperasi mengalami kerusakan atau harus di maintenance. Walaupun Energi terbarukan sangatlah melimpah keberadaannya di Indonesia, yaitu : energi surya, angin, mikrohidro, geothermal, ombak dan lain sebagainya. Tapi teknologi untuk memanfaatkan energi terbarukan tersebut, belum begitu banyak diterapkan, yang menjadi alasan adalah masalah biaya yang ada tidak mencukupi untuk kegiatan tersebut.

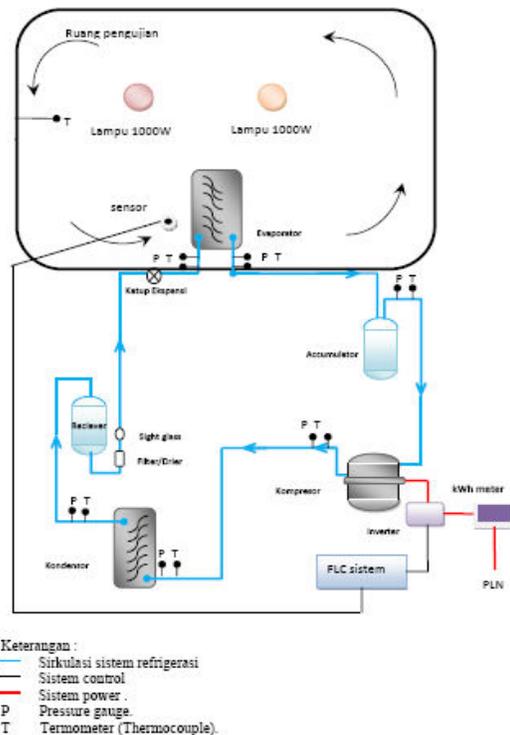
Salah satu jalan yang bisa dilakukan untuk menanggulangi krisis listrik di Negara kita adalah dengan jalan melakukan penghematan-penghematan listrik disegala bidang kegiatan yang menggunakan listrik. Salah satu peralatan yang menggunakan listrik adalah sistem refrigerasi atau sistem pendingin. Sistem pendingin merupakan sistem yang menghabiskan energi listrik terbesar. Proporsi energi listrik yang dihabiskan oleh sistem pendingin dalam sebuah gedung perkantoran adalah sekitar 60% [1]. Hal tersebut menjadi tantangan untuk mencari terobosan-terobosan mendapatkan cara-cara penghematan.

Sistem kontrol konvensional (*on-off control*) merupakan sistem yang umum digunakan dalam sistem refrigerasi, yaitu sistem control berdasarkan

referensi suhu dan pada putaran kompresor yang konstan. Pada sistem ini, motor kompresor hanya mengena dua kondisi berdasarkan referensi suhu yang disensor oleh thermostat. Jika suhu yang terjadi pada sistem yang dikondisikan sudah tercapai atau lebih rendah dari suhu referensi, maka motor kompresor akan mati/off, begitu sebaliknya jika suhu pada sistem yang dikondisikan lebih tinggi, maka motor kompresor akan beroperasi/on. Pada sistem ini motor kompresor akan bekerja pada pada beban tetap, walaupun beban pendinginan yang ada sudah berkurang ataupun bertambah banyak. Sehingga penghematan energi yang didapatkan pada sistem ini hanya pada waktu motor kompresor dalam kondisi mati/off. Tetapi semakin sering terjadi fluktuasi akibat pendinginan akan semakin kecil kemampuan untuk penghematan energi.

Banyak cara yang bisa dilakukan untuk penghematan energi pada bidang refrigerasi, selain mengganti refrigerant HCFC dengan refrigerant Hidrokarbon, juga bisa dilakukan dengan melakukan modifikasi pada sistem kontrolnya. Untuk itu kami memilih topik penelitian yang berhubungan dengan penghematan energi pada sistem refrigerasi dengan memodifikasi sistem kontrolnya, dan menambahkan *variable speed driver (VSD)* untuk merubah kecepatan putaran poros kompresor. Sistem kontrol yang dipilih dalam penelitian ini adalah FLC (*Fuzzy Logic Control*).

2. METODE PENELITIAN



Gambar 2.1. Skema instalasi pengujian

Penelitian ini menggunakan sebuah AC split 3HP/3Phase, *indoor unit*-nya dipasang didalam ruang pengujian yang merupakan ruang *cold storage* dengan penambahan 2 buah lampu 1000 Watt seperti terlihat pada gambar 2.1. Digunakan ruang tersebut untuk pengujian adalah supaya beban yang akan ditanggung oleh sistem refrigerasi hanyalah lampu-lampu tersebut, karena tidak adanya celah-celah untuk keluar masuknya udara.

2.1 Peralatan Pengujian.

a. **Komponen utama;** sistem refrigerasi yang dipilih adalah dari *AC system* standar 3 HP/3Phase

b. **Komponen modifikasi/tambahan.**

1. *Inverter* berfungsi untuk merubah frekuensi arus alternating current yang akan masuk ke motor kompresor.
2. Perangkat kendali *FLC*, berfungsi untuk memberi masukan ke inverter untuk merubah frekuensi arus yang akan masuk ke motor berdasarkan suhu ruang yang dikondisikan.

2.2 Instrumen Penelitian.

- a) Thermostat NTC
- b) Data Logger..
- c) Satu unit Komputer
- d) kWh meter,
- e) Digital Stopwatch,

2.3 Prosedur Penelitian.

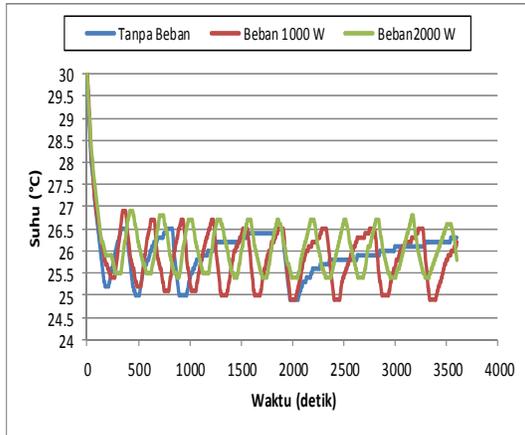
Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan pengujian dan pengambilan data adalah sebagai berikut;

- a. Mempersiapkan alat uji dan peralatan yang diperlukan
- b. Melakukan proses pemvakuman alat uji.
- c. Memasukkan refrigeran ke dalam sistem sampai tekanan tertentu sesuai dengan yang telah ditentukan.
- d. Setelah beberapa saat, sistem dihidupkan dengan meng "On" kan MCB di panel utama.
- e. Lakukan percobaan pertama dengan menggunakan sistem kontrol konvensional. Lakukan percobaan selama 1 jam untuk setiap diferensial dan setiap beban lampu.
- f. Untuk percobaan kedua, dengan menggunakan sistem FLC. Lakukan percobaan selama 1 jam juga untuk setiap beban lampu.

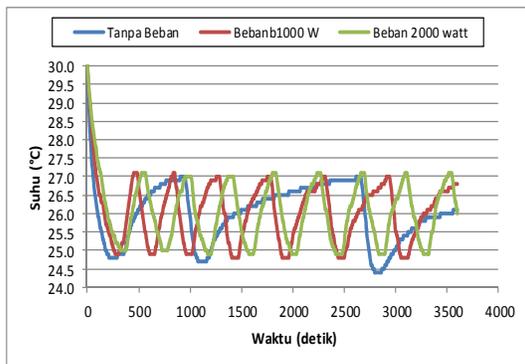
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kontrol konvensional

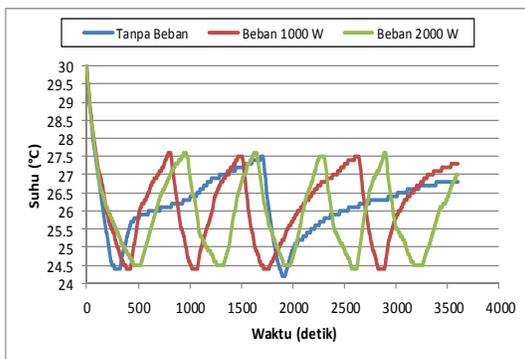
Hasil penelitian yang diperoleh kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk grafik



Gambar 3.1 Variasi suhu ruangan diferensial 1 dengan beban berbeda

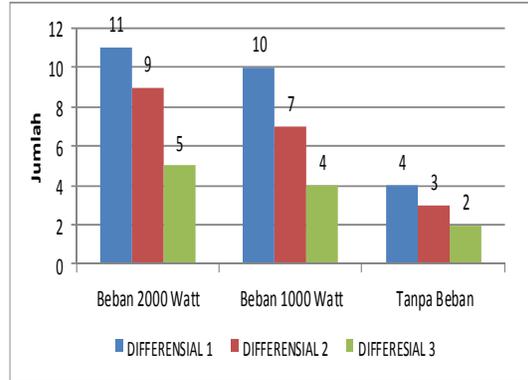


Gambar 3.2 Variasi suhu ruangan diferensial 2 dengan beban berbeda

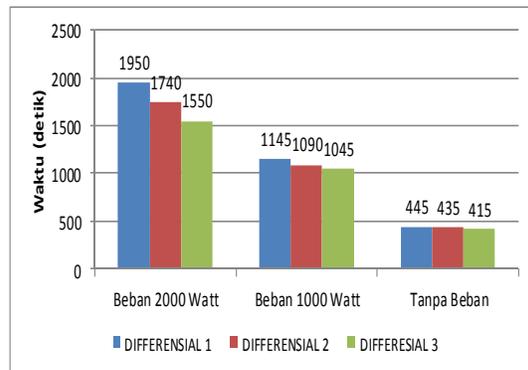


Gambar 3.3 Variasi suhu ruangan diferensial 2 dengan beban berbeda

Dari Gambar-gambar diatas, dapat dilihat makin lebar differensial yang diaplikasikan, maka makin sedikit hidup-mati motor kompresor, begitu juga dengan makin rendah beban lampu yang diaplikasikan, maka makin sedikit hidup-mati motor kompresor, sesuai dengan Gambar 3.4 di bawah ini.

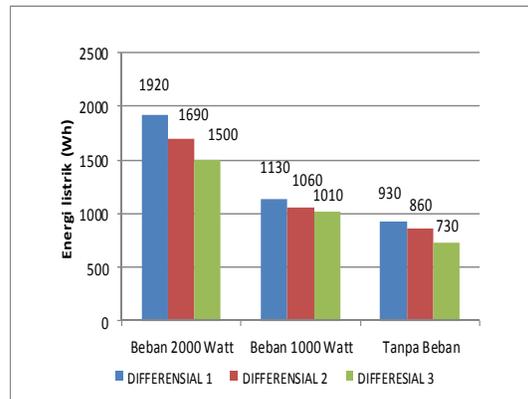


Gambar 3.4 Jumlah hidup-mati kompresor dengan kontrol konvensional pada saat pengujian selama 1 jam



Gambar 3.4 Total waktu motor kompresor hidup dengan kontrol konvensional saat pengujian selama 1 jam

Pada Gambar 3.4, makin kecil differensial yang diaplikasikan, maka makin lama motor kompresor hidup dan begitu juga sebaliknya, makin lebar differensial yang diaplikasikan, maka makin sedikit motor kompresor hidup, dan hal tersebut berdampak terhadap konsumsi energi listrik oleh motor kompresor.

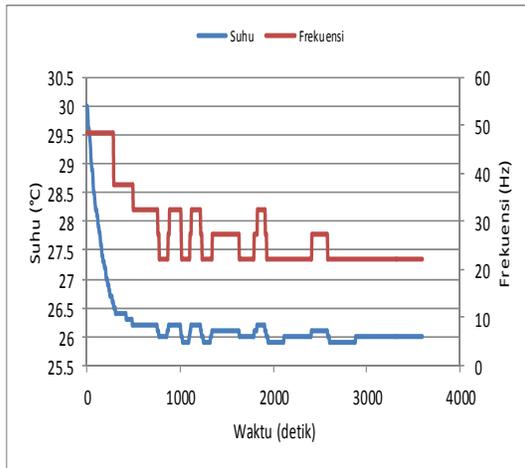


Gambar 3.5 Konsumsi energi listrik saat pengujian selama 1 jam dengan kontrol konvensional

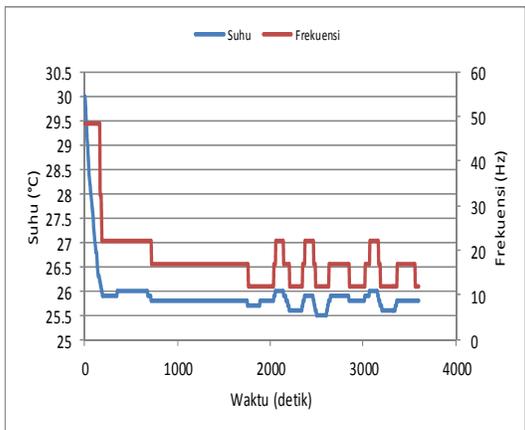
Dari Gambar 3.5, terlihat bahwa konsumsi energi listrik terbesar pada differensial 1, karena motor kompresornya paling sering hidup dan paling lama, disusul kemudian pada aplikasi differensial 2 dan differensial 3. Selain itu makin kecil beban yang diaplikasikan pada ruang uji, maka makin sedikit energi listrik yang dikonsumsi oleh motor kompresor.

3.2 Fuzzy Logic Control

Untuk percobaan menggunakan FLC didapatkan data variasi suhu ruangan dan variasi frekuensi listrik.



Gambar 3.6 Variasi suhu ruangan dan frekuensi listrik pada beban 2000 Watt dengan FLC



Gambar 3.7 Variasi suhu ruangan dan frekuensi listrik pada beban 1000 Watt dengan FLC

Perubahan frekuensi pada inverter akan mengakibatkan perubahan putaran dari poros motor kompresor. Dengan data frekuensi yang didapat, putaran poros motor dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$N = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (1)$$

dimana,

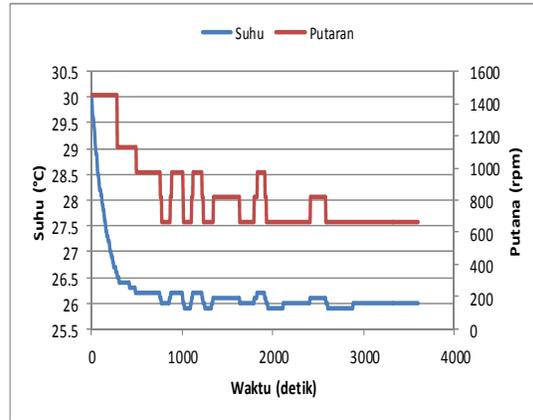
N = putaran (rpm)

f = frekuensi (Hz)

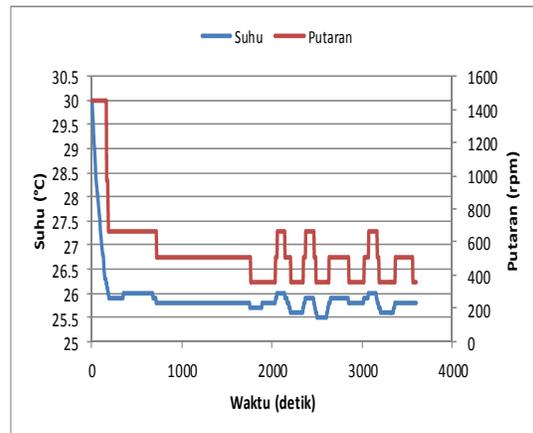
p = jumlah kutub

jumlah kutub motor = 4 [2]

Hasilnya adalah dalam bentuk grafik dibawah ini.



Gambar 3.8 Variasi suhu ruangan dan putaran poros motor pada aplikasi beban 2000 W



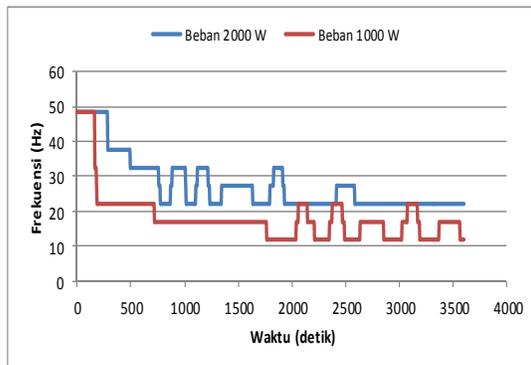
Gambar 3.9 Variasi suhu ruangan dan putaran poros motor pada aplikasi beban 1000 W

Dari gambar diatas, poros motor kompresor pada beban lampu 2000 Watt berputar dengan daerah putaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan pada beban 1000 Watt. Pada beban 2000 Watt, poros motor kompresor bekerja pada daerah putaran sekitar 600 rpm s/d 1000 rpm untuk menjaga suhu ruangan

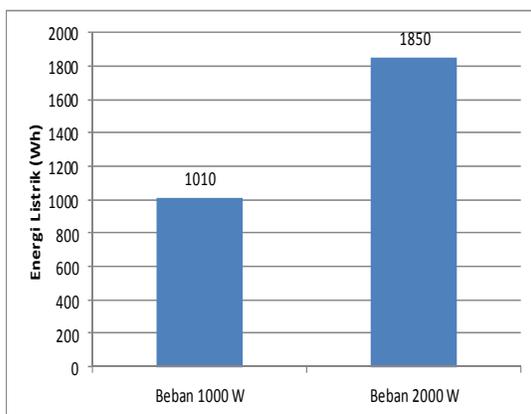
pada 26°C, sedangkan pada beban 1000 Watt, poros motor kompresor bekerja pada daerah putaran diantara 300 rpm s/d 700 rpm.

Perubahan frekuensi listrik akan diikuti dengan perubahan putaran poros motor. Turunnya frekuensi listrik, maka putaran poros motor akan turun juga. Begitu juga sebaliknya, frekuensi listrik naik, maka putaran motorpun akan naik juga.

Aplikasi beban yang lebih besar, mengakibatkan frekuensi listrik yang dikeluarkan oleh inverter cenderung lebih besar dibandingkan pada aplikasi pada beban yang lebih kecil. Hal tersebut bisa dilihat pada Gambar 3.10. Frekuensi listrik dengan pembebanan 2000 Watt selalu berada diatas frekuensi listrik pada pembebanan 1000 Watt. Hal tersebut mengakibatkan konsumsi energi listrik pada aplikasi beban 2000 Watt lebih besar dibandingkan dengan aplikasi beban 1000 Watt. Seperti pada gambar 3.11.



Gambar 3.10 Variasi frekuensi pada aplikasi beban 1000 Watt dan 2000 Watt

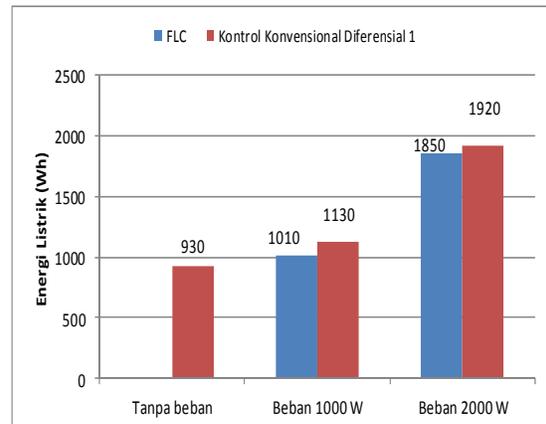


Gambar 3.11 Konsumsi Energi Listrik pada FLC selama 1 jam

Variasi suhu ruangan pada aplikasi FLC, jika dibandingkan dengan variasi suhu aplikasi kontrol konvensional, lebih dekat pada variasi differensial 1. Hal tersebutlah yang menjadi dasar perbandingan konsumsi energi listrik antara FLC dengan kontrol konvensional differensial 1. Perbandingan konsumsi energi listrik dari aplikasi

kedua jenis kontrol ini, dapat dilihat pada Gambar 3.12.

Dari Gambar 3.12, aplikasi FLC menghasilkan konsumsi energi listrik yang lebih rendah dibandingkan dengan aplikasi kontrol konvensional differensial 1. Pada beban 2000 Watt, aplikasi FLC lebih rendah 4% dibandingkan kontrol konvensional differensial 1, namun dengan beban 1000 Watt, aplikasi FLC lebih rendah 11% dari kontrol konvensional differensial 1.



Gambar 3.12 Perbandingan konsumsi energi listrik antara aplikasi FLC dan kontrol konvensional beroperasi selama 1 jam.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Makin besar differensial yang diaplikasikan pada kontrol konvensional, maka konsumsi energi listriknya akan makin rendah. Tetapi dengan makin besar beban yang diaplikasikan pada suhu ruangan, maka makin besar konsumsi energi listriknya.
2. Aplikasi FLC pada sistem refrigerasi menghasilkan variasi suhu yang akan selalu mendekati suhu *setting point*.
3. Konsumsi energi listrik aplikasi FLC pada beban 1000 Watt lebih rendah 11% dan pada beban 2000 Watt lebih rendah 4% dibandingkan dengan kontrol konvensional pada differensial 1

DAFTAR PUSTAKA

1. Rianto, Agus. 2007, "Audit Energi dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Pengkondisian Udara di Hotel Santika Premiere Semarang" (Skripsi), Semarang, Universitas Diponegoro.
2. Anonim, 2006. *Manual – Tecumseh Compressor, Series TC128563*. Tecumseh Products Company, USA.

3. Kusumadewi, Sri, 2010, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*, Edisi Kedua, Yogyakarta, Graha Ilmu.
4. Maheswari. Gopal P., Al-Hanay. Taqi, Raba'a Al-Murad, & Rajinder K. 2001. *Programmable thermostat for Energi Saving*, Energi and Building, 33 .667-672.
5. Maheshwari. G.P, Al-Ragom. F. & Suri. R.K. 2001. *Energi-saving potential of an indirect evaporative cooler*, Applied Energi 69. 69-76
6. Mathews. E.H., Arndt. D. & Geysler. M.F.. 2002, *Reducing the energi consumption of a conference centre - a case study using software*, Building and Environment 37. 437-444
7. Qi Qi, Deng. Shiming, Xiangguo Xu & Chan. M.Y.. 2010. *Improving degree of superheat control in a direct expansion (DX) air conditioning (A/C) sistem*, International. Journal of Refrigeration 33. 125-134.
8. Qureshi, T. Q. and Tassou, S. A.. 1996. Review Paper, *Variable-Speed Capacity Control In Refrigeration Sistems*, AppliedThermalEngineering Vol. 16, No. 2, pp. 103-113,
9. Rijono, Y. 2004, *Dasar Tenaga Listrik* (Edisi Revisi), Yogyakarta: Andi Offset.