ARTIKEL

PENGARUH KECEPATAN *FAN EVAPORATOR* TERHADAP KINERJA AC

Oleh:

EMANUEL BAY LAU

14.1.03.01.0173

Dibimbing oleh :

1. **HERMIN ISTIASIH M,M.M,T**
2. **ALI AKBAR M,T**

TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

TAHUN 2018

SURAT PERNYATAAN
ARTIKEL SKRIPSI TAHUN 2018

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap	: Emanuel Bay Lau
NPM	: 14.1.03.01.0173
Telepun/HP	: 081231751833
Alamat Surel (Email)	: emanbaylau@gmail.com
Judul Artikel	: Pengaruh Kecepatan *Fan Evaporator* Terhadap kinerja AC
Fakultas – Program Studi	: Fakultas Teknik – Teknik Mesin
Nama Perguruan Tinggi	: Universitas Nusantara PGRI Kediri
Alamat Perguruan Tinggi	: Jln. Kh. Achmad Dahlan No. 76 KEDIRI

Dengan ini menyatakan bahwa :

a. artikel yang saya tulis merupakan karya saya pribadi (bersama tim penulis) dan bebas plagiarisme;

b. artikel telah diteliti dan disetujui untuk diterbitkan oleh Dosen Pembimbing I dan II.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian data dengan pernyataan ini dan atau ada tuntutan dari pihak lain, saya bersedia bertanggungjawab dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Mengetahui		Kediri, 16 Agustus 2018
Pembimbing I	Pembimbing II	Penulis,
Hermin Istiasih M,M.M,T. NIDN. 0014057501	ALI AKBAR M,T NIDN. 0001027302	Emanuel bay lau NPM. 14.1.03.01.0173

PENGARUH KECEPATAN *FAN EVAPORATOR* TERHADAP KINERJA AC

Emanuel Bay Lau
14.1.03.01.0173
Fakultas Teknik – Teknik Mesin
emanbaylau@gmail.com
(1)Hermin Istiasih M,M.M,T
,(2) Ali Akbar M,T.
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI
KEDIRI

ABSTRAK

Dengan adanya AC ruangan maka suhu kelembapan udara kebersihan udara di dalam ruangan dapat terjaga. AC menyebapkan suhu ruangan lebih dingin *performance* pada sistem AC ruangan sangat dipengaruhi oleh kerja kompressor, sehingga kerja pada kompressor sangat mempengaruhi kinerja AC ruangan.

Permasalahanya dalam penelitian ini adalah (1) Bagaimana pengaruh kecepatan putaran *fan evaporator* 1 sampai 3 level terhadap kinerja *air conditioner* (AC)? (2) Bagaimana pengaruh peningkatan kecepatan putaran *fan evaporator* level 3 pada *air conditioner* (AC) ? (3) Bagaimana perhitungan *coefficient of performance* (COP) pada *air conditioner* (AC) ?

Metode penelitian ini dilakukan dengan peningkatan putaran *fan evaporator* level 1 sampai level 3 terhadap kerja kompressor. Peroses pengambilan data pada AC ruangan meliputi P_1, P_2, T_1, T_3. Setelah pengambilan data pada AC ruangan data tersebut dianalisa secara teoritis dengan menggambarkan diagram P-H untuk mengetahui nilai enthelpy (h_1, h_2, h_3, h_4), temperatur *evaporato*r (T_e), dan temperatur kondesor (T_k). Setelah diketahui nilai enthalpi baru bisa mencari nilai COP dan efisiensi AC ruangan.

Kesimpulan hasil penelitihan ini adalah dengan peningkatan putaran *fan evaporator* level 1 sampai level 3 terhadap kerja kompressor berpengaruh terhadap nilai *coefficient of performance* (COP) atau untuk kerja pada AC ruangan, ini ditunjukan dengan data yang dihasilkan. Nilai COP aktual level 1 pada menit 4 yaitu 8,41 kj/kg dan pada menit 8 yaitu 7,15 kj/kg, menit ke 12 dengan nilai 7,25 kj/kg . Nilai *coefficient of performance* (COP) ideal Semakin besar kerja kompressor AC ruangan yang diberikan maka semakin cepat menurunkan suhu/mendinginkan ruangan. Efisien tertinggi pada putaran *fan evaporator* level 3 menit ke 12 yang dihasilkan dari AC ruangan ini senilai 8,77 % .

Kata kunci *:* Pengaruh kecepatan *fan evaporator* level 1 sampai level 3, koefisien prestasi COP

I. LATAR BELAKANG

Saat ini penggunaan AC (*air conditioner)* semakin luas dari rumah tinggal, perkantoran, hotel, mobil, rumah sakit, dan industri. Pemakaian AC (*air conditioner)* bervariasi dari kapasitas kecil, sedang dan besar. Terkait dengan hukum termodinamika dua muncul istilah *refrigerant* dan pengkondisian udara. Bidang *refrigerant* dan pengkondisian udara adalah saling berkaitan, tetapi masing-masing mempunyai ruang lingkup yang berbeda. Pengkondisian udara berupa pengaturan suhu, pengaturan kelembaban dan kualitas udara. Sedangkan *refrigerasi* digunakan untuk kebutuhan proses tertentu seperti pendinginan untuk rumah tangga, keperluan umum, dan industri antara lain meliputi : *cold storage, ice scating rinks, desalting,* pemrosesan makan dan minuman, industri kimia, industri manufaktur. Pengkondisian udara dan *refrigerasi* juga mempunyai ruang lingkup yang sama yakni dalam hal pendinginan dan pengurangan kelembaban *(Stoecker,* 1996*).*

Sedangkan masalah dari sistem AC itu sendiri adalah adanya komponen AC yang mengalami kerusakan, seperti kerusakan pada kompressor, kondesor, *receiver*, *evaporator* dan komponen yang lainnya.

Untuk meningkatkan kemampuan kerja alat pendingin COP *(coefficient of performance)* maka kondensor dapat dimodifikasi dengan menggunakan media air sehingga pada bagian tersebut kita dapat menghemat daya *blower* yang tidak dipakai. Modifikasi tersebut dilakukan untuk menghemat daya listrik dan air yang merupakan media pendingin penyerap panas yang baik dibandingkan dengan udara, sehingga diharapkan panas yang di simpan di *refrigerasi* dapat diserap di kondensor secara maksimal. Dengan proses pembuangan panas yang baik maka akan terjadi kondensasi (uap panas dari *refrigerasi* berubah menjadi cairan atau mengembun) yang baik, dengan proses kondensasi yang baik, maka akan membentuk kerja komponen-komponen yang lainnya khususnya di *evaporator* akan terjadi proses penyerapan kalor (pengupan cairan *refrigerasi*) yang baik dari

suatu ruang atau benda sehingga didapatkan harga COP *(coefficient of performance)* yang tinggi.

II. METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan dari mesin *refrigerasi* dengan pendingin udara, tetapi peralatan ini mempunyai kapasitas yang lebih kecil bila dibandingkan dengan ukuran sebenarnya.

a. Kompressor AC mobil merek sanden kompressor digunakan untuk mengkompresikan *refrigerant*.
b. Kondensor AC ruangan kondesor berfungsi untuk melepas kalor *refrigerant* ke lingkungan.
c. Katup ekspansi termostatik katup ekspansi digunakan untuk menurunkan tekanan dari kompressor hingga mencapai tekanan *evaporator.*
d. *Evaporator* AC mobil *evaporator* berfungsi untuk menyerap panas atau untuk proses *evaporasi.*
e. *Filter Dryer*
   Digunakan untuk menyaring kotoran halus agar tidak menyumbat katup ekspansi.
f. Kipas udara pendingin yang digunakan untuk penggerak motor listrik 3 phasa.
g. Ruangan penyekat agar waktu yang dibutuhkan untuk pendingin ruangan lebih cepat maka perlukan ruangan terbatas. Ruangan nantinya dibuat dari triplek dengan *isolator aluminium foil* .
h. *Orifice* digunakan untuk mencari laju aliran *refrigerant*, dengan menerapkan persamaan kontinuitas aliran dan persamaan bernoulli
i. Motor listrik yang digunakan adalah motor 2 phasa dengan daya 2 HP. Motor listrik sebagai penggerak kompressor .
j. Pompa vakum berfungsi untuk mengisikan *refrigerant* ke dalam sistem mesin pendingin .

(**Gambar 1.1** *Fan evaporator air conditioner* AC)

Fan atau *blower* merupakan komponen AC yang terletak pada indoor, berbentuk tabung bersirip yang berfungsi untuk mensirkulasikan udara dalam ruangan sehingga udara ruangan dapat bersirkulasi melewati *evaporator* udara dingin dari *evaporator* akan di arahkan ke ruangan . *fan/blower* ini akan bekerja sampai temperatur udara ruangan sesuai

dengan pengatur kecepatan pada remot control AC. kelebihannya adalah mempunyai saringan udara/*filter* udara sehingga udara yang dihembuskan lebih bersih/bebas dari debu. dan *fan*/ kipas angin seperti AC ini konsumsi listriknya sangat rendah sekali maksimal 20 Watt .

Cara perawatan *fan split*/kipas angin seperti AC ini mudah, cukup dengan membersihkan filter udara dengan air lalu dikeringkan, jika *blade* nya kotor bersihkan dengan kuas atau semprot dengan kompressor sehingga debu yang melekat di bladenya terangkat.

Kelebihan dari *fan* ini atau kipas angin AC ini adalah :

a. Hemat listrik hanya butuh 10 sampai 20 watt .
b. Tampilan elegan dan mewah dengan bentuk fisik sama seperti AC pada umumnya .
c. Dapat membersihkan ruangan dan kotoran debu dan asap rokok .
d. Udara yang dihasilkan lebih bersih dan sejuk karena terdapat filter (saringan udara) dan *blower* .
e. Berfungsi juga sebagai *exhaust fan* .
f. Fleksibel, mudah dipindahkan sesuai dengan keinginan .
g. Cocok untuk segala macam ruangan,baik ruangan tertutup atau terbuka.
h. Dilengkapi dengan remot control (khusus *type automatic)* .
i. Lebih awet dan tahan lama .

Gambar 1.2 *Evaporator* AC ruangan

Evaporator

AC merupakan komponen AC yang mempunyai fungsi sebagai penukar panas. Pada dasarnya udara yang berada di ruangan akan diserap oleh *evaporator* dan masuk melalui sirip pipa kapiler sehingga suhu udara yang keluar dari sirip-sirip menjadi lebih randah dari keadaan semula atau pada saat udara kondisi dingin. Proses sirkulasi di dalam ruangan ini diatur ole *blower indoor*.

1. **Pompa *vakum***
2. ***Charging manifold*** .
3. ***Thermometer* ruang**
4. ***Refrigerant***

4. Hasil penelitian dan pembahasan

Pada penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data data yang menunjukkan temperatur dan tekanan ditiap titik dalam sistem pendingin. Data data tersebut kemudian diplotkan ke dalam diagram entalphi dari masing masing *refrigerant*. Harga entalphi

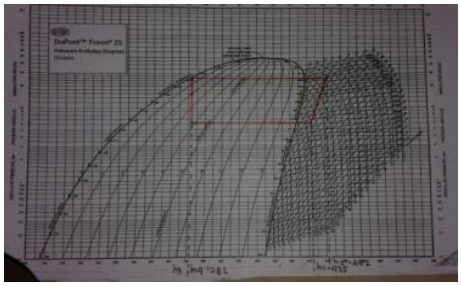
digunakan pada perhitungan laju aliran massa *refrigerant* untuk mencari kapasitas *evaporator*, kerja kompressor, koefisien prestasi mesin (COP).

IV HASIL UJI DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Seperti yang dijelaskan pada bab tiga data yang diperoleh dari hasil penelitian ini berupa angka-angka (nilai cop) kinerja dari *air conditioner* (AC). Data tersebut diperoleh dari pengambilan data suhu (T_1,T_2, T_3 dan T_4), tekanan (P_1, P_2,P_3 dan P_4) dilanjutkan dengan menggambarkan diagram P-H. Dari situ diperoleh data nilai enthalpi, dan dilanjutkan mencari data kerja kompressor, kalor massa yang dilepas kondesor, kalor yang diserap *evaporator*,COP_{aktual}, COP_{ideal}, efisiensi.

Dari data yang diperoleh T_1,T_2, T_3, T_4, P_1, P_2,P_3, P_4 di atas lanjut dengan menggambarkan diagram P-H, di bawah ini adalah contoh diagram P-H pada menit ke 4 *fan evaporator* level 1.dan diperoleh nilai entalpi (h_1,h_2, h_3, h_4), suhu *evaporator* (T_1) dan suhu kondesor(T_3), yang datanya dijadikan untuk mengetahui nilai putaran *fan evaporator* 1sampai *3* level



Gambar 1.3 Diagram P-H

Suhu *evaporator* dan suhu kondesor dari diageram P-H**.**

1. Nilai Entalpi

Tabel 1.2 Nilai Enthalpi Putaran *Fan Evaporator* Level 1

Pengambilan data ke	Menit	Enthalpi *Fan* Level 1 (Joule)			
		h_1	h_2	h_3	h_4
1	4	425	442	282	282
2	8	423	443	280	280
3	12	423	443	278	278
Level 2					
1	4	428	442	282	282
2	8	429	443	283	283
3	12	430	443	275	275
Level 3					
1	4	429	444	270	270
2	8	431	444	280	280
3	12	431	445	275	275

Yang dibahas kalor *evaporator*, dan daya kompressor putaran *fan evaporator* level 1 sampai level 3 .

a. Panas *evaporator*

$$Q_{evap} = h_1 - h_3$$

$$= 425 - 282$$

= 143 joule .

b. Kerja kompressor

$W_{comp} = h_2 - h_1$

= 442 - 425

= 17 joule .

c. Untuk mencari nilai COP dengan persamaan sebagai berikut :

$$COP = \frac{Q_{evap}}{W_{comp}} = \frac{143}{17} = 8{,}41$$

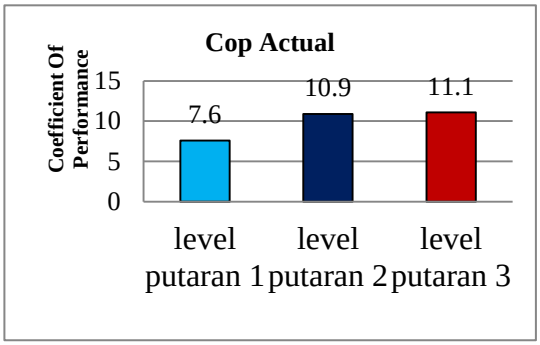
joule .

COP digunakan untuk menyatakan *performance* dari *air conditioner* (AC) Yang berkerja dengan siklus kompresi uap, dapat di hitung dengan menggunakan COP = $\frac{Q_{evap}}{W_{com}}$ contoh perhitungan di masukan data menit ke 4. Diperolehhasil COP = $\frac{143}{17}$= 8,41 joule .

2. Cop$_{aktual}$ *(Coefficient Of Performance)*

COP$_{aktual}$ di gunakan untuk menyatakan *performance* dari AC ruangan, di hitung dengan menggunakan persamaan COP$_{aktual}$=$\frac{h1-h3}{h2-h1}$ == $\frac{143}{17}$ = 8,41 kW .

Grafik 1.1 Grafik Hasil Pembahasan Cop$_{actual}$



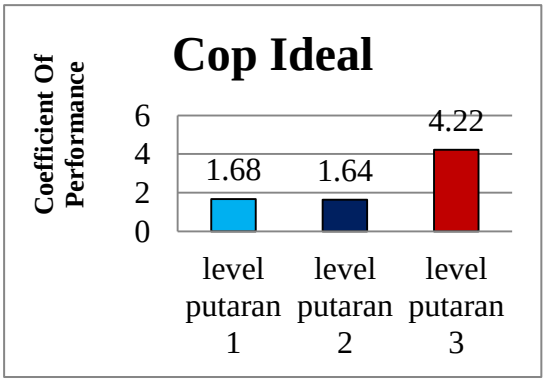
Gerafik di atas menyatakan dampak COP$_{aktual}$ pada putaran *fan evaporator* dari 1 sampai 3 level tekanan kerja kompressor, bahwa semakin besar putaran *fan evaporator* maka tekanan kerja kompressor semakin meningkat juga COP yang dihasilkan. COP terendah pada putaran *fan evaporator* level 1 pada menit 8 dengan nilai 7,15 kW, dan menit ke 12 dengan nilai 7,25 kW ,nilai COP tertingginya pada menit ke 4 dengan nilai 8,41 kW ..

3. COP $_{ideal}$ (*Coefficient Of Performance)*

Untuk menghitung besarnya *performance* ideal yang berkerja dengan siklus komperesi uap. maka dapat dihitung dengan mengunakan persamaan :

$$COP = \frac{T_e}{T_c - T_e}$$ contoh perhitungan dimasukan data pada menit ke 4 diperoleh hasil COP = $\frac{355{,}15}{1{,}55}$ =1,55 kw. hasil

Grafik 1.2 Hasil pembahasan COP $_{ideal}$



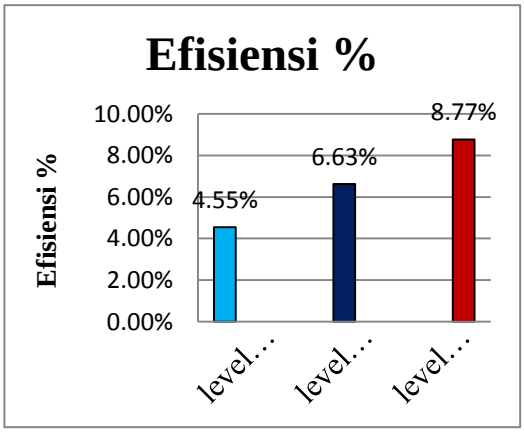
Grafik di atas menyatakan dampak COP$_{ideal}$ terhadap putaran *fan evaporator*

pada tekanan/kerja kompressor. Nilai COP terendah untuk putaran *fan evaporator* level 1 yaitu pada menit ke 4 dengan nilai 1,55 kW, dan menit ke 8 dengan nilai 1,73 kW . COP tertinggi untuk putaran *fan evaporator* level 1 yaitu pada menit ke 12 dengan nilan 1,76 kW .

4. Efisiensi

Untuk mendapatkan efisiensi AC ruangan dapat di hitung mengunakan persamaan: efisiensi = $\frac{COPa}{COPi}$ x 100%. Contoh perhitungan di masukan data pada menit ke 4. Diperoleh hasil efisiensi = $\frac{8,41}{1,55}$ x 100% = 5,42 % . Hasil perhitungan data disajikan dalam tabel 4.19. dan hasil perhitungan nilai rata-rata efisiensi disajikan dalam tabel 4.22

Grafik 1.3 Efisiensi Nilai Rata-Rata *Fan Evaporator*



Grafik di atas menyatakan efisiensi terhadap kecepatan putar *fan evaporator* kerja kompressor, terlihat bawah semakin tinggi tekanan kompressor maka efisiensinya semakin meningkat. Nilai efisiensi kecepatan putar *fan evaporator* level 1 ,2 ,dan 3. nilai efisiensi putaran *fan evaporator* terendah pada menit ke 4 level 1 dengan nilai 4,55%, dan menit ke 8 level 2 dengan nilai 6,63 % ,nilai efisiensi tertinggi untuk putaran *fan evaporator* level 3 menit ke 12 yaitu dengan nilai 8,77 %.seperti yang disajikan pada tabel 4.22 .

B . Pembahasan

Kecepatan putar *fan evaporator* 1 sampai 3 level pada menit 4 menit, 8 menit, 12 menujukan perbedaan yang sagat besar yaitu pada temperatur masuk evaporator, menit ke 4 dengan pendiginan mencapai temperatur Q_e = 143 Kw. pada menit ke 8 temperatur masuk *evaporator* yaitu mecapai Q_e = 143 kw dan pada temperatur tertinggi menit ke 12 yaitu mencapai Q_e = 145 kw. Sedangkan pada putaran level 2 temperatur masuk *evaporator* pada menit ke 4 mencapai Q_e = 46 kw pada menit ke 8 temperatur masuk *evaporator* mencapai Q_e = 46 kw , temperatur tertingginya pada menit ke 12 mencapai Q_e = 155 kw ,untuk putaran *fan evaporator* pada level 3 menit ke 8 mencapai temperatur Q_e = 151 kw dan menit ke 12 mencapai temperatur Q_e = 156 kw , temperatur tertingginya pada menit ke 4 dengan temperatur Q_e = 159 kw .perbedaan ini di pengaruhi karena perbedaan kapasitas pendingan.

Efisiensi terhadap tekanan kerja kompresor terlihat bahwa semakin tinggi kerja kompressor makan efisiensi semakin meningkat. Nilai efisiensi terendah pada putaran *fan evaporator* level 1 menit ke 4 dengan nilai 4,55 % ,dan putaran *fan evaporator* level 2 menit ke 8 dengan nilai 6,63 % nilai efisiensi tertinggi yaitu pada putaran *fan evaporator* level 3 menit ke 12 dengan nilai 8,77 % .

Kecepatan putar *fan evaporator* level 3 lebih baik di banding kecepatan putar *fan evaporator* level 1, karaena semakin tinggi/laju putaran *fan evaporator* maka semakain banyak volume udara yang melalui *evaporator* maka semakin besar juga perpindahan kalor. Semakin besar jumlah kalor yang berpindah dari udara ke *refrigerant*, maka semakin tinggi tekanan *refrigerant* karena volume/area yang ditempati r*efrigerant* dalam sistem tidak berubah.

PEMBAHASAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil analisa di atas maka dapat di tulis kesimpulan bahwa kecepatan *fan evaporator* 1 sampai 3 mempengaruhi kinerja AC (*air conditioner*). Penambahan kecepatan putar *fan evaporator* 2 sampai 3 level menjelaskan *conefficien of performance* (COP) lebih baik dari pada kecepatan putar *fan evaporator* level 1, serta efisiensi yang di timbulkan oleh penambahan kecepatan putar *fan evaporator* level 3 lebih baik .

1. Dengan kecepatan putar *fan evaporator* 1 sampai 3 level akan menigkatkan kerja AC terhadap nilai *conefficien of performance*. Semakin besar tekanan kerja kompressor AC (*air conditioner)* ruangan yang diberikan maka semakin cepat menurunkan suhu/mendingginkan ruangan dalam ruangan. Untuk kerja pada AC ruangan ini ditunjukan dengan data yang dihasilkan. Nilai Q_e putaran *fan evaporator* level 1 = 143 joule, dan nilai Q_e putaran *fan evaporator* level 2 = 146 joule. Q_e putaran *fane vaporator* level 3 =159 joule . Nilai COP menit ke 4 yaitu= 8,41 kw, dan menit ke 8 yaitu =10,4 kw ,menit ke 12 yaitu =10,6 kw.
2. Dengan peningkatan kecepatan putar *fan evaporator* level 3 pada *air conditioner* (AC) lebih baik di banding kecepatan putar *fan evaporator* level 1, karena semakin tinggi/laju putaran *fan evaporator* maka semakain banyak volume udara yang melalui *evaporator* maka semakin besar juga perpindahan kalor. Semakin besar jumlah kalor yang berpindah dari udara ke *refrigerant*, maka semakin tinggi tekanan *refrigerant* karena

volume/area yang ditempati r*efrigerant* dalam sistem tidak berubah.

3. Nilai *conefficien of performance* (COP) pada putaran level 1 terendah yang dihasilkan dari AC ruangan yaitu pada menit ke 8 dengan nilai 7,15 kw, dan nilai tertinggi yang dihasilkan dari AC ruangan ini pada menit 12 putaran *fan evaporator* level 2 dengan nilai 11,9 kw .dan nilai tertinggi untuk efisiensi pada putaran *fan evaporator* level 3 menit ke 12 dengan nilai 8,77 % .

B. Saran- Saran

Berdasarkan kesimpulan dalam penelitian ini maka disampaikan saran-saran sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan pengujian hendaknya dipastikan bawah sistem dalam keadaan baik dan tidak terjadi kebocoran pada sistem.
2. Untuk penelitian tentang analisa maupun perancangan AC yang selanjutnya diharapkan komponen AC tersebut dalam kondisi baik atau baru untuk mencapai hasil optimal .
3. Perlu adanya pengujian lebih lanjut tentang putaran *fan evaporator* 1 sampai 3 level tekanan kompressor AC untuk mengoptimalkan kinerja AC.
4. Penelitian yang akan datang untuk lebih tinggi tekanan kerja kompressor AC.

V. DAFTAR PUSTAKA

Achmad Rifai. 2014. *Analisa Kinerja AC split TCL ¾ PK Menggunakan Refrigeran R-22 dan MC 22 Melalui Proses Retrofit Pada Variasi Tekanan Refrigeran Dengan PembebananLlampu 150W*. Semarang: Universitas Muhamadiyah Semarang.

ASHRAE. 2001. *ASHRAE Handbook 2001 Fundamentals (SI Edition).* Atlanta: ASHRAE.

Baso Muklis. 2010. *Evaluasi Faktor Kebutuhan Listrik UNTAD Untuk Mengetahui Proporsi Listrik Yang Digunakan Dari Daya Yang Tersedia* Melalui Audit Energi. Palu Universitas Tadulako.

B2TE-BPPT. 2012. *Perencanaan Efisiensi dan Elastisitas Energi* 2012. BPPT. Puspiptek Serpong-Tangerang Selatan.

Dincer, I., & Kanoglu, M. 2010. *Refrigeration Systems and Aplication Second* Edition. Chichester: John Wiley & Sons.

El-Baky, M. A., dan Mohamed, M. M. 2007. Heat pipe Heat Exchanger for Heat Recovery in Air Conditioning. *Applied Thermal Engineering* 27: 795–801.

Karyanto, E., 2005. dan Emon Paringga. *Teknik Mesin Pendingin*. Jakarta: CV. Restu Agung.

Naphon, P. 2010. On The Performance of Air Conditioner with *Heat pipe* for Cooling Air in The Condenser. *Energy Conversion and Management* 51: 2362–2366.

Noie-Baghban, S. H.,dan Majideian, G. R. 2000. *Waste Heat Recovery Using Heat pipe Heat Exchanger (HPHE) for Surgery Rooms in Hospitals*. *Applied Thermal Engineering* 20: 1271-1282.

Reay, D., dan Kew, P. 2006. *Heat pipes Theory, Design and Applications Fifth Edition.* Oxford: Elsevier.

Singhs, A. K., Singh, H., Singh, S. P., dan Sawhney, R. L. 2002. Numerical Calculation of Psychrometric Properties on a Calculator. *Building and Environment* 37: 415 - 419.

Srimuang, W., dan Amatachaya, P. 2012. A Review of The Applications of Heat pipe Heat Exchangers for Heat Recovery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16: 4303– 4315.

Saito, H., 1981. Arismunandar. Penyegaran Udara. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Stocker, W. F., 1994 dan Jones, J. W. Hara Supratman. *Refrigerasi Dan pengkondisian Udara*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.