

Pengaruh Hambatan Aliran Udara pada Kondenser Terhadap Performansi AC Split 1 PK

Triaji Pangripto Pramudantoro

Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara – Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Desa Ciwaruga-Bandung 40551

Korespondensi : triajipangripto@polban.ac.id

ABSTRAK

Perawatan yang kurang baik akan mengakibatkan performansi mesin A/C split akan menurun, diantaranya beberapa kasus yang sering ditemui adalah: sirip pada *outdoor unit* kotor, sirip pada *outdoor unit* sudah rapuh atau melipat. Terganggunya aliran udara pada bagian *outdoor unit* akan berdampak terhadap performansi unit A/C split, khususnya terhadap laju pendinginan, tekanan kerja, *Coefficient of performance* dan konsumsi energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi/dampak dari hambatan aliran udara pada *outdoor unit* terhadap performansi mesin dan besarnya perubahan/peningkatan konsumsi energi listriknya. Metode yang dilakukan adalah dengan cara membandingkan performansi mesin yang normal tanpa terganggu aliran udara pada *outdoor unit* dibandingkan terhadap mesin yang aliran udara pada *outdoor unit* mengalami hambatan. Dimulai dengan diberi hambatan berturut turut sebesar 1/6, 1/8 dan 1/4 dari luas permukaan kondenser. Dari kajian tersebut diperoleh hasil berupa kenaikan temperatur *discharge*, kenaikan temperatur *suction*, kenaikan temperatur kondenser, kenaikan temperatur evaporator dan kenaikan arus listrik. Disisi lain terjadi penurunan efek refrigerasi hingga 6,25% ,penurunan nilai COP dari 4,63 menjadi 3,7 dan kenaikan konsumsi daya listrik hingga 9,3%.

Kata kunci: aliran udara kondenser, AC split.

ABSTRACT

Poor maintenance will decrease the performance of the split Air Conditioning unit, some cases that are often encountered include: the fins on the outdoor unit are dirty, fragile or even fold. Disruption of air flow in the outdoor unit will then have an impact on the performance of the split A/C unit, especially on cooling rate, working pressure, coefficient of performance and consumption of electrical energy. The purpose of this study was to determine the correlation/impact of airflow resistance in the outdoor unit on A/C unit performance and the magnitude of changes/increases in electrical energy consumption. The method used is by comparing the normal performance without being disturbed by the air flow in the outdoor unit compared to the engine with the outdoor unit airflow experiencing obstacles. Starting with a given resistance successively equal to 1/6, 1/8 and 1/4 of the surface area of the condenser. The results obtained in the form of an increase in discharge temperature, suction temperature, condenser temperature, evaporator temperature and electric current. On the other hand, there was a decrease in the refrigeration effect by 6.25%, a decrease in the COP value from 4.63 to 3.7 and an increase in electrical power consumption by 9.3%.

Keywords: condenser air flow, split AC.

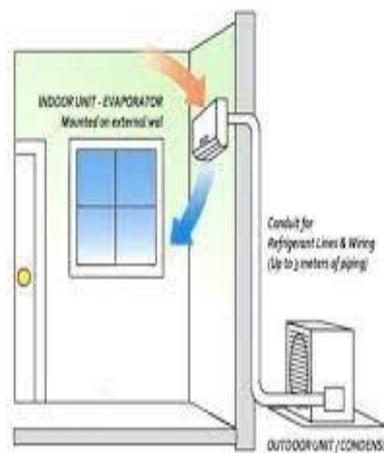
1. PENDAHULUAN

Perawatan yang kurang baik akan mengakibatkan performansi mesin A/C split akan menurun, seperti *indoor unit* menjadi kurang dingin, mesin sering mengalami trip, kompresor menjadi *overheat* dan kemungkinan akan berdampak pula terhadap pemborosan konsumsi energi yang digunakan yang ditandai dengan peningkatan arus listrik yang terpakai.

Beberapa kasus yang sering ditemui pada mesin A/C berkapasitas kecil yang kurang perawatan diantaranya: sirip pada *outdoor unit*nya kotor karena debu yang menempel, adanya barang/benda yang dapat menghalangi aliran udara, sirip pada *outdoor* sudah rapuh sehingga rontok atau bahkan melipat sehingga menutup laju aliran udara dsb. Terganggunya aliran udara pada bagian *outdoor* tersebut akan berdampak terhadap performansi unit A/C split, khususnya terhadap laju pendinginan, tekanan kerja, *Coefficient of performance* dan konsumsi energi listrik. *Outdoor unit* pada AC split adalah komponen yang berfungsi untuk membuang kalor ke lingkungan, apabila alat pembuang kalornya terganggu maka dapat dipastikan mesin akan mengalami masalah seperti yang telah disebutkan di atas. Kegiatan perawatan pada unit adalah hal yang sangat penting dan harus dilakukan secara berkala dan terjadwal, dimana untuk unit kecil perlu perawatan dengan interval waktu 3 minggu sekali [1].

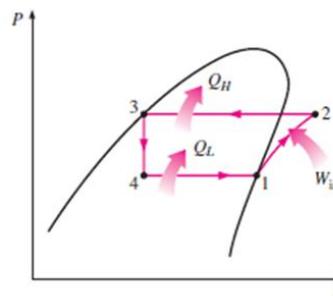
Pertumbuhan pasar mesin tata udara di negara berkembang mencapai 14% setiap tahun [2]. Besarnya perkembangan pasar mesin tata udara dan refrigerasi tentu harus diantisipasi dengan penyediaan sumber energi dan/atau rekayasa produk yang hemat energi. Di Indonesia, tingkat penggunaan energi listrik untuk pengkondisian udara mencapai kurang lebih 50% [3]. Karena harga energi semakin mahal, maka diperlukan usaha atau rekayasa yang tepat untuk menghemat penggunaan energi. [4] melakukan pengujian pengaruh kecepatan putar kipas kondenser antara 60% hingga 100% dan menghasilkan pengaruh yang terjadi pada mesin A/C diantaranya: kenaikan tekanan *discharge*, kenaikan temperatur udara keluaran kondenser, kenaikan temperatur udara keluaran evaporator, kenaikan konsumsi daya listrik, dan penurunan kapasitas pendinginan. Pembuangan energi kalor di kondenser dengan metoda *sub-cooling* telah terbukti dapat meningkatkan efek refrigerasi dan performansi A/C split [5].

Prinsip kerja AC split tersebut sangat sederhana dimana refrigeran yang diisi ke dalam sistem akan dikompresi dan disirkulasikan oleh kompresor melalui kondenser untuk dilepaskan kalornya ke lingkungan, selanjutnya refrigeran akan berubah fasa menjadi fasa cair dan diekspansikan oleh pipa kapiler menuju ke evaporator sehingga tekanan dan temperaturnya turun. Temperatur yang rendah di dalam pipa evaporator tersebut selanjutnya dihembuskan ke dalam ruangan sehingga terasa sejuk. Sementara refrigeran yang berada di dalam evaporator akan berubah fasa menjadi fasa uap karena telah menyerap kalor dari ruangan yang didinginkan, selanjutnya refrigeran mengalir menuju ke saluran hisap kompresor untuk disirkulasikan kembali. Demikian selanjutnya proses tersebut berulang secara terus menerus. Gambar skematik AC split terlihat seperti pada Gambar 1.1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa posisi evaporator berada di atas dan umumnya dipasang di dalam ruangan maka sering disebut sebagai *indoor-unit*, sedangkan kompresor, kondenser dan alat ekspansi berada di dalam satu wadah yang biasanya dipasang di luar ruangan maka sering disebut sebagai *outdoor-unit*.



Gambar 1.1 A/C Split

Proses-proses pendinginan yang terjadi pada sistem refrigerasi kompresi uap pada umumnya terdiri dari proses kompresi, proses kondensasi, proses ekspansi dan proses evaporasi [6]. Proses tersebut dapat dijelaskan dan digambarkan dalam bentuk diagram Mollier sebagai berikut.



Gambar 1.2 Diagram P-h siklus refrigerasi kompresi uap sederhana

1-2 Proses Kompresi

Refrigeran masuk ke kompresor dalam keadaan uap jenuh dengan temperatur rendah dan tekanan rendah. Refrigeran yang masuk kompresor dikompresi sehingga menjadi uap superheat. Refrigeran yang keluar dari kompresor dalam keadaan temperatur tinggi dan tekanan tinggi.

Besarnya kerja yang dilakukan kompresor dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

$$Q_w = \dot{m} (h_2 - h_1) \dots \dots \dots (1)$$

dengan,

Q_w = Kerja Kompresi (kW)

•

\dot{m} = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_1 = Entalpi refrigeran masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Entalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg)

Atau

Kerja spesifik dapat dihitung menggunakan persamaan 2 sebagai berikut:

$$q_w = h_2 - h_1 \dots \dots \dots (2)$$

2-3 Proses Kondensasi

Di kondenser refrigeran melepaskan kalor ke lingkungan sehingga terjadi penurunan temperatur sampai batas uap jenuh, setelah itu refrigeran berubah fasa dari uap menjadi cair jenuh. Proses ini terjadi dalam keadaan tekanan konstan (isobar) dan besar kalor yang dilepaskan di kondenser atau *heat rejection* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3 sebagai berikut:

$$Q_c = \dot{m} (h_2 - h_3) \dots \dots \dots (3)$$

dengan,

Q_c = Besarnya kalor yang dilepaskan di kondenser (kW)

•

\dot{m} = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_2 = Entalpi refrigeran masuk kondenser (kJ/kg)

h_3 = Entalpi refrigeran keluar kondenser (kJ/kg)

Atau

Kalor spesifik yang dilepas dapat dihitung menggunakan Persamaan 4 sebagai berikut:

$$q_c = h_2 - h_3 \dots \dots \dots (4)$$

3-4 Proses Ekspansi

Pada proses ini refrigeran masuk ke dalam alat ekspansi dan mengalami penurunan tekanan sehingga temperaturnya pun mengalami penurunan. Dalam hal ini refrigeran tidak mengalami penambahan atau pengurangan entalpi tetapi terjadi drop tekanan dan penurunan temperatur sehingga proses ini berlangsung dalam kondisi entalpi konstan (iso-enthalpy) yaitu: $h_3 = h_4$.

dengan,

h_3 = Entalpi refrigeran masuk ekspansi (kJ/kg)

h_4 = Entalpi refrigeran keluar ekspansi (kJ/kg)

Umumnya refrigeran yang masuk dalam keadaan cair jenuh dan setelah diekspansi refrigeran akan keluar dalam keadaan fasa campuran namun dominan cair.

4-1 Proses Evaporasi

Proses ini terjadi pada tekanan konstan (isobar) dan temperatur konstan (*isothermal*). Refrigeran yang keluar dari alat ekspansi masuk ke evaporator lalu menyerap kalor dari bahan atau media yang akan didinginkan. Refrigeran yang ada di evaporator menguap sehingga fasanya berubah dari fasa campuran menjadi fasa uap seluruhnya pada tekanan dan temperatur yang rendah.

Refrigeran yang keluar dari evaporator dalam bentuk uap jenuh dan besar kalor yang diserap oleh evaporator disebut beban pendinginan atau kapasitas pendinginan. Kalor yang diserap oleh evaporator dapat dihitung menggunakan Persamaan 5 sebagai berikut:

$$Q_e = \dot{m} (h_1 - h_4) \dots \dots \dots (5)$$

dengan,

Q_e = Beban Pendinginan (kW)

•

\dot{m} = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_1 = Entalpi refrigeran masuk evaporator (kJ/kg)

h_4 = Entalpi refrigeran keluar evaporator (kJ/kg)

Penarikan kalor spesifik disebut efek refrigerasi, dapat dihitung menggunakan Persamaan 6 sebagai berikut:

$$q_e = h_1 - h_4 \dots \dots \dots (6)$$

Berdasarkan besaran-besaran di atas maka akan dihasilkan nilai COP (*Coefficient of Performance*) sistem. COP diperoleh dari perbandingan antara efek refrigerasi terhadap kerja kompresi.

Besarnya COP dapat dihitung menggunakan persamaan 7 sebagai berikut:

$$COP_{aktual} = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} = \frac{q_e}{q_w} \dots \dots \dots (7)$$

Nilai COP tersebut akan sangat dipengaruhi oleh kerja kompresi dan efek pendinginan yang terjadi pada mesin AC. Apabila kerja kompresi meningkat karena temperatur kerja naik, maka nilai COP akan menurun demikian pula jika efek refrigerasinya menurun walau kerja kompresinya stabil maka otomatis nilai COP akan menurun pula. Penurunan efek refrigerasi bisa terjadi akibat dari kenaikan tekanan atau temperatur di kondenser [7].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada mesin A/C split berkapasitas 1(satu) PK dengan jenis refrigeran R410. Selanjutnya pada bagian permukaan kondensernya dipasang hambatan berupa kertas untuk menghalangi laju aliran udara dengan ukuran luas berturut turut 1/16, 1/8 dan 1/4 dari luas keseluruhan permukaan kondenser. Parameter yang diukur diantaranya:

1. Tekanan *discharge*
2. Tekanan *suction*
3. Temperatur kondenser
4. Temperatur evaporator
5. Temperatur *suction*
6. Temperatur *discharge*
7. Temperatur lingkungan
8. Arus listrik
9. Tegangan listrik

Kegiatan pengambilan data pada penelitian ini dilaksanakan sebagai berikut:

Data pertama yang diambil adalah pada kondisi permukaan aliran udara di kondenser tidak ada hambatan sama sekali, yang selanjutnya pada pembahasan data ini diberi nomer 1.

Data ke dua yang diambil adalah pada kondisi permukaan aliran udara di kondenser dipasang hambatan seluas 1/16 bagian dari luas total permukaan kondenser, yang selanjutnya pada pembahasan data ini diberi nomer 2.

Data ke tiga yang diambil adalah pada kondisi permukaan aliran udara di kondenser dipasang hambatan seluas 1/8 bagian dari luas total permukaan kondenser, yang selanjutnya pada pembahasan data ini diberi nomer 3.

Data ke empat yang diambil adalah pada kondisi permukaan aliran udara di kondenser dipasang hambatan seluas 1/4 bagian dari luas total permukaan kondenser, yang selanjutnya pada pembahasan data ini diberi nomer 4.

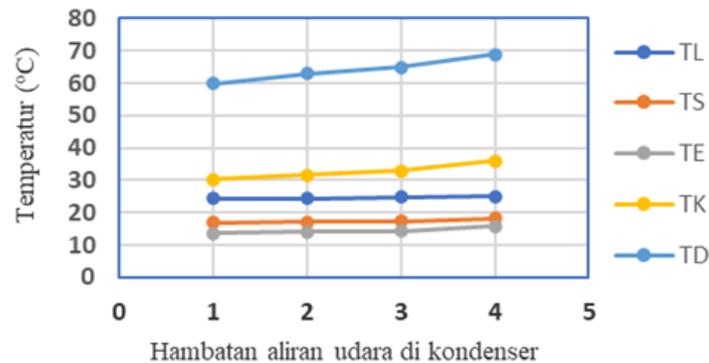
Selanjutnya dilakukan pengolahan data dan dari hasil pengolahan tersebut selanjutnya dibandingkan satu dengan yang lain dimana kondisi AC split tanpa ada hambatan aliran udara akan digunakan sebagai acuan standar performansi.

3. HASIL DAN ANALISIS (10 PT)

3.1 Temperatur kerja sistem AC split

Gambar 3.1 menunjukkan akibat adanya hambatan aliran udara di kondenser tampak berpengaruh terhadap temperatur pada saluran *discharge* (TD), temperatur saluran *suction* (TS), temperatur kondenser (TK) dan temperatur evaporator (TE). Posisi 1 adalah kondisi dimana aliran udara di kondenser tanpa ada hambatan sedangkan posisi 2 adalah kondisi aliran udara di permukaan kondenser diberi hambatan sekitar 1/16 dari luas permukaan, sementara posisi 3 adalah kondisi aliran udara diberi hambatan sekitar 1/8 dari luas

total permukaan kondenser dan posisi 4 adalah kondisi aliran udara di permukaan kondenser diberi hambatan sekitar 1/4 dari luas total permukaan kondenser.

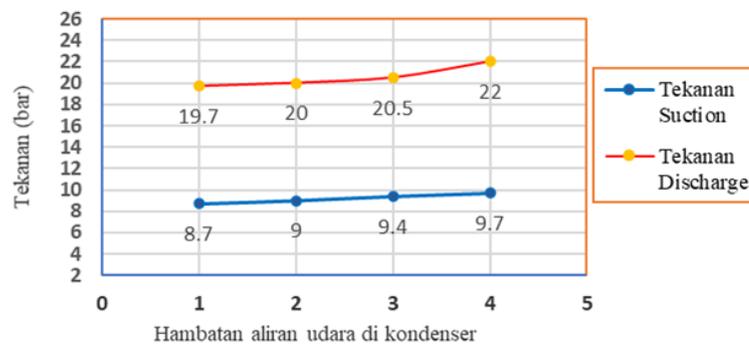


Gambar 3.1 Temperatur kerja sistem

Semakin luas hambatan aliran udara yang ada di permukaan kondenser dapat mengakibatkan temperatur kerja semakin meningkat. Secara umum hal ini sangat merugikan sistem karena kenaikan temperatur *discharge* akan berakibat terjadinya kenaikan tekanan *discharge* yang artinya kerja sistem menjadi meningkat. Pada Gambar 3.1 tampak pula bahwa temperatur evaporator turut meningkat atau dapat dikatakan temperatur ruangan menjadi meningkat/kurang dingin.

3.2 Tekanan *discharge* dan tekanan *suction*

Gambar 3.2 menunjukkan kenaikan tekanan *discharge* dan tekanan *suction* seiring dengan semakin luasnya hambatan aliran udara pada permukaan kondenser.



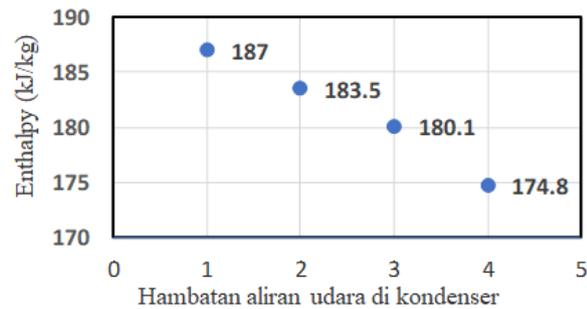
Gambar 3.2 Tekanan *discharge* & *suction*

Tekanan *discharge* pada saat permukaan kondenser tanpa diberi hambatan adalah 19,7 bar, kemudian terlihat semakin meningkat hingga mencapai 22 bar saat aliran udara di permukaan kondenser diberi hambatan 1/4 bagian dari luas keseluruhan atau dapat dikatakan telah terjadi kenaikan tekanan sebesar 11,67%. Demikian pula pada tekanan *suction* terjadi kenaikan dari 8,7 bar hingga 9,7 bar atau naik 11,49%. Kenaikan tekanan *suction* akan berkorelasi dengan temperatur evaporasi, semakin tinggi tekanan *suction* maka semakin tinggi pula temperatur evaporasi pada sistem tersebut, sehingga hal ini akan berakibat AC split menjadi kurang dingin.

Kenaikan tekanan kerja dapat merupakan indikasi bahwa kerja sistem semakin meningkat yang artinya kompresor akan bekerja lebih berat. Hal ini apabila dibiarkan maka dapat berakibat kepada umur mesin yang menjadi lebih singkat atau mesin akan lebih mudah rusak.

3.3 Efek Refrigerasi

Efek refrigerasi adalah nilai kalor yang dapat diserap oleh evaporator. Semakin besar efek refrigerasi yang dapat dicapai oleh mesin refrigerasi atau AC maka semakin baik mesin tersebut, yang artinya laju pendinginan yang terjadi pada produk/kabin atau ruangan bisa lebih cepat tercapai.

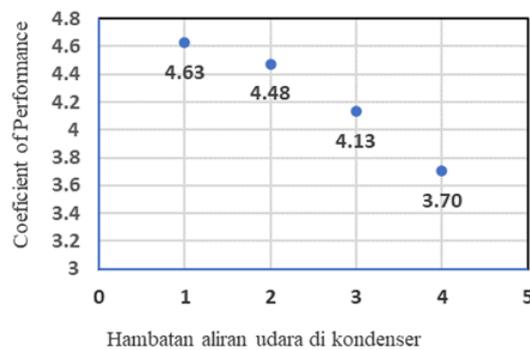


Gambar 3.3 Efek Refrigerasi

Gambar 3.3 menunjukkan terhambatnya aliran udara pada kondenser dapat mengakibatkan terjadinya penurunan efek refrigerasi dari 187 kJ/kg hingga 174,8 kJ/kg atau terjadi penurunan sebesar 6,52%. Dengan demikian maka dapat dikatakan laju aliran udara pada kondenser sangat berpengaruh terhadap efek refrigerasi, semakin luas permukaan kondenser yang terganggu aliran udaranya maka semakin menurunkan nilai efek refrigerasinya.

3.4 Kinerja sistem AC split

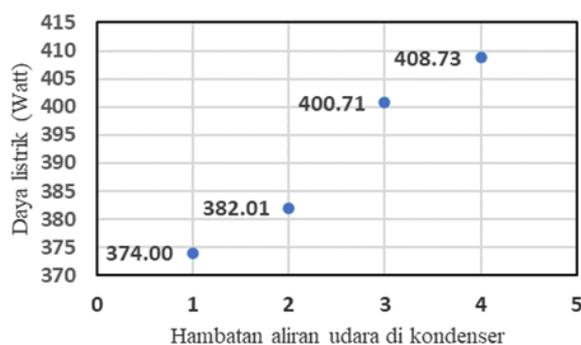
Gambar 3.4 menunjukkan nilai *Coefficient of Performance* (COP) pada AC split. Nilai COP dari suatu sistem refrigerasi atau AC seringkali digunakan sebagai indikator presetasi kerja mesin AC tersebut. Semakin tinggi nilai COP maka dapat dikatakan bahwa sistem tersebut semakin baik.

Gambar 3.4 *Coefficient of Performance*

Pada kasus penelitian ini menunjukkan nilai COP menurun dari 4,63 hingga 3,70 seiring dengan semakin luasnya hambatan aliran udara pada permukaan kondenser. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin luas hambatan aliran udara yang terjadi di permukaan kondenser akan berakibat semakin besar pula penurunan nilai COP (*Coefficient of Performance*).

3.5 Daya listrik

Gambar 3.5 menunjukkan konsumsi daya listrik yang terpakai oleh sistem AC split selama proses pengamatan penelitian berlangsung.



Gambar 3.5 Konsumsi daya listrik

Konsumsi daya listrik yang digunakan oleh mesin AC split selama proses pengamatan pengambilan data menunjukkan adanya korelasi terhadap hambatan laju aliran udara di permukaan kondenser.

Dari kondisi normal tanpa hambatan ke kondisi diberi hambatan 1/16 dari luas permukaan telah terjadi kenaikan konsumsi daya listrik sebesar 8 Watt atau ada kenaikan 2.1%. sementara dari kondisi normal ke kondisi diberi hambatan 1/8 dari luas permukaan telah terjadi kenaikan konsumsi daya listrik sebesar 26,7 Watt atau ada kenaikan 7,14%. Sedangkan dari kondisi normal ke kondisi diberi hambatan 1/4 dari luas permukaan telah terjadi kenaikan konsumsi daya listrik sebesar 34,74 Watt atau ada kenaikan 9,3%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa hambatan aliran udara pada kondenser akan berpengaruh terhadap konsumsi daya listrik, semakin aliran udaranya terhambat maka semakin besar daya listrik terpakai oleh unit AC Split atau dengan kata lain akan semakin terjadi pemborosan energi listrik.

4. KESIMPULAN

Dari hasil kajian maka dapat disimpulkan: Hambatan aliran udara pada kondenser dapat berakibat merugikan kinerja sistem AC Split, terbukti seperti terjadinya hal sebagai berikut: Kenaikan temperatur kerja sistem, kenaikan tekanan *discharge* (11,67%) dan tekanan *suction* (11,49%), kenaikan konsumsi daya listrik hingga 9,3%, penurunan kinerja sistem (*Coefficient of Performance*) dari 4,63 hingga 3,70 dan penurunan efek refrigerasi hingga 6,52%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Charisma Suminto, Fela Rasti Chesa Amilia, M. Tri Rochadi dan Martono Analisis Penjadwalan Kegiatan Preventive Maintenance AC Split Gedung Pusat PDAM Tirta Moedal Semarang. Wahana TEKNIK SIPIL Vol. 19 No. 2 Desember 2014 63-70. Page 63-70
- [2] Daikin. www.daikin.com/about/why_daikin/rise/Increase in Air Conditioning Demand in Emerging Countries, Diakses pada 8 April 2015.
- [3] Karyono, T.H & G. Bahri, Energy efficient strategies for JSX building in Jakarta, Indonesia, International conference "Passive and low energy cooling for the built Environment", May 2005, Santorini, Greece.
- [4] Susilawati dan Andriyanto. Seminar Nasional ReTII-STTN, "Kajian pengaruh kecepatan putar kipas kondenser terhadap konsumsi energi dan kapasitas pendingin mesin tata udara", Yogyakarta, 2017. Page 499-504.
- [5] Kasni Sumeru, Triaji Pangripto dan Andriyanto S., Experimental investigation on the performance of residential air conditioning system using water condensate for subcooling. MATEC Web of Conferences 197, 08002 (2018) https://doi.org/10.1051/mateconf/201819708002_AASEC_2018. Page 1-4
- [6] Dossat, R.J, "Principles of Refrigeration SI Version", John Wiley and Sons, Inc, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 1981. Page 97-150.
- [7] ASHRAE, ASHRAE Handbook of Fundamental, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 2013. Page F1.6-F1.9