

Simulasi Pengaruh Kenaikan Temperatur *Superheat* terhadap Kinerja AC Split dengan Refrigeran R-410a Menggunakan Aplikasi CoolPack

Mutiara Citra Lestari¹, Andriyanto Setyawan², Tandi Sutandi³

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : mutiara.citra.tptu416@polban.ac.id

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

³Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : ade.tandi@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan simulasi pengaruh kenaikan temperatur *superheat* pada kinerja AC split menggunakan aplikasi *coolpack* dengan mengasumsikan temperatur lingkungan 25°C, temperatur kondensasi 40°C, temperatur evaporasi 2°C dan 6°C, temperatur *superheat* 0-10 K serta efisiensi isentropik 0,4-1. Besaran-besaran yang diamati adalah kerja kompresor, beda entalpi kondenser, efek refrigerasi, koefisien kerja (COP) dan efisiensi mesin. Secara umum temperatur *superheat* ini berguna untuk menjaga refrigeran yang masuk ke kompresor 100% berfasa gas sehingga tidak menyebabkan liquid suction. Hasil dari simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa setiap kenaikan temperatur *superheat* 1 K akan mengakibatkan kenaikan nilai kerja kompresi (q_w) 0,59%-0,61%, kenaikan nilai beda entalpi kondenser (q_c) 0,56%, kenaikan nilai efek refrigerasi (q_e) 0,55%, penurunan nilai COP_{aktual} sebesar 0,04%-0,06% dan penurunan nilai efisiensi sistem sebesar 0,04%-0,06.

Kata Kunci

Superheat, kerja kompresor, beda entalpi kondenser, efek refrigerasi, COP, efisiensi

1. PENDAHULUAN

Teknologi mesin refrigerasi dan tata udara memegang peranan penting dalam kehidupan modern saat ini, baik dalam penggunaan untuk skala domestik, komersial maupun industri. Prinsip kerja mesin pendingin atau refrigerasi adalah proses memindahkan panas (kalor) dari suatu ruangan sehingga temperatur ruangan tersebut lebih rendah dari temperatur lingkungannya. Fluida kerja di dalam mesin pendingin disebut refrigerant, refrigeran menyerap panas dari suatu ruangan/lokasi dan membuangnya ke lokasi lain. Mesin pendingin yang paling banyak digunakan saat ini adalah mesin pendingin dengan siklus kompresi uap. Mesin pendingin siklus kompresi uap memiliki komponen utama yaitu kompresor, kondenser, evaporator dan katup ekspansi [6].

Perkembangan dan penerapan mesin pendingin pada perumahan maupun pada perkantoran saat ini mengalami peningkatan yang pesat. Saat ini para konsumen tidak hanya menginginkan udara yang sejuk dan nyaman tapi juga mulai memperhitungkan performa mesin tersebut. Nilai performa dapat dinyatakan dengan unjuk kerja. Dalam usaha untuk

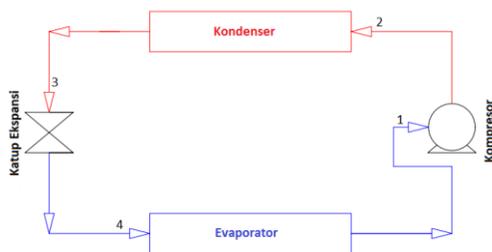
meningkatkan unjuk kerja mesin pendingin salah satunya dengan proses superheating. Disamping meningkatkan unjuk kerja, superheating juga bertujuan untuk menghindari kompresor dari blocking. Blocking adalah keadaan dimana pada ruang kompresi pada kompresor masih terdapat fluida cair sehingga piston tidak bisa mengkompresi fluida kerja secara maksimal dan bisa mengakibatkan kompresor rusak [5].

Pada penelitian ini dilakukan simulasi menggunakan aplikasi *coolpack* untuk mengetahui pengaruh kenaikan temperatur *superheat* terhadap kinerja sistem, dimana temperatur *superheat* divariasikan dari 0-10 K.

2. TINJAUAN PUSTAKA

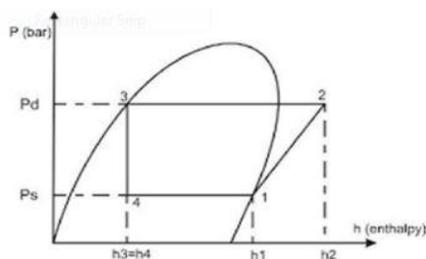
Air conditioner (AC) adalah alat yang digunakan untuk mengondisikan udara dalam ruangan sehingga mencapai kenyamanan termal. Pengondisian udara adalah proses memperlakukan udara sehingga dapat mengontrol temperatur, kelembaban, kebersihan dan distribusi udara secara bersamaan untuk memenuhi persyaratan ruang yang dikondisikan [1].

Mesin tata udara jenis split (*Split AC System*) merupakan salah satu jenis mesin tata udara yang paling mudah dijumpai penggunaannya di ruangan kantor atau ruangan komersial seperti hotel, restoran, dan toko-toko penjual kebutuhan. Jenis ini pada umumnya memiliki kapasitas pendinginan kecil sampai menengah. AC Split memiliki dua bagian utama, yakni indoor dan outdoor unit. Indoor unit dipasang di dalam ruangan yang dikondisikan, dan terdiri atas kipas dan koil evaporator. Outdoor unit atau dikenal sebagai condensing unit terletak di luar ruangan yang dikondisikan, dan terdiri atas kompresor dan kondenser [3].



Gambar 1. Siklus refrigerasi kompresi uap

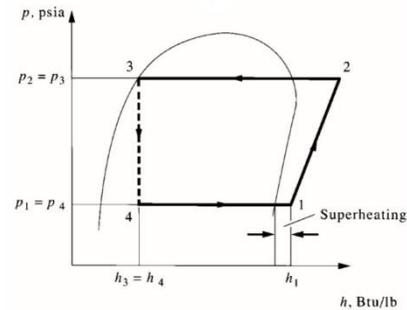
Prinsip kerja AC dalam mengondisikan udara ruangan menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap. Sistem refrigerasi kompresi uap memiliki komponen yang paling sederhana dibandingkan dengan sistem refrigerasi lainnya. Komponen utama pada sistem refrigerasi ini yaitu kompresor, kondenser, alat ekspansi, dan evaporator [2]. Gambar 2 dibawah ini menunjukkan skema dari sistem refrigerasi kompresi uap.



Gambar 2. Diagram P-h siklus refrigerasi kompresi uap

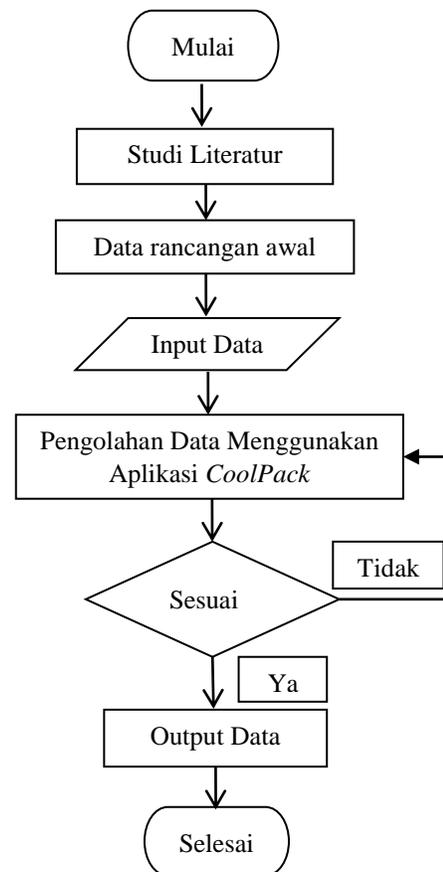
Proses *superheat* dimulai setelah refrigeran meninggalkan evaporator dan berlanjut sepanjang *suction line* sampai masuk ke kompresor. Adanya *superheating* pada *suction line* dapat berdampak positif maupun negatif. Dampak positif dari adanya *superheating* membuat fasa refrigeran yang akan masuk ke dalam *suction* kompresor adalah berfasa gas *superheat*. Fasa refrigeran dalam kondisi *superheat*

akan lebih aman dibandingkan dengan refrigeran dalam kondisi fasa campuran, karena fasa cair refrigeran dapat mengakibatkan kerusakan pada kompresor. Namun bila *superheating* terlalu tinggi akan menyebabkan tingginya suhu pada *discharge* kompresor, tingginya suhu *discharge* selain akan meningkatkan daya input juga akan mengurangi usia kompresor [4].



Gambar 3. Superheat pada diagram P-h

3. METODOLOGI



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen menggunakan aplikasi coolpack dengan asumsi

temperatur kondensasi 40°C, temperatur evaporasi 2°C dan 6°C, temperatur superheat 0-10 K, nilai efisiensi isentropik 0,4-1. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kenaikan temperatur superheat terhadap kinerja sistem. Kinerja sistem yang dimaksud adalah kerja kompresi, efek refrigerasi, beda entalpi kondenser, COP dan efisiensi.

Untuk mendapatkan kerja kompresi, efek refrigerasi, beda entalpi kondenser, COP dan efisiensi dapat menggunakan persamaan berikut :

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (1)$$

$$q_c = h_2 - h_4 \quad (2)$$

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (3)$$

$$COP_{aktual} = \frac{q_e}{q_w} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (4)$$

$$COP_{carnot} = \frac{T_e}{T_c - T_e} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana,

q_w = Kerja kompresi (kJ/kg)

q_c = Panas yang dilepas oleh kondenser (kJ/kg)

q_e = Efek refrigerasi (kJ/kg)

COP = Coefficient of performance

η = Efisiensi mesin (%)

h_1 = Entalpi saat refrigeran masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Entalpi saat refrigeran masuk kondenser (kJ/kg)

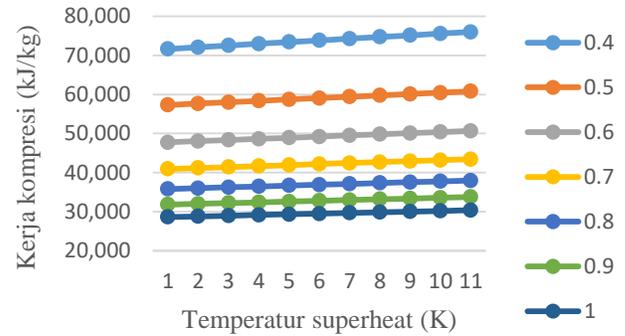
$h_3 = h_4$ = Entalpi saat masuk evaporator (kJ/kg)

T_e = Temperatur evaporasi °C

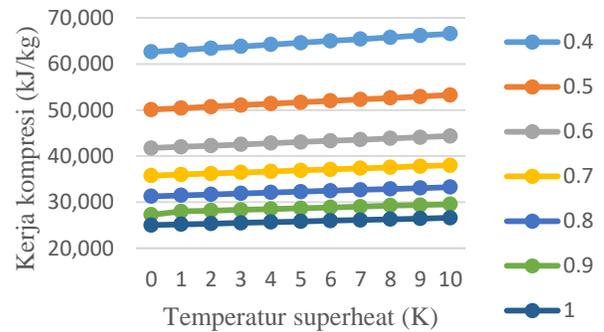
T_c = Temperatur kondensasi °C

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa, semakin tinggi temperatur Superheat maka kerja kompresi akan semakin naik hal tersebut dapat dilihat pada gambar 3.

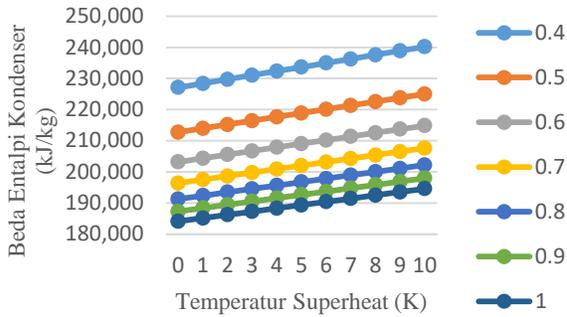


Gambar 5 Grafik pengaruh kenaikan temperatur superheat terhadap kerja kompresi dengan temperature evaporasi 2°C

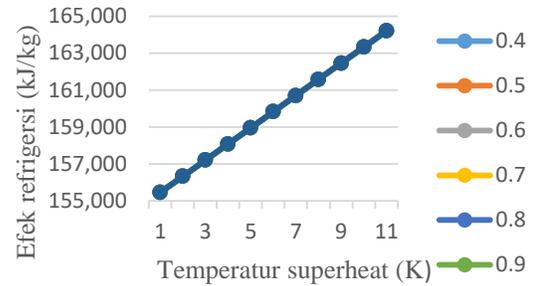


Gambar 6 Grafik pengaruh kenaikan temperatur superheat terhadap kerja kompresi dengan temperature evaporasi 6°C

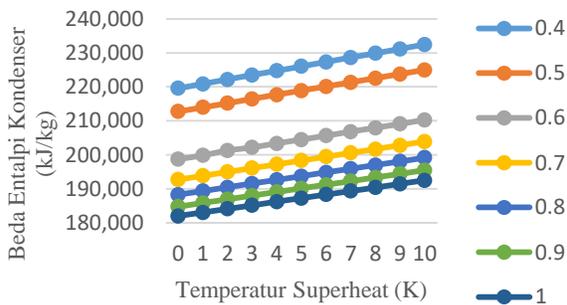
Dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6 pengaruh kenaikan temperatur *superheat* terhadap kerja kompresi. Dimana sumbu X merupakan variasi temperatur superheat yang dimulai dari 1 K hingga 10 K dengan range 1 K dan sumbu Y merupakan nilai kerja kompresi. Dapat dilihat Setiap kenaikan 1 K temperatur *superheat* membuat kerja kompresor bertambah 0,59%-0,61 %, kerja kompresi sendiri merupakan selisih antara entalpi masuk kondenser (h_2) dengan entalpi masuk kompresor (h_1) dengan naiknya temperatur *superheat* nilai dari h_1 dan h_2 akan semakin besar yang menyebabkan kerja kompresi bertambah.. Sedangkan dengan naiknya temperatur evaporasi dari 2°C menjadi 6°C dan semakin tingginya nilai efisiensi isentropik membuat penurunan pada kerja kompresi sebesar 14,30%. Penurunan tersebut terjadi karena nilai entalpi keluar kompresor (h_2) semakin turun. Dari persamaan $h_2 - h_1$, dengan nilai h_1 semakin tinggi dan nilai h_2 yang semakin turun maka didapatkan nilai kerja kompresi yang semakin menurun.



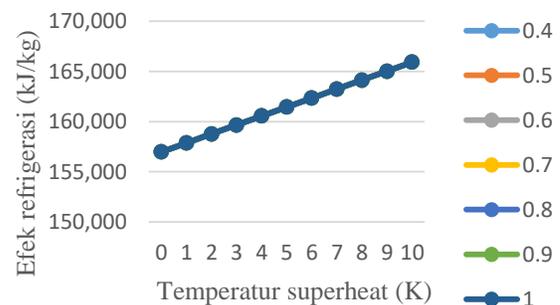
Gambar 7. Grafik pengaruh kenaikan temperatur superheat terhadap beda entalpi kondenser dengan temperatur evaporasi 2°C



Gambar 9 Grafik Pengaruh Temperatur Superheat terhadap Efek Refrigerasi dengan temperatur evaporasi 2°C



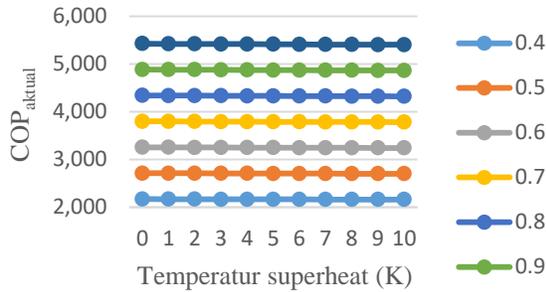
Gambar 8. Grafik pengaruh kenaikan temperatur superheat terhadap beda entalpi kondenser dengan temperatur evaporasi 6°C



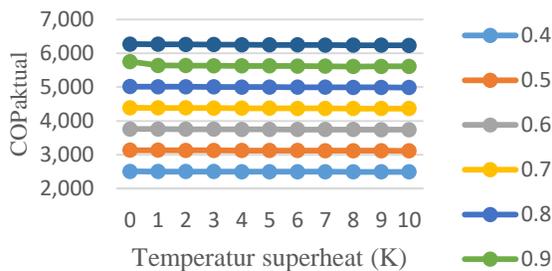
Gambar 10 Grafik pengaruh temperatur superheat terhadap efek refrigerasi dengan temperatur evaporasi 6°C

Gambar 7 dan 8 menunjukkan pengaruh kenaikan temperatur *superheat* terhadap beda entalpi kondenser. Pada gambar tersebut sumbu x merupakan nilai temperatur *superheat* yang dimulai dengan 1 K hingga 10 K dengan range 1 K dan sumbu y merupakan nilai beda entalpi kondenser. Dari hasil simulasi yang ditampilkan pada grafik menunjukkan semakin tinggi temperatur *superheat* maka semakin tinggi pula beda entalpi kondenser, setiap kenaikan 1 K temperatur *superheat* membuat nilai beda entalpi kondenser naik 0,56%. Beda entalpi kondenser dapat diperoleh dari persamaan h_2-h_3 , kenaikan temperatur *superheat* berdampak pada semakin tingginya nilai h_2 , dengan nilai h_2 yang semakin tinggi dan nilai h_3 tetap maka beda entalpi kondenser akan semakin besar. Namun, dengan naiknya temperatur evaporasi dari 2°C menjadi 6°C dan naiknya efisiensi isentropik 0,4-1 membuat nilai beda entalpi kondenser turun sebesar 2,02%. Hal ini disebabkan karena pada diagram P-h terjadi penurunan nilai entalpi masuk kondenser (h_2). Dengan menggunakan persamaan h_2-h_3 dimana h_2 nilainya semakin kecil dan nilai h_3 tetap maka nilai beda entalpi kondenser akan semakin kecil.

Dua grafik diatas (Gambar 9 dan 10) menunjukkan hasil dari semakin tinggi temperatur *superheat* dan temperatur evaporasi maka semakin besar efek refrigerasi yang dihasilkan. Sumbu X pada dua gambar diatas merupakan variasi temperatur *superheat* yang dimulai dari 1 K sampai 10 K dengan range 1 K dan sumbu Y pada gambar merupakan nilai efek refrigerasi. Setiap kenaikan temperatur *superheat* 1 K membuat nilai efek refrigerasi naik sebesar 0,55%-0,56% dan dengan naiknya temperatur evaporasi membuat nilai efek refrigerasi naik sebesar 1%. Kenaikan ini disebabkan karena dengan bertambahnya temperatur *superheat* dan temperatur evaporasi akan terlihat pada diagram P-h nilai entalpi masuk kompresor (h_1) semakin besar. Nilai efek refrigerasi (q_c) sendiri diperoleh dari persamaan h_1-h_4 dengan nilai h_1 yang semakin tinggi dan nilai h_4 tetap maka nilai dari efek refrigerasi akan semakin besar. Namun bertambahnya nilai efisiensi isentropik tidak berpengaruh pada nilai efek refrigerasi sehingga pada grafik hanya terlihat satu garis lurus meskipun nilai efisiensi isentropik bervariasi.

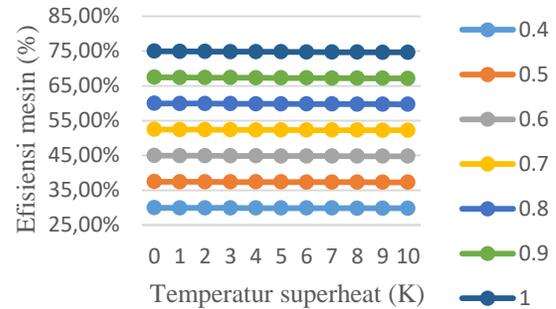


Gambar 11. Grafik pengaruh temperatur superheat terhadap COP_{aktual} dengan temperatur evaporasi 2°C

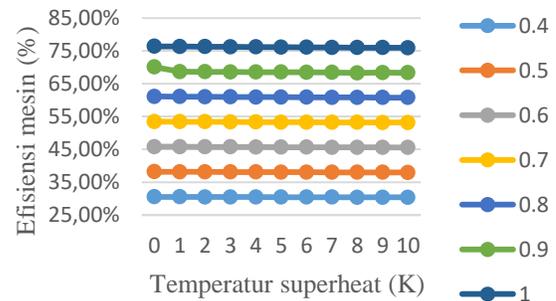


Gambar 12. Grafik pengaruh temperatur superheat terhadap COP_{aktual} dengan temperatur evaporasi 6°C

Pada gambar 11 dan 12 merupakan grafik pengaruh kenaikan temperatur *superheat* terhadap nilai COP_{aktual}. Sumbu x pada gambar merupakan nilai temperatur *superheat* yang dimulai dari 0 K sampai 10 K dengan range 1 K dan sumbu y merupakan nilai COP_{aktual}. Setiap kenaikan temperatur *superheat* 1 K akan terjadi penurunan nilai COP_{aktual} sebesar 0,04%-0,06% sedangkan dengan naiknya temperatur evaporasi dan naiknya efisiensi isentropik membuat nilai COP_{aktual} naik sebesar 13,39%. Nilai COP sendiri didapat dari pembagian nilai efek refrigerasi (q_e) dan nilai kerja kompresi (q_w). Dengan bertambahnya temperatur *superheat* maka akan berdampak pada naiknya kerja kompresi (q_w) dan naiknya kerja kompresi akan berpengaruh pada turunya nilai COP_{aktual} karena faktor pembagi (kerja kompresi) cenderung naik sedangkan faktor pembilang (efek refrigerasi) nilainya tetap. Dan telah diketahui bahwa kenaikan temperatur evaporasi berdampak pada naiknya efek refrigerasi dan turunya kerja kompresi karena faktor pembagi (kerja kompresi) cenderung turun sedangkan faktor pembilang (efek refrigerasi) cenderung naik, maka COP_{aktual} akan mengalami kenaikan.



Gambar 13. Grafik pengaruh temperatur superheat terhadap efisiensi mesin dengan temperatur evaporasi 2°C



Gambar 14. Grafik pengaruh temperatur superheat terhadap efisiensi mesin dengan temperatur evaporasi 6°C

Gambar 13 dan gambar 14 menunjukkan pengaruh kenaikan temperatur superheat terhadap efisiensi mesin. Sumbu x pada gambar merupakan nilai temperatur superheat yang dimulai dari 0 K sampai 10 K dengan range 1 K dan sumbu y merupakan nilai efisiensi mesin dalam (%). Setiap 1 K kenaikan temperatur superheat mengakibatkan turunya nilai efisiensi mesin sebesar 0,04%-0,06%. Sedangkan dengan naiknya temperatur evaporasi dari 2°C menjadi 6°C membuat efisiensi mesin naik sebesar 1,79%. Efisiensi sistem sendiri diperoleh dari pembagian COP_{aktual} dengan COP_{carnot}. Telah diketahui pula kenaikan temperatur *superheat* mengakibatkan turunya nilai COP_{aktual}, dengan naiknya COP_{aktual} dan COP_{carnot} konstan maka nilai efisiensi sistem akan semakin kecil. Dan kenaikan temperatur evaporasi mengakibatkan naiknya nilai COP_{aktual}, dengan naiknya nilai COP_{aktual} dan COP_{carnot} konstan maka efisiensi sistem akan semakin tinggi.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakuka dapat dikatakan bahwa semakin tinggi temperatur superheat akan menaikkan nilai entalpi masuk kompresor (h_1) dan nilai entalpi masuk kondenser (h_2). Kenaikan pada nilai entalpi ini juga berdampak pada naiknya kerja kompresi, efek refrigerasi, beda entalpi kondenser, menurunnya nilai COP dan menurunnya nilai efisiensi mesin.

Setiap kenaikan temperatur *superheat* 1 K akan mengakibatkan kenaikan nilai entalpi masuk kompresor (h_1) sebesar 0,20%-0,21%, kenaikan nilai entalpi masuk kondenser (h_2) sebesar 0,24%, kenaikan nilai kerja kompresi (q_w) 0,59%-0,61%, kenaikan nilai beda entalpi kondenser (q_c) 0,56%, kenaikan nilai efek refrigerasi (q_e) 0,55%, penurunan nilai COP_{aktual} sebesar 0,04%-0,06% dan penurunan nilai efisiensi sistem sebesar 0,04%-0,06.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Althouse, Andrew D. 2004 Modern Refrigeration and Air Conditioning, hlm 727. Bracciano : The Coodheart-Wittcox Company Inc.
- [2] Dossat, Roy J. 1981 Principle of Refrigeration and Air Conditioning Second Edition. Jhon Willey and Sons, New York.
- [3] Setyawan, Andriyanto dan M.Nuriyadi. "Kajian Pemanfaatan Kondensat Hasil Pengembunan pada Evaporator Untuk Menghemat Energi Pada AC Split Kapasitas 1 PK". Jurnal RACE. 3(2). 316. 2009
- [4] Sumeru, K.2018. *Subcooling* pada Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.
- [5] Prabowo, Lendy. "Pengaruh Variasi Tingkat Superheating pada Evaporator terhadap Unjuk Kerja Instalasi AC". Universitas Brawijaya. 2012
- [6] Rasta, I Made dan Putu Wijaya Sunu. "Pengaruh Superheat Terhadap Performansi Sistem Air Conditioning Jenis Water Chiller". Politeknik Negeri Bali. 2017