

Pengaruh Bukaannya Katup Ekspansi Elektronik terhadap Tekanan dan Unjuk Kerja *Air Conditioner* Inverter

Agus Sopian¹, Apip Badarudin², Arda Rahardja Lukitobudi.³

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : agus.sopian.tptu418@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : apipbdr@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : ardarl@yahoo.com

ABSTRAK

Variasi bukaannya katup merupakan teknik yang efisien terhadap metode kontrol, baik dalam kapasitas beban penuh ataupun sebagian. Metode ini memvariasikan bukaannya katup *electronic expansion valve* untuk mengetahui karakteristik masing-masing bukaannya dengan temperatur yang ingin dicapai. Penelitian ini membahas sistem *air conditioner* inverter dengan variasi bukaannya katup *electronic expansion valve* dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh bukaannya katup ekspansi terhadap tekanan dan unjuk kerja pada *air conditioner* inverter. Parameter yang diamati adalah tekanan *discharge*, tekanan *suction*, temperatur *discharge*, temperatur *out* kondenser, temperatur *in* evaporator, temperatur *out* evaporator, dan arus. Dari data yang diperoleh kemudian melakukan pengolahan data untuk mengetahui nilai unjuk kerja sistem yang meliputi tekanan *discharge*, tekanan *suction*, dan COP actual. Tekanan *discharge* tertinggi yang dicapai pada bukaannya katup 50% sebesar 20,33 bar *gauge*. Dan bukaannya katup 75% sebesar 20,94 bar *gauge*. Sedangkan bukaannya katup 100% 21,79 bar *gauge*. Tekanan *suction* terendah yang dicapai pada bukaannya katup 50% sebesar 4,35 bar *gauge*. Dan bukaannya katup 75% sebesar 4,28 bar *gauge*. Sedangkan bukaannya katup 100% 4,13 bar *gauge*. COP actual yang didapat dengan bukaannya katup 50% sebesar 4,961. Dan bukaannya katup 75% sebesar 4,846. Sedangkan bukaannya katup 100% sebesar 4,640. Sehingga bukaannya katup yang baik pada sistem *air conditioner* adalah dengan bukaannya katup pada 50%.

Kata Kunci: *Bukaan katup ekspansi elektronik, Air conditioner inverter, Tekanan, COP actual.*

1. PENDAHULUAN

Air Conditioner (AC) adalah suatu proses pengkondisian udara dimana udara itu didinginkan, dikeringkan, dibersihkan dan disirkulasikan yang selanjutnya jumlah dan kualitas dari udara yang dikondisikan tersebut di control [1]. AC Split memiliki 4 komponen utama yaitu kompresor, kondenser, alat ekspansi dan evaporator. Alat ekspansi adalah komponen yang berfungsi untuk menurunkan tekanan refrigeran di dalam sistem. Alat ekspansi yang digunakan pada AC Split itu biasanya menggunakan pipa kapiler, karena alat ekspansi tersebut penggunaannya relatif tetap dan AC Split biasanya membutuhkan alat ekspansi yang tetap dikarenakan beban yang tidak terlalu berat. Tetapi jika beban yang ada di dalam AC Split berat, maka pipa kapiler tidak dapat mencapai beban tersebut. Hal itu perlu digunakannya alat ekspansi lain, seperti *electronic expansion valve* (EEV).

Electronic expansion valve (EEV) merupakan komponen alat ekspansi yang

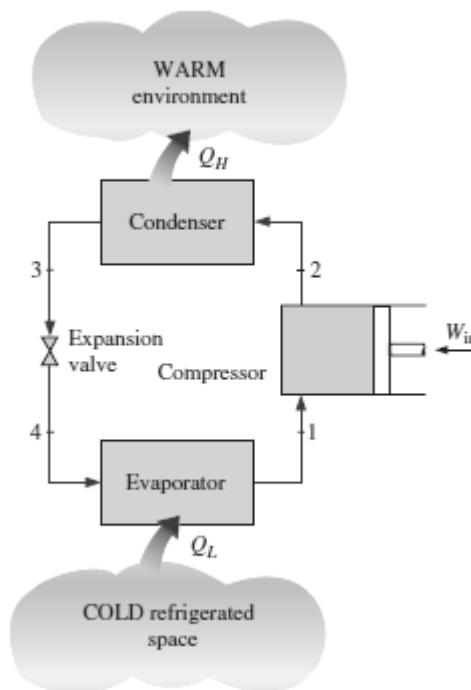
berfungsi untuk menurunkan tekanan dengan menggunakan bantuan elektrik. Bukaan lubangnya secara elektrik, bukan secara mekanis. Dalam hal ini, solenoida menghasilkan medan magnet yang menggerakkan batang katup ke arah lubang. Oleh karena itu, *electronic expansion valve* (EEV) memiliki waktu respon yang lebih rendah dan meningkatkan kontrol yang lebih stabil. Namun, penggunaan katup jenis ini masih dibatasi dalam sistem kecil terutama karena sulitnya menemukan model yang memiliki biaya rendah dan yang memiliki rentang bukaan yang sesuai dengan kondisi operasi yang ditemukan dalam praktik [2]. Untuk mengetahui unjuk kerja yang sesuai dengan sistem maka perlu diatur bukaan *electronic expansion valve* (EEV) nya. Sehingga tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui bukaan katup mana yang unjuk kerjanya baik dalam penggunaan

electronic expansion valve (EEV) di AC Split tersebut.

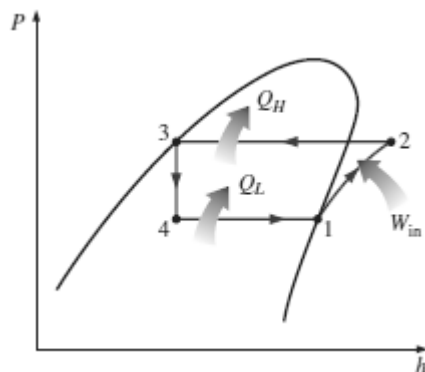
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Sistem refrigerasi kompresi uap adalah suatu sistem yang sering digunakan karena komponennya sistem tersebut sederhana. Sistem refrigerasi kompresi uap memiliki 4 komponen utama, yaitu kompresor, kondenser, alat ekspansi, dan evaporator. Komponen utama di sistem tersebut saling berhubungan dan membentuk sebuah siklus yang dinamakan siklus refrigerasi. Siklus refrigerasi kompresi uap yaitu sebagai berikut:



Gambar 3. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap [3]



Gambar 4. Diagram P-h Siklus Refrigerasi Kompresi Uap [3]

1. Proses Kompresi (1-2)

Proses kompresi terjadi di kompresor. Uap refrigeran bertekanan rendah dikompresi sehingga tekanan uap refrigeran meningkat dan temperatur pun meningkat. Proses ini bertujuan agar temperatur refrigeran ketika masuk kondenser lebih tinggi dari temperatur lingkungan. Pada siklus ideal, proses kompresi berlangsung secara *isentropic*. Besarnya kerja kompresi yang dilakukan kompresor per satuan massa refrigeran dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$q_w = h_2 - h_1$$

Dengan:

q_w = besarnya kerja kompresi yang dilakukan (kJ/kg)

h_2 = entalpi refrigeran masuk kompresor (kJ/kg)

h_1 = entalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg)

2. Proses Kondensasi (2-3)

Setelah uap refrigeran keluar dari kompresor, fluida tersebut masuk ke kondenser. Proses kondensasi berlangsung di kondenser secara isobar (tekanan konstan). Pada proses ini, uap refrigeran keluaran kompresor yang bertekanan dan bertemperatur tinggi akan melepaskan kalor ke lingkungan sehingga fasanya berubah dari gas menjadi cair. Hal ini terjadi karena pada dasarnya kalor berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur rendah sesuai dengan bunyi dari Hukum Termodinamika II. Perpindahan kalor antara refrigeran dengan lingkungan bergantung pada beberapa faktor, misalnya luas penampang dari kondenser, material yang digunakan, perbedaan temperatur kondensasi dengan temperatur lingkungan, besarnya kecepatan aliran uap refrigeran dan lain sebagainya. Besarnya kalor per satuan massa refrigeran yang dilepaskan di kondenser dinyatakan sebagai:

$$q_c = h_2 - h_3$$

Dengan :

q_c = besarnya kalor yang dilepas kondenser (kJ/kg)

h_2 = entalpi refrigeran masuk kondenser (kJ/kg)

h_3 = entalpi refrigeran keluar kondenser (kJ/kg)

3. Proses Ekspansi (3-4)

Gas bertekanan tinggi lewat dari kompresor menuju kondenser. Refrigerasi untuk proses ini biasanya dicapai dengan

menggunakan udara atau air. Penurunan suhu lanjut terjadi pada kondensor dimana fase gas diubah ke fase cair, sehingga cairan refrigeran didinginkan ke tingkat lebih rendah ketika cairan ini menuju ekspansi valve [4]. Alat ekspansi yang digunakan dapat berupa TXV, pipa kapiler, AXV, EEV dan lain sebagainya. Dalam proses ini, entalpi cenderung konstan (isoentalpi) sehingga tidak terjadi proses penerimaan atau pelepasan energi.

$$h_3 = h_4$$

4. Proses Evaporasi (4-1)

Fluida refrigeran yang telah melakukan proses ekspansi lalu masuk menuju evaporator untuk mengalami proses evaporasi. Proses ini terjadi secara isobar (tekanan konstan) dan isothermal (temperatur konstan). Refrigeran berfasa campuran yang mayoritas berfasa cair bertekanan rendah akan menyerap kalor dari benda/bahan yang akan didinginkan sehingga refrigeran berubah fasa menjadi uap bertekanan rendah.

Besarnya kalor yang diserap oleh evaporator adalah :

$$q_e = h_1 - h_4$$

q_e = kalor yang diserap di evaporator (kJ/kg)

h_1 = entalpi keluaran evaporator (kJ/kg)

h_4 = entalpi masuk ke evaporator (kJ/kg)

Sedangkan penarikan kalor spesifik disebut efek refrigerasi, dinyatakan sebagai berikut : $q_e = h_1 - h_4$

Berdasarkan besaran-besaran diatas maka akan didapat prestasi siklus kompresi uap standar atau yang biasa disebut dengan COP (*Coefficient of Performance*) sistem. COP didapat dari perbandingan antara efek refrigerasi dengan kerja kompresi.

Untuk menghitung besarnya COP dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

- COP_{actual} adalah perbandingan efek refrigerasi terhadap kerja kompresi.

$$COP_{actual} = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} = \frac{q_e}{q_w}$$

- COP_{carnot} adalah perbandingan temperatur evaporasi dibandingkan dengan selisih temperatur kondensasi dan evaporasi.

$$COP_{carnot} = \frac{T_{evap}}{T_{kond} - T_{evap}}$$

- Efisiensi refrigerasi adalah perbandingan antara COP_{actual} dan COP_{carnot} .

$$efisiensi = \frac{COP_{actual}}{COP_{carnot}}$$

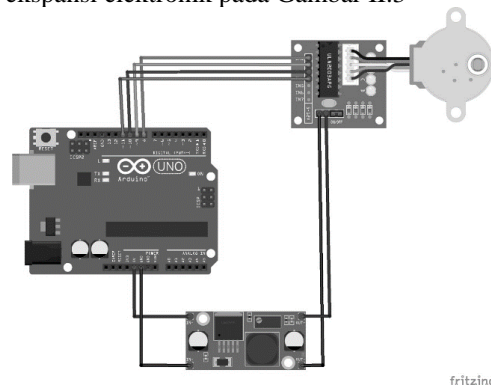
4.2 Penggunaan Electronic Expansion Valve (EEV)

EEV merupakan komponen alat ekspansi yang berfungsi untuk menurunkan tekanan dengan menggunakan bantuan elektronik. Katup Ekspansi Elektronik

(EEV) mampu mencapai kontrol aliran refrigeran yang sangat akurat dengan presisi dan kecepatan yang sangat tinggi. [5] Bukaan lubangnya dilakukan secara elektrik, bukan secara mekanis. Dalam hal ini, solenoida menghasilkan medan magnet yang menggerakkan batang katup ke arah lubang. Oleh karena itu, EEV memiliki waktu respons yang lebih rendah dan meningkatkan kontrol yang lebih stabil.

EEV ini juga dibantu dengan komponen lain yaitu arduino UNO. Arduino UNO merupakan sebuah board *mikrokontroler* yang disambungkan dengan data sheet. Board tersebut juga bisa berfungsi untuk mengatur bukaan berapa putaran magnet yang diinginkan untuk membuka katup ekspansi elektronik.

Berikut merupakan rangkaian untuk menyambungkan arduino dengan katup ekspansi elektronik pada Gambar II.3

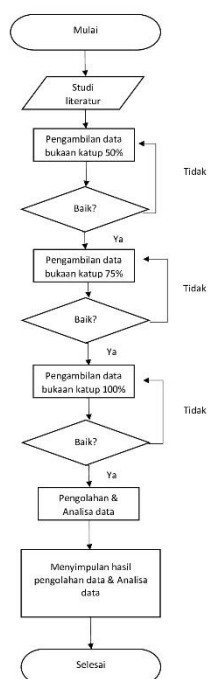


Gambar 3. Rangkaian katup ekspansi elektronik

Arduino UNO disambungkan dengan Modul *step up* DC yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dari arduino ke *coil* EEV. Dimana besaran keluaran arduino UNO adalah 5 volt, sedangkan besaran yang dibutuhkan EEV adalah 12 volt.

5. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut merupakan diagram alir dari penelitian yang dilakukan:



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan di ruang kelas laboratorium Tata Udara yang berada di Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung. Kapasitas pendinginan AC split yang digunakan pada pengujian ini adalah 1 PK dengan menggunakan R410a sebagai refrigeran, dengan lama pengambilan data hanya dilakukan selama 20 menit. Pengambilan data dilakukan dalam rentang waktu 3 detik, untuk sistem meliputi bukaan katup adalah 50%, 75%, dan 100%.

Berikut adalah metode pengambilan data sistem AC split adalah sebagai berikut:

1. Mengatur temperatur menggunakan *remote* pada 24 °C
2. Membuka katup ekspansi elektronik menggunakan Arduino UNO pada bukaan 100%
3. Nyalakan AC split
4. Pengambilan data dilakukan menggunakan Arduino UNO dengan rentang 3-4 detik sekali
5. Setelah selesai matikan AC split menggunakan *remot*.

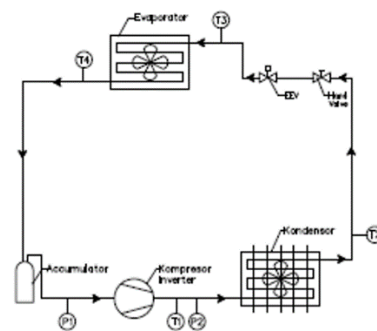
Setelah selesai, maka ganti bukaan katup ekspansi elektronik menggunakan Arduino uno menjadi 75%. Setelah itu diubah menjadi 50%.

Parameter yang diamati Ketika pengambilan data diantaranya:

- Tekanan *Discharge*

- Tekanan *Suction*
- Temperatur *Discharge*
- Temperatur *Out* evaporator
- Temperatur *In* evaporator
- Temperatur *Out* Kondenser
- Temperatur Lingkungan
- Arus

Berikut merupakan diagram pemipaan dan penempatan alat ukur untuk data-data yang dibutuhkan:



Gambar 5. Diagram Pemipaan dan Penempatan Alat Ukur

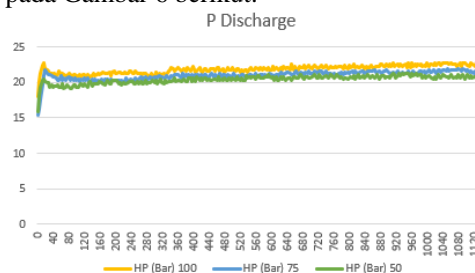
Alat ukur yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

- Sensor Arus (ACS 712 -20 A)
- Sensor Tekanan
- Sensor Temperatur

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1. Perbandingan Tekanan Discharge terhadap Waktu

Berikut merupakan grafik data pengukuran tekanan discharge dari setiap variasi *electronic expansion valve* seperti ditunjukkan pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Perbandingan Tekanan Discharge terhadap Waktu

Gambar 6 menunjukkan perbedaan tekanan *discharge* pada sistem dengan bukaan katup ekspansi elektronik yang berbeda. Pada tekanan *discharge* semua variasi bukaan mengalami fenomena yang sama, yaitu mencapai tekanan tertinggi terlebih dahulu kemudian besaran tekanan kembali menurun

serta mengalami kenaikan dan penurunan sampai dengan detik ke-1172.

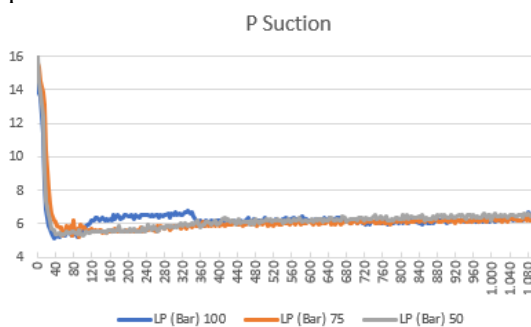
Pada bukaan katup 100%, tekanan discharge besaran nilai tertinggi tekanan yang dapat dicapai adalah 21,79 bar *gauge* pada detik ke-1076. Kemudian pada bukaan katup 75%, tekanan *discharge* besaran nilai tertinggi tekanan yang dapat dicapai adalah 20,94 bar *gauge* pada detik ke-1108. Sedangkan pada bukaan katup 50%, tekanan *discharge* besaran nilai tertinggi yang dapat dicapai adalah 20,33 bar *gauge* pada detik ke-948.

Sedangkan pada bukaan katup 100%, tekanan *discharge* besaran nilai tekanan terendah yang dapat dicapai adalah 19,65 bar *gauge* pada detik ke-124. Kemudian pada bukaan katup 75%, tekanan *discharge* besaran nilai tekanan terendah yang dapat dicapai adalah 19,04 bar *gauge* pada detik ke-164. Sedangkan pada bukaan katup 50%, tekanan *discharge* besaran nilai tekanan terendah yang dapat dicapai adalah 18,19 bar *gauge* pada detik ke-88.

Nilai tekanan *discharge* pada sistem AC split ini memiliki besaran yang berbanding lurus dengan bukaan katup, sehingga pada gambar grafik dapat dilihat bahwa bukaan katup 100% selalu di atas dibandingkan dengan bukaan katup 75% dan bukaan katup 50%.

6.2. Perbandingan Tekanan Suction terhadap Waktu

Berikut merupakan grafik data pengukuran tekanan suction dari setiap variasi *electronic expansion valve* seperti ditunjukkan pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Perbandingan Tekanan Suction terhadap Waktu

Gambar 7 menunjukkan perbedaan tekanan *suction* pada sistem dengan bukaan katup ekspansi elektronik yang berbeda. Pada tekanan *suction* semua variasi bukaan mengalami fenomena yang sama, yaitu mencapai tekanan terendah terlebih dahulu kemudian besaran tekanan kembali

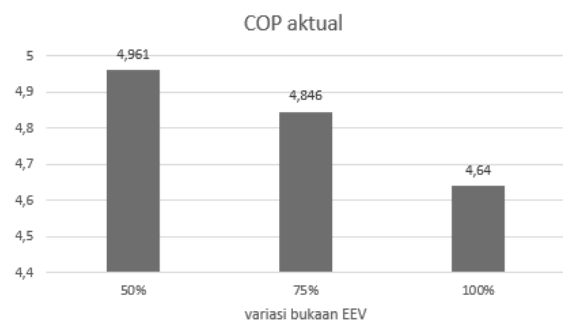
mengalami kenaikan selanjutnya mengalami kenaikan dan penurunan sampai dengan detik ke-1172.

Pada bukaan katup 100%, tekanan terendah yang dapat dicapai oleh sistem adalah 4,13 bar *gauge* pada detik ke-72. Kemudian pada bukaan katup 75%, tekanan terendah yang dapat dicapai oleh sistem adalah 4,28 bar *gauge* pada detik ke-84. Sedangkan pada bukaan katup 50%, tekanan terendah yang dapat dicapai oleh sistem adalah 4,35 bar *gauge* pada detik ke-64.

Sedangkan pada bukaan katup 100% tekanan tertinggi yang dapat dicapai oleh sistem adalah 5,82 bar *gauge* pada detik ke-1136. Kemudian pada bukaan katup 75% tekanan tertinggi yang dapat dicapai oleh sistem adalah 5,38 bar *gauge* pada detik ke-1108. Sedangkan pada bukaan katup 50% tekanan tertinggi yang dapat dicapai oleh sistem adalah 5,67 bar *gauge* pada detik ke-1172.

4.3 Perbandingan COP aktual terhadap Setiap Variasi Bukaan Katup Ekspansi

Berikut merupakan grafik data pengukuran COP actual dari setiap variasi *electronic expansion valve* seperti ditunjukkan pada Gambar 8 berikut:



Gambar 8. Perbandingan COP Aktual terhadap Variasi EEV

Gambar 8 menunjukkan perbedaan nilai besaran COP *actual* dari setiap bukaan katup ekspansi elektronik. Pada grafik terlihat bahwa nilai besaran COP *actual* memiliki nilai yang berbeda-beda dari variasi bukaan katup ekspansi elektronik.

Pada bukaan katup ekspansi elektronik 50% nilai COP *actual* yang didapat adalah 4,961. Kemudian untuk bukaan katup ekspansi elektronik 75% nilai yang didapat adalah 4,846. Sedangkan untuk bukaan katup ekspansi elektronik 100% nilai yang didapat adalah 4,64.

Dapat disimpulkan bahwa bukaan katup yang semakin menutup akan

menghasilkan COP *actual* yang semakin tinggi nilainya.

7. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada penelitian tugas akhir ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu sebagai berikut

Perbedaan bukaan katup ekspansi elektronik mempengaruhi nilai tekanan *discharge* dan *suction* dari suatu sistem AC split yang tidak berbeda jauh. Ketika menggunakan bukaan katup 50% nilai tekanan *discharge* mencapai 20,33 bar *gauge*. Ketika menggunakan bukaan katup 75% nilai tekanan *discharge* mencapai 20,94 bar *gauge*. Sedangkan ketika menggunakan bukaan katup 100% nilai tekanan *discharge* mencapai 21,79 bar *gauge*. Ketika menggunakan bukaan katup 50% nilai tekanan *suction* mencapai 4,35 bar *gauge*. Ketika menggunakan bukaan katup 75% nilai tekanan *suction* mencapai 4,28 bar *gauge*. Sedangkan ketika menggunakan bukaan katup 100% nilai tekanan *suction* mencapai 4,13 bar *gauge*.

Unjuk kerja yang dihasilkan sistem AC split setelah mencapai temperatur *discharge* tertinggi dengan variasi bukaan katup ekspansi elektronik yang dihasilkan ternyata memiliki perbedaan masing-masing. Ketika menggunakan bukaan katup 50% COP_{actual} yang dihasilkan sebesar 4,961. Ketika menggunakan bukaan katup 75% COP_{actual} yang dihasilkan sebesar 4,846. Sedangkan ketika menggunakan bukaan katup 100% COP_{actual} yang dihasilkan sebesar 4,640. Dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja yang baik untuk penggunaan EEV pada AC Split adalah bukaan katup pada 50%.

Saran dalam penelitian ini dapat dikembangkan dengan tambahan variasi putaran kompresor pada AC Split.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marsianus, "Pengaruh Penggunaan Pendingin Udara (AC) Terhadap Performa Mesin Pada Kendaraan Angkutan Barang Suzuki Mega Carry," Universitas Muhammadiyah Pontianak, 2014.
- [2] F. T. Knabben, A. F. Ronzoni, and C. J. L. Hermes, "Application of electronic expansion valves in domestic refrigerators," *International Journal of Refrigeration*, vol. 119, pp. 227–237, Nov. 2020.
- [3] Yunus A Cengel, "Thermodynamics, an Engineering Approach" 1994
- [4] Al Hasbi MM. Gritis, Budiarto. Untung, Amiruddin. Wilma, "Analisa Unjuk Kerja Desain Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Pada Kapal Ikan Ukuran 5 GT Di Wilayah Rembang" *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol. 4, No. 4, Okt. 2016.
- [5] T. S. S. Dantas, I. C. Franco, A. M. F. Fileti, F. V. Silva, "Dynamic linear of a refrigeration process with electronic expansion valve actuator," *International Journal of Refrigeration*, Jan. 2017.