

PENGARUH DIAMETER DAN KECEPATAN KIPAS KONDENSOR TERHADAP SUHU AC MOBIL

Muh. Agung Pribadi

Guru SMK Negeri Klakah Lumajang,
Indonesia
Email: agung_p_tptu@yahoo.com

Endry Meydiant

Guru SMK Negeri Klakah Lumajang,
Indonesia
Email: endrymeydiant@gmail.com

Sukardi

Fakultas Keguruan dan Ilmu
Pendidikan, Universitas Palangka Raya,
Palangka Raya, Indonesia
Email: sukardioto@gmail.com

The efficiency of the Air Conditioning (AC) system in a car depends on the process of compression, condensation, and evaporation. The new thought that arises is what if the diameter of the condenser fan blade is varied? The objectives of this study are: (1) to test the effect of the diameter of the condenser fan blade on AC temperature, and (2) to test the effect of condenser fan rotation speed on AC temperature. This research is using an experimental method. The results showed: 1) there was an effect of the diameter of the condenser fan on AC temperature, which was 16.7%; and 2) there is an influence of condenser fan rotation speed on AC temperature that is equal to 20.5%. These findings become a reference that to improve the performance of the AC, it can be done by increasing the heat transfer process in the condenser.

Keywords: Cooling System, Refrigeration, Freon R-134a

1. PENDAHULUAN

Air Conditioning (AC) dibedakan menjadi dua jenis, yaitu : AC *comfort* dan AC industri. Sesuai namanya, AC *comfort* digunakan untuk keperluan kenyamanan manusia seperti di perumahan, perkantoran, pertokoan dan kendaraan. Sedangkan, AC industri digunakan untuk keperluan-keperluan khusus di industri seperti untuk pendinginan peralatan, bahan-bahan bio-kimia, mesin-mesin dan keperluan-keperluan industri lainnya yang memerlukan penanganan khusus baik skala kecil maupun besar.

Aplikasi AC pada kendaraan menggunakan siklus refrigerasi kompresi uap. Kompresor digerakkan oleh mesin untuk menjalankan siklus kondensasi, ekspansi dan evaporasi. Siklus AC pada kendaraan dimulai dari proses kompresi yaitu kompresor menghisap refrigeran gas dari evaporator untuk ditekan. Setelah keluar dari kompresor refrigeran berwujud gas dengan tekanan tinggi masuk ke dalam kondensor untuk dilakukan kondensasi. Berlangsungnya kondensasi dipengaruhi oleh proses perpindahan panas dari dalam refrigeran ke media pendingin (kondensor). Hasil proses kondensasi adalah refrigeran menjadi cair dengan tekanan tinggi. Kemudian langkah berikutnya refrigeran diturunkan tekanannya oleh katup ekspansi sehingga ketika masuk ke dalam evaporator refrigeran berbentuk uap. Proses penguapan mengakibatkan udara yang dihisap ke bagian luar evaporator mengalami penurunan suhu karena panasnya diserap oleh evaporator. Efisiensi AC pada kendaraan tergantung proses kompresi, proses kondensasi dan proses evaporasi.

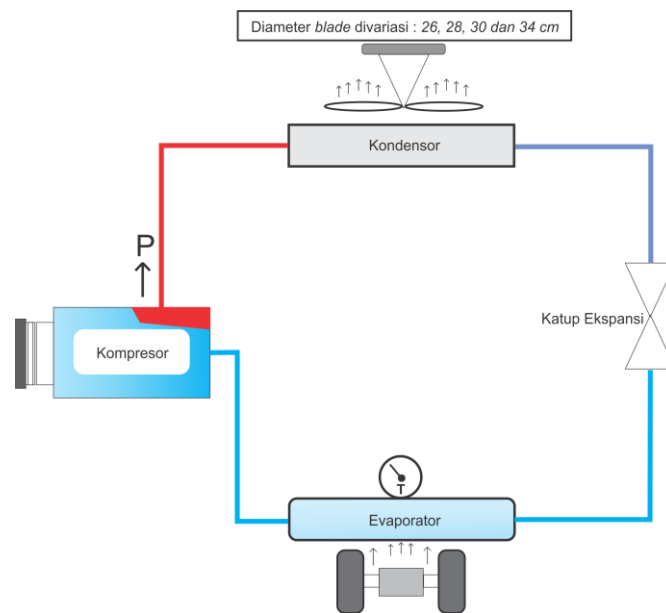
Suatu pemikiran baru yang muncul adalah bagaimana jika diameter kipas kondensor divariasikan? AC yang tidak dingin dapat disebabkan oleh kipas kondensor. Kipas kondensor berfungsi untuk membuang panas refrigeran yang disebabkan oleh tekanan kompresor. Kipas yang bermasalah membuat proses kondensasi tidak dapat terjadi secara optimal. Untuk mendapatkan suhu udara yang nyaman diantaranya adalah dengan menaikkan koefisien perpindahan panas pada kondensor dengan cara menaikkan kecepatan udara pendingin pada kondensor sehingga diperoleh koefisien perpindahan panas yang lebih besar. Cara lain telah dilakukan untuk mendapatkan suhu udara yang nyaman, seperti menggunakan media air sebagai solusi pengganti alat penukar panas yang biasanya dipergunakan udara untuk mendinginkan refrigeran di dalam sistem AC [1,6]. Namun demikian, penggunaan kondensor pendingin udara mempunyai kelebihan daripada kondensor yang berpendingin air. Kondensor berpendingin udara tidak memerlukan pipa air, pompa air, dan reservoir dimana peralatan tersebut memerlukan tempat yang lebih luas [8]. Untuk mengoptimalkan kinerja sistem AC banyak parameter yang harus diperhatikan. Tiga parameter telah diamati, yaitu level pengisian refrigeran, kecepatan kompresor, dan kecepatan kipas evaporator [2]. Dua parameter lain yang diamati dalam penelitian ini adalah diameter *blade* kipas kondensor dan kecepatan putaran kipas kondensor.

Secara teori, penambahan diameter kipas kondensor akan meningkatkan kecepatan udara pendinginan pada kondensor, laju aliran massa akan menurun sehingga menyebabkan beban/daya kompresor mengalami

penurunan. Semakin tinggi kecepatan udara yang melintasi kondensator menyebabkan efek refrigerasi yang dibangkitkan semakin rendah sehingga meningkatkan kinerja sistem AC [8]. Fenomena ini menarik untuk dikaji secara empirik apakah perubahan diameter kipas kondensator mempengaruhi suhu dalam sistem AC? Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, dirumuskan tujuan penelitian: (1) menguji pengaruh diameter kipas kondensator terhadap suhu AC, dan (2) menguji pengaruh kecepatan kipas kondensator terhadap suhu AC.

2. METODE DAN BAHAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen, yaitu melakukan pengujian pada *trainer* sistem AC mobil. Dalam penelitian ini, kipas kondensator divariasikan menjadi empat tingkatan yaitu kipas kondensator dengan diameter *blade* 26, 28, 30, dan 34 cm. *Blade* 28 cm merupakan diameter standar dari kipas kondensator. Selain itu, kecepatan kipas kondensator divariasikan menjadi tiga tingkatan yaitu kecepatan 1.200, 1.400 dan 1.600 rpm. Variasi diameter dan kecepatan putaran kipas tersebut diuji coba, diamati dan diukur. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah diameter kipas kondensator dan kecepatan kipas kondensator, sedangkan variabel terikat adalah suhu evaporator AC. Diagram sistem AC yang dirancang dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



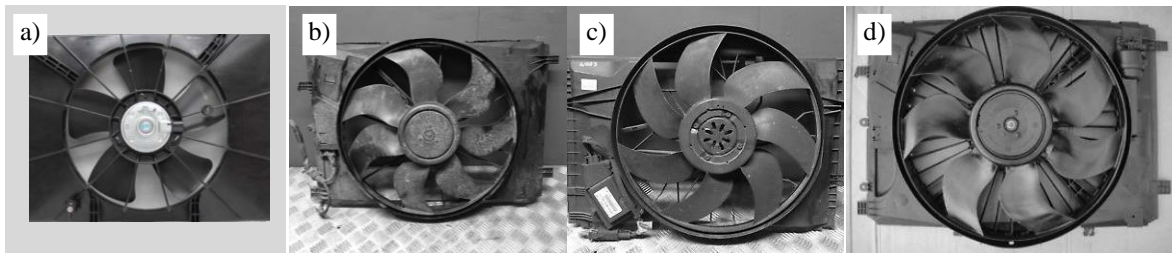
Gambar 1. Diagram Sistem AC dalam Penelitian

Prosedur penelitian meliputi: (1) Melakukan kalibrasi alat ukur yang akan digunakan; (2) Melakukan variasi diameter kipas kondensator (26, 28,30 dan 34 cm); (3) Pengisian refrigeran R134a dengan tekanan antara 25 psig sampai 40 psig; (4) Pengambilan data, meliputi data suhu evaporator dan tekanan *section*; dan (5) Seluruh proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan interval waktu selama 5 menit dan dilakukan hingga kondisi stedi/stabil. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dicantumkan dalam Tabel 1.

Tabel 1: Alat dan Bahan Penelitian

NAMA ALAT / BAHAN	SPESIFIKASI	JUMLAH
<i>Car Trainner AC</i>	Dengan kompresor tipe torak <i>woble plate single blower</i>	1 unit
<i>Vacum Pump</i>	1/4 Hp VP-1C-2	1 unit
<i>Manifold gauge</i>	Untuk R134a	1 buah
<i>Thermometer</i>	<i>Celcius</i>	1 buah
<i>Resistor</i>	<i>Ohm</i>	1 buah
<i>Rpm meter</i>	<i>Rpm blower evaporator imprared</i>	1 buah
<i>Condensator Fan</i>	Diameter <i>blade</i> 26, 28, 30, dan 34 cm	4 buah
<i>Refrigerant</i>	R134a	200 gram
<i>AC Oil</i>	ND-OIL8, untuk R134a	100 cc

Gambar 2 menunjukkan ilustrasi gambar *blade* kipas kondensor dengan diameter 26, 28, 30 dan 34 cm yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 2. Kipas kondensor : a) Diameter *blade* 26 cm; b) Diameter *blade* 28 cm; c) Diameter *blade* 30 cm; d) Diameter *blade* 34 cm

3. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pengujian memberikan bukti empirik bahwa suhu evaporator mengalami penurunan apabila diameter kipas kondensor semakin besar. Demikian halnya suhu evaporator mengalami penurunan apabila kecepatan putar kipas kondensor semakin tinggi. Data hasil uji variasi diameter dan kecepatan putar kipas kondensor serta tekanan *section* disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2: Data Hasil Uji Variasi Diameter dan Kecepatan Putar Kipas Kondensor serta Tekanan *Section*.

DB	PK	TS	SE	RS	PS
26	1200	41	23	20	Suhu naik 11,1%
	1400	38	20		
	1600	36	17		
28	1200	38	20	18	Standar
	1400	36	18		
	1600	35	16		
30	1200	37	19	16,7	Suhu turun 7,2%
	1400	35	16		
	1600	33	15		
34	1200	35	16	15	Suhu turun 16,7%
	1400	33	15		
	1600	32	14		

Keterangan tabel 2 : DB = Diameter *blade* kipas kondensor (cm); PK = Putaran kipas kondensor (rpm); TS = Tekanan *section* (psi); SE = Suhu evaporator ($^{\circ}$ C); RS = Rerata suhu evaporator ($^{\circ}$ C); PS = Persentase penurunan suhu evaporator (%).

Berdasarkan tabel 2, dapat dijelaskan bahwa untuk variasi diameter *blade* kipas kondensor 26 cm menghasilkan suhu evaporator sebesar 23° C pada putaran kipas kondensor 1200 rpm; 20° C pada putaran kipas kondensor 1400 rpm dan 17° C pada putaran kipas kondensor 1600 rpm. Untuk variasi diameter *blade* kipas kondensor 28 cm menghasilkan suhu evaporator sebesar 20° C pada putaran kipas kondensor 1200 rpm; 18° C pada putaran kipas kondensor 1400 rpm dan 16° C pada putaran kipas kondensor 1600 rpm. Uji coba terus dilakukan dengan menambah ukuran diameter *blade* kipas kondensor. Untuk variasi diameter *blade* kipas kondensor 30 cm menghasilkan suhu evaporator sebesar 19° C pada putaran kipas kondensor 1200 rpm; 16° C pada putaran kipas kondensor 1400 rpm dan 15° C pada putaran kipas kondensor 1600 rpm. Untuk variasi diameter *blade* kipas kondensor 34 cm menghasilkan suhu evaporator sebesar 16° C pada putaran kipas kondensor 1200 rpm; 15° C pada putaran kipas kondensor 1400 rpm dan 14° C pada putaran kipas kondensor 1600 rpm.

Penelitian ini memberi kesimpulan bahwa diameter *blade* kipas kondensor memiliki pengaruh ter-

hadap suhu yang dihasilkan oleh sistem AC. Untuk variasi diameter *blade* kipas kondensor 26 cm, terjadi kenaikan suhu evaporator sebesar 11,1% dari suhu evaporator standar, sedangkan untuk variasi diameter *blade* kipas kondensor 30 cm, terjadi penurunan suhu evaporator sebesar 7,2% dari suhu evaporator standar. Hasil tersebut membuktikan bahwa suhu evaporator menurun seiring dengan penambahan ukuran diameter *blade* kipas kondensor. Untuk penambahan ukuran diameter *blade* kipas kondensor 34 cm, terjadi penurunan suhu evaporator sebesar 16,7% dari suhu evaporator standar. Dengan demikian, persentase penurunan suhu evaporator semakin besar ketika diameter *blade* kipas kondensor diperbesar.

Kondensor merupakan salah satu komponen sistem AC yang berfungsi sebagai alat pelepas panas. Kinerja kondensor yang baik dapat meningkatkan kinerja sistem AC. Dalam penelitian lain, kinerja sistem AC dapat ditingkatkan dengan cara menambahkan jumlah kipas kondensor [10]. Semakin besar diameter *blade* kipas kondensor, semakin besar daya kipas untuk membuang panas di dalam kondensor, sehingga *Coefficient of Performance (COP)* dari sistem AC meningkat.

Lalu, bagaimana hubungan antara diameter kipas kondensor dengan prestasi atau kinerja sistem AC? Kinerja sistem AC dapat diketahui dengan melihat nilai COP. Besarnya COP dipengaruhi oleh efek refrigerasi dan tekanan kompresi pada kompresor AC. Besarnya nilai COP ditentukan oleh perbandingan nilai panas yang mampu diserap oleh evaporator terhadap kerja kompresor. Semakin besar kecepatan udara yang melintasi kondensor maka efek pendinginan evaporator yang dihasilkan semakin optimal. Data COP pada berbagai variasi laju aliran udara yang melintasi kondensor sebesar 8, 12, 15, 17, 18 dan 19 feet/s telah diamati dalam penelitian lain. Data-data perhitungan mengindikasikan bahwa semakin besar laju aliran udara yang melintasi kondensor mengakibatkan kinerja sistem AC meningkat [8].

Kenaikan kecepatan dan atau jumlah udara yang melewati kondensor menyebabkan efek refrigerasi meningkat serta tekanan kompresi mengalami penurunan. Dalam kondisi tersebut, kerja kompresor AC lebih ringan untuk laju pelepasan panas yang paling besar. Hal tersebut menguntungkan pada daya penggerak kompresor (mesin). Mesin berfungsi sebagai sumber penggerak kendaraan. Bila dibandingkan dengan kondisi tidak menggerakkan kompresor AC, mesin membutuhkan bahan bakar lebih banyak saat mesin harus menggerakkan kompresor AC. Jika kerja kompresor AC lebih ringan, maka memberi keuntungan pada mesin dari segi konsumsi bahan bakar. Meskipun demikian, asumsi ini masih perlu kajian yang lebih dalam.

Selain variasi diameter *blade* kipas kondensor, kecepatan putaran kipas kondensor juga diukur dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini, kecepatan putaran kipas kondensor dibagi menjadi tiga tingkat putaran yaitu 1200, 1400 dan 1600 rpm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kecepatan kipas kondensor berpengaruh terhadap suhu sistem AC. Suhu yang dihasilkan pada putaran tinggi lebih rendah daripada suhu yang dihasilkan pada putaran rendah. Tabel 3 memberikan data tentang rerata suhu berdasarkan variasi kecepatan putaran *blade*.

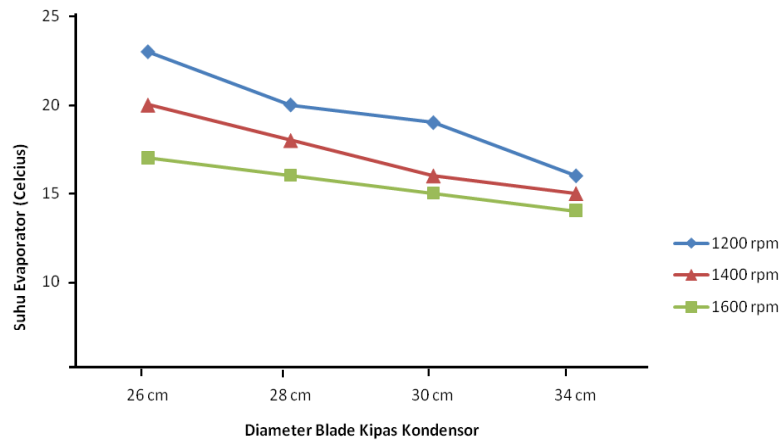
Tabel 3. Rerata Suhu Berdasarkan Variasi Kecepatan Putaran *Blade*

VARIASI PUTARAN BLADE (RPM)				RERATA SUHU EVAPORATOR (CELCIUS)	PERSENTASE
26 CM	28 CM	30 CM	34 CM		
1200	1200	1200	1200	19,5	Kondisi awal
1400	1400	1400	1400	17,3	Suhu menurun 11,3%
1600	1600	1600	1600	15,5	Suhu menurun 20,5%

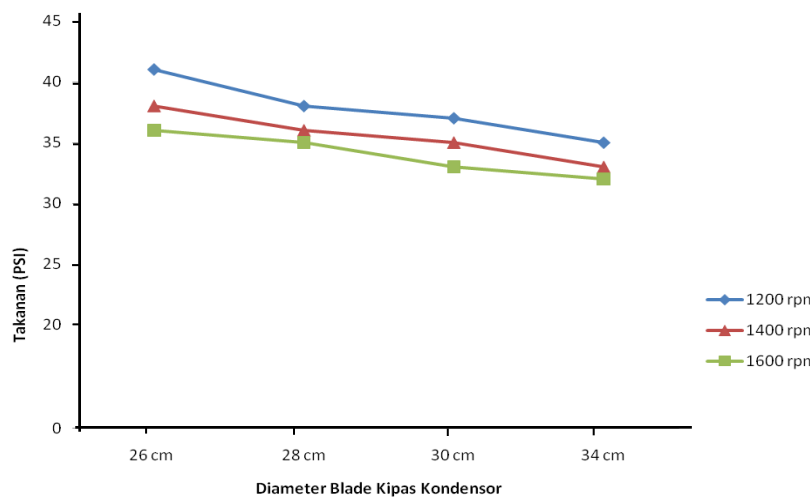
Berdasarkan Tabel 3, dapat dijelaskan bahwa untuk variasi kecepatan putaran *blade* kipas kondensor 1200 rpm menghasilkan rerata suhu evaporator sebesar 19,5⁰ C. Untuk variasi kecepatan putaran *blade* kipas kondensor 1400 rpm menghasilkan rerata suhu evaporator sebesar 17,3⁰ C, dengan persentase penurunan suhu sebesar 11,3%. Rerata suhu evaporator terus menurun seiring dengan meningkatnya kecepatan putaran *blade* kipas kondensor. Untuk variasi kecepatan putaran *blade* kipas kondensor 1600 rpm menghasilkan rerata suhu evaporator sebesar 15,5⁰ C, dengan persentase penurunan suhu sebesar 20,5%. Agar memberikan gambaran yang lebih jelas, data dituangkan ke dalam gambar 3 tentang grafik hasil uji diameter blade kipas kondensor, putaran kipas kondensor dan suhu evaporator.

Gambar 3 memberi penjelasan bahwa pada kecepatan kipas kondensor 1200 rpm (ditunjukkan dengan garis warna biru) menghasilkan suhu sistem lebih tinggi dibandingkan dengan suhu sistem pada putaran 1400

rpm (warna merah) dan 1600 rpm (warna hijau). Semakin tinggi putaran kipas kondensor, semakin rendah suhu sistem AC. Temuan ini juga telah didiskusikan dalam beberapa penelitian lain. Mereka menyimpulkan bahwa kecepatan putaran kipas kondensor dapat mempengaruhi suhu yang dihasilkan pada sistem AC. Kecepatan udara yang melintasi kondensor AC yang semakin besar memberikan efek pendinginan yang lebih optimal dibandingkan pada kecepatan udara yang melintasi kondensor rendah [8]. Meskipun demikian, penelitian ini memberi informasi tambahan yang dapat memperkuat penelitian sebelumnya. Pengukuran variabel tidak hanya terbatas pada suhu yang dihasilkan pada sistem AC namun pengukuran terhadap tekanan *section* juga dilakukan. Hasil pengukuran ditemukan bahwa tekanan *section* mengalami penurunan bila kecepatan putar kipas kondensor semakin tinggi. Selain itu, tekanan *section* mengalami penurunan bila diameter kipas kondensor semakin diperbesar (lihat Gambar 4). Kondisi ini menyebabkan beban kerja kopresor mengalami penurunan.



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Diameter *Blade* Kipas Kondensor, Putaran Kipas Kondensor dan Suhu Evaporator



Gambar 4. Grafik Hasil Uji Diameter *Blade* Kipas Kondensor, Putaran Kipas Kondensor dan Tekanan *Section*

Ketika kecepatan kipas kondensor menurun, hal ini menurunkan efisiensi pertukaran panas pada kondensor sehingga suhu kondensor meningkat, perbedaan suhu udara dan refrigeran menurun. Pada kondisi ini, laju aliran massa dan laju aliran uap pada saluran masuk kompresor meningkat, sehingga suhu pendinginan dalam sistem AC menurun [9]. Dengan kata lain, meningkatnya kecepatan kipas pendinginan kondensor akan mempengaruhi laju pelapasan panas pada kondensor, mengakibatkan suhu kondensor menurun, sehingga uap refrigeran lebih cepat menjadi cair dan COP semakin meningkat. Penurunan suhu pada kondensor juga menyebabkan beban kerja kopresor mengalami penurunan [3,4,5].

Temuan ini dapat dijadikan acuan bahwa untuk meningkatkan kinerja sistem AC caranya dapat dilakukan dengan memperbaiki proses perpindahan panas dalam kondensor yaitu dengan memperbesar diameter *blade* kipas kondensor dan meningkatkan kecepatan kipas kondensor. Pentingnya sistem pendinginan

pada kondensor telah mendapat perhatian sejumlah peneliti, dimana mereka telah mencoba memodifikasi bahan kondensor dengan bahan lain yang lebih cepat menyerap dan melepas panas [7]. Namun demikian, modifikasi bahan kondensor nampaknya memerlukan perancangan yang agak menyulitkan dan biaya yang besar. Cara mudah dalam memperbaiki kinerja sistem AC yaitu dengan memperbesar diameter *blade* kipas kondensor dan meningkatkan kecepatan kipas kondensor.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa: (1) Ada pengaruh diameter kipas kondensor terhadap suhu AC. Suhu evaporator mengalami penurunan apabila diameter kipas kondensor semakin besar karena semakin besar daya kipas untuk membuang panas dalam kondensor. Hal tersebut menyebabkan COP meningkat, yang berarti meningkatkan kinerja sistem AC. Temuan ini dapat dijadikan acuan bahwa untuk meningkatkan kinerja sistem AC caranya dapat dilakukan dengan memperbaiki proses perpindahan panas dalam kondensor; dan (2) Ada pengaruh kecepatan kipas kondensor terhadap suhu AC. Suhu evaporator mengalami penurunan apabila kecepatan putar kipas kondensor semakin tinggi. Meningkatnya kecepatan kipas pendinginan kondensor mempengaruhi laju pelapasan panas pada kondensor, mengakibatkan suhu kondensor menurun, sehingga uap refrigeran lebih cepat menjadi cair dan suhu pendinginan pada evaporator AC menurun.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] AZIZ, CANDRA YUSFI AMRI dan FIRDAUS, RAHMAT. 2018. *Pemanfaatan Panas di Pipa Tekanan Tinggi Pada Mesin Pendingin (AC)*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.9, No.1, 15-21
- [2] DATTA, SANTANU PRASAD; DAS, PRASANTA KUMAR dan MUKHOPADHYAY, SIDDHARTHA. 2014. *Effect of Refrigerant Charge, Compressor Speed and Air Flow through the Evaporator on the Performance of an Automotive Air Conditioning System*. International Refrigeration and Air Conditioning Conference. Paper 1470
- [3] EFFENDY, MARWAN. 2005. *Pengaruh Kecepatan Udara Pendingin Kondensor Terhadap Koefisien Prestasi Air Conditioning*. Jurnal Teknik Gelagar, Vol. 16, No. 01, 51 - 58
- [4] SIAGIAN, SAUT. 2015. *Analisis Karakteristik Unjuk Kerja Kondensor Pada Sistem Pendingin (Air Conditioning) Yang Menggunakan Freon R-134a Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pendingin*. Bina Teknika, Vol. 11 No. 2, 124-130
- [5] POERNOMO, HEROE. 2015. *Analisis Karakteristik Unjuk Kerja Sistem Pendingin (Air Conditioning) Yang Menggunakan Freon R-22 Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pendingin Kondensor*. KAPAL, Vol. 12, No. 1
- [6] RIDHUAN, KEMAS dan ANGGA, I GEDE. 2014. *Pengaruh Media Pendingin Air Pada Kondensor Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin*. TURBO, Vol. 3, N0. 2
- [7] SRIVIDHYA, V dan VENKATESWARA RAO, G. 2013. *Improving the Heat Transfer Rate for Ac Condenser by Material and Parametric Design Optimization*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 2 Issue 1, 2278-0181
- [8] TIAHJONO, TRI dan ARNA, DESI. 2014. *Optimasi Kecepatan Udara Pada Kondensor Terhadap Prestasi Kerja AC Mobil Dengan Fluida Kerja Freon 12*. Media Mesin, Vol. 15, No. 2, 55-67
- [9] WANG, SHU JUN dan GU, JUN JIE. 2004. *Experimental Analysis of an Automotive Air Conditioning System with Two-Phase Flow Measurements*. International Refrigeration and Air Conditioning Conference. Paper 735.
- [10] WIDODO, EKO; SETIAWAN, DIGDO LISTYADI dan KRISTIANTA, FX. 2014. *Pengaruh Penambahan Fan Pembuang Udara pada Kondensor terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin menggunakan Refrigeran LPG*. Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa Universitas Jember