

**ANALISIS TEORITIS PENGARUH *SUCTION GAS HEAT EXCHANGER* DAN  
TEMPERATUR *SUBCOOLING* TERHADAP KINERJA REFRIGERATOR**

**Thomas P. Angelo<sup>1</sup>, Matheus M. Dwinanto<sup>2</sup> dan Verdy A. Koehuan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, FST, Universitas Nusa Cendana, Kupang*  
Email: *nosterangelo97@gmail.com*

<sup>2</sup>*Dosen program studi Teknik Mesin, FST, Universitas Nusa Cendana, Kupang*  
Email: *matheus.dwinanto@staf.undana.ac.id*

**ABSTRAK**

Makalah ini membahas studi teoritis tentang pengaruh *suction gas heat exchanger* (SGHX) dan temperatur *subcooling* terhadap kinerja refrigerator yang beroperasi berdasarkan siklus refrigerasi kompresi uap. Analisis pengaruh SGHX dan temperatur *subcooling* dilakukan menggunakan *software CoolPack* versi 1.50. Temperatur *subcooling* yang divariasikan adalah 0 – 5 Kelvin, dan parameter kinerja system yang dianalisis adalah laju aliran massa refrigeran, pelepasan kalor di kondensor, daya kompresor, dan koefisien kinerja sistem. Hasil analisis untuk penyerapan kalor di evaporator dipertahankan konstan menunjukkan bahwa dengan meningkatnya temperatur *subcooling* kondensor maka laju aliran massa refrigeran akan semakin menurun sehingga berdampak langsung pada berkurangnya daya kompresor dan pelepasan kalor di kondensor, sehingga akan meningkatkan kinerja sistem.

Kata kunci: SGHX, temperatur *subcooling*, koefisien kinerja.

Author : Thomas P. Angelo, Matheus M. Dwinanto dan Verdy A. Koehuan

**1. PENDAHULUAN**

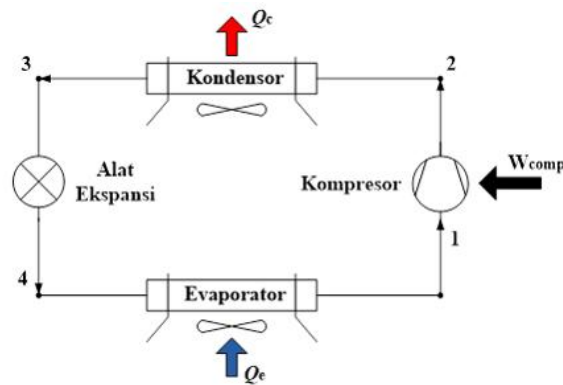
Kinerja sebuah refrigerator dan pengkondisian udara (*air conditioning*) yang menggunakan siklus kompresi uap bergantung pada beberapa faktor, diantaranya temperatur dan kelembaban lingkungan, beban kalor pendinginan, perpindahan kalor di kondenser dan evaporator, serta temperatur *subcooling* dan *superheating*. Salah satu cara yang dipercaya dapat meningkatkan kinerja refrigerator adalah dengan menambahkan *suction gas heat exchanger* atau *internal heat exchanger* (atau *liquid-to-suction heat exchanger*). Untuk itu berbagai upaya telah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti yang dilakukan oleh Mota-Babiloni, dkk. (2015) yang melakukan analisis *drop-in* pengaruh *internal heat exchanger* (IHX) terhadap kinerja sistem refrigerasi kompresi uap dengan menggunakan refrigeran ramah lingkungan R1234ze(E) dan R450A sebagai refrigeran alternatif pengganti R134a. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan temperatur kondensasi dan evaporasi dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa IHX memiliki pengaruh positif pada efisiensi energi untuk semua refrigeran yang diuji. Koefisien kinerja menggunakan R1234ze(E) adalah yang tertinggi dan peningkatan temperatur keluaran R1234ze(E) dan R450A lebih rendah daripada R134a sehingga tidak mencapai nilai berbahaya dan penurunan tekanan IHX juga di bawah daripada R134a.

Setyawan dan Prasetyo (2016) yang melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *liquid-to-suction heat exchanger* terhadap kinerja mesin refrigerasi pada berbagai temperatur evaporasi. Mereka melaporkan bahwa secara umum LSHX bekerja lebih efektif pada tekanan dan temperatur evaporasi yang rendah. Dengan LSHX, temperatur refrigeran cair dapat diturunkan dari 4°C menjadi 8°C. Pengurangan temperatur meningkatkan kapasitas dan koefisien kinerja hingga 16% dan hasil eksperimen menunjukkan efektivitas LSHX berkisar dari 0,18 hingga 0,25. Semakin rendah temperatur evaporasi, semakin tinggi efektivitas LSHX. Namun, temperatur *subcooling* dan *superheating* harus dibatasi pada nilai tertentu untuk mengontrol kompresor dalam kondisi operasi yang aman. Pada tahun 2018 Setyawan melakukan studi eksperimental tentang pengaruh LSHX terhadap kinerja AC split menggunakan R22 dengan variasi temperatur evaporasi dari -5°C hingga 4°C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan LSHX meningkatkan temperatur *superheat*, temperatur buang, dan tekanan buang. Juga ditunjukkan bahwa LSHX tidak memiliki efek signifikan terhadap kapasitas pendinginan dan meningkatkan kerja kompresi, menghasilkan COP dan EER yang lebih rendah. Ini menandakan bahwa LSHX hanya berguna untuk operasi kompresor yang aman daripada untuk meningkatkan kinerja pendinginan.

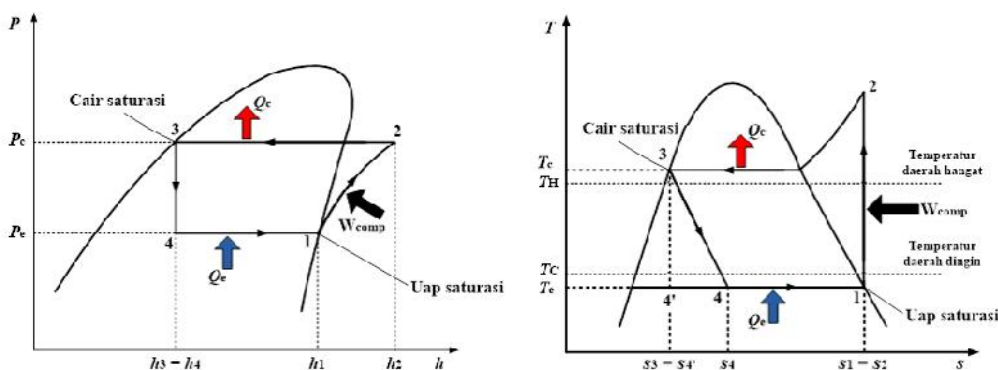
Salah satu parameter yang mempengaruhi kinerja refrigerator yang beroperasi berdasarkan siklus refrigerasi kompresi uap adalah temperatur *subcooling* di kondensor. *Subcooling* merupakan proses pendinginan cairan refrigeran di bawah temperatur kondensasi. *Subcooling* memberikan 100% cairan refrigeran untuk masuk ke alat ekspansi, dan mencegah gelembung uap yang menghalangi aliran refrigeran melalui katup ekspansi. Jika *subcooling* disebabkan oleh metode perpindahan kalor eksternal ke siklus refrigerasi, pengaruh refrigeran terhadap sistem akan meningkat karena cairan *subcooled* mempunyai entalpi yang lebih sedikit daripada cairan jenuh. *Subcooling* berhasil dicapai dengan mendinginkan pipa cairan di sistem menggunakan temperatur sistem yang lebih tinggi. Pottker dan Hrnjak (2015) melakukan studi teoritis pengaruh temperatur *subcooling* kondensor terhadap kinerja sistem refrigerasi kompresi uap dengan menggunakan beberapa refrigeran ramah lingkungan. Hadya (2016) melakukan analisis kinerja sistem refrigerasi kompresi uap sebagai akibat pengaruh temperatur *subcooling* dan *superheating* dari tiga refrigeran berbeda yang diterapkan di pengkondisian udara, sedangkan Karakurt dkk. (2016) melakukan analisis *exergetic* dan ekonomi di sistem refrigerasi kompresi uap sebagai akibat pengaruh temperatur *subcooling* dan *superheating*. Sasongko (2017) menganalisis kinerja mesin refrigerasi kompresi uap pada beberapa variasi *superheating* dan *subcooling* sedangkan Suparmin, dkk. (2017) meneliti pengaruh derajat temperatur *subcooling* terhadap kinerja refrigerasi dengan menggunakan refrigeran CFC, HFC, dan hidrokarbon. Studi parameter pengaruh temperatur *subcooling* kondensor tipe *wire-on-tube* terhadap kinerja sistem refrigerasi kompresi uap telah dilakukan oleh Azzouri, dkk. (2017).

Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan siklus yang paling banyak digunakan oleh sistem refrigerasi dan pengkondisian udara. Pada siklus ini uap refrigeran (freon) dikompresi di dalam kompresor, dan kemudian diembunkan menjadi cairan di dalam kondensor, lalu tekanan cairan refrigeran diturunkan di dalam alat ekspansi (pipa kapiler atau katup ekspansi) agar refrigeran dalam bentuk cair tersebut selanjutnya dapat menguap di dalam evaporator.

Komponen-komponen utama sistem refrigerasi yang menggunakan siklus kompresi uap dapat dilihat pada Gambar 1, sedangkan proses-proses yang membentuk siklus kompresi uap standar dapat dilihat pada diagram tekanan-entalpi (*P-h*) dan temperatur-entropi (*T-s*) dalam Gambar 2. Proses-proses yang membentuk siklus kompresi uap standar yaitu (a) Proses 1-2: kompresi isentropik refrigeran dari kondisi 1 hingga mencapai tekanan kondensor pada kondisi 2; (b) Proses 2-3: perpindahan kalor dari refrigeran ketika mengalir pada tekanan konstan melalui kondensor. Refrigeran keluar berupa cairan pada kondisi 3. (c) Proses 3-4: proses trotel di alat ekspansi dari kondisi 3 ke campuran dua fase cair-uap pada kondisi 4. Proses ini terjadi pada entalpi konstan. (d) Proses 4-1: perpindahan kalor ke refrigeran ketika mengalir pada tekanan konstan melalui evaporator untuk menyelesaikan siklus tersebut.



Gambar 1. Komponen-komponen utama siklus refrigerasi kompresi uap



Gambar 2. Diagram  $P-h$  dan  $T-s$  siklus kompresi uap

## 2. METODE PENELITIAN

Analisis pengaruh *suction-gas heat exchanger* dan temperatur *subcooling* dilakukan menggunakan *software CoolPack* versi 1.50. Refrigeran yang digunakan sistem refrigrasi adalah R600a. Beberapa parameter yang dianalisis dan asumsi yang digunakan disajikan dalam Tabel 1 dan temperatur *subcooling*,  $T_{SC}$  yang divariasikan yaitu 0 – 5 Kelvin (0 – 5°C).

Tabel 1. Parameter analisis dan asumsi

Parameter	Nilai
Kapasitas refrigerasi, $Q_E$	0,2 kW
Temperatur evaporasi, $T_E$	-5°C
Temperatur kondensasi, $T_C$	40°C
Temperatur superheating, $T_{SH}$	5 K
Efisiensi isentropik kompresor, $\eta_{IS}$	0,7 (atau 70%)

Parameter penting yang dianalisis adalah laju aliran massa refrigeran, pelepasan kalor di kondensor, daya kompresor, dan koefisien kinerja sistem. Pada saat refrigeran melewati evaporator, perpindahan kalor dari ruang yang didinginkan menghasilkan penguapan refrigeran, maka laju perpindahan kalor di evaporator adalah:

$$Q_E = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (1)$$

di mana  $\dot{m}$  adalah laju aliran massa refrigeran. Laju perpindahan kalor  $Q_L$  dapat disebut sebagai kapasitas refrigerasi. Refrigeran yang meninggalkan evaporator dikompresikan ke tekanan dan temperatur yang relatif tinggi oleh kompresor. Dengan asumsi tidak ada perpindahan kalor ke atau dari kompresor, maka daya kompresor adalah:

$$W_{CP} = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad (2)$$

Selanjutnya, refrigeran melalui kondensor, di mana refrigeran terkondensasi dan terjadi perpindahan kalor dari refrigeran ke lingkungan sekitarnya yang lebih dingin. Laju perpindahan kalor dari refrigeran adalah:

$$Q_C = \dot{m}(h_2 - h_3) \quad (3)$$

Akhirnya, refrigeran pada kondisi 3 memasuki katup ekspansi dan berekspansi hingga mencapai tekanan evaporator. Proses ini biasanya dimodelkan sebagai proses trotel (pencekikan) dengan

$$h_4 = h_3 \quad (4)$$

Di dalam sistem kompresi uap, masukan daya netto (daya bersih) sebanding dengan daya kompresor, karena alat ekspansi tidak melibatkan masukan atau keluaran daya. Dengan menggunakan persamaan-persamaan yang diperkenalkan di atas, maka koefisien prestasi ( $COP$ ) untuk sistem refrigrasi kompresi uap dari Gambar 3.1 adalah:

$$COP = \frac{Q_E}{W_{CP}} \quad (5)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis kinerja refrigerator dengan penambahan SGHX dan tanpa SGHX pada berbagai variasi temperatur *subcooling* menggunakan perangkat lunak *CoolPack* 1.50. Parameter-parameter yang dibutuhkan dan contoh isian serta hasil perhitungan untuk spesifikasi siklus dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

CYCLE SPECIFICATION							
TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES		SUCTION GAS HEAT EXCHANGER		REFRIGERANT	
$T_E$ [°C]:	-5.0	$U_{TSH}$ [K]:	5	$U_{PSL}$ [K]:	0.5	No SGHX	
$T_C$ [°C]:	40.0	$U_{TSC}$ [K]:	5	$U_{PDL}$ [K]:	0.5	R600a	
CYCLE CAPACITY							
Cooling capacity $\dot{Q}_E$ [kW]	0.2	$\dot{Q}_E$ : 0.2 [kW]	$\dot{Q}_C$ : 0.2546 [kW]	$\dot{m}$ : 0.0007555 [kg/s]	$\dot{V}_S$ : 0.78 [m <sup>3</sup> /h]		
COMPRESSOR PERFORMANCE							
Isentropic efficiency $\eta_{IS}$ [-]	0.7	$\gamma_{IS}$ : 0.700 [-]	$\dot{W}$ : 0.05896 [kW]				
COMPRESSOR HEAT LOSS							
Heat loss factor $f_Q$ [%]	10	$f_Q$ : 10.0 [%]	$T_2$ : 50.5 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$ : 0.005896 [kW]			
SUCTION LINE							
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]	1.0	$\dot{Q}_{SL}$ : 1 [W]	$T_8$ : 1.0 [°C]	$U_{TSH,SL}$ : 1.0 [K]			

		COP: 3.392	COP*: 3.415
--	--	------------	-------------

Gambar 3. Contoh isian dan hasil perhitungan untuk  $T_{SC} = 5$  K tanpa SGHX

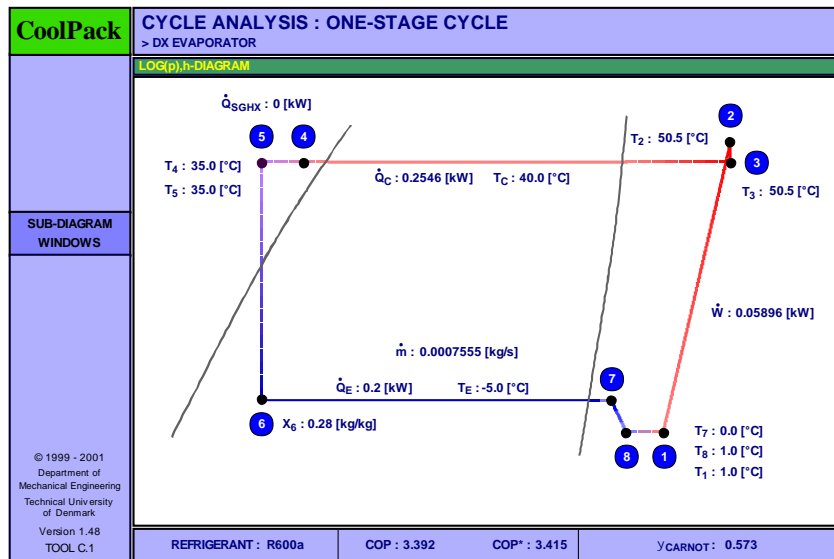
Gambar 3 merupakan contoh isian dan hasil yang diperoleh untuk spesifikasi siklus dengan  $T_{SC} = 5$  K tanpa SGHX. Beberapa parameter tidak mengalami perubahan dan sesuai dengan format asli perangkat lunak seperti kerugian tekanan (*pressure losses*), kualitas uap keluar evaporator (*quality out of evaporator*), rugi kalor kompresor (*compressor heat loss*), dan sisi hisap (*suction line*). Sedangkan Gambar 4 merupakan contoh isian dan hasil yang diperoleh untuk spesifikasi siklus dengan  $T_{SC} = 5$  K menggunakan SGHX, dengan efisiensi termal SGHX 0,3 (30%).

CYCLE SPECIFICATION							
TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES		SUCTION GAS HEAT EXCHANGER		REFRIGERANT	
$T_E$ [°C]:	-5.0	$U_{TSH}$ [K]:	5	$U_{PSL}$ [K]:	0.5	Thermal efficiency $\eta_T$ 0.30	
$T_C$ [°C]:	40.0	$U_{TSC}$ [K]:	5	$U_{PDL}$ [K]:	0.5	R600a	
CYCLE CAPACITY							
Cooling capacity $\dot{Q}_E$ [kW]	0.2	$\dot{Q}_E$ : 0.2 [kW]	$\dot{Q}_C$ : 0.2538 [kW]	$\dot{m}$ : 0.0007111 [kg/s]	$\dot{V}_S$ : 0.77 [m <sup>3</sup> /h]		
COMPRESSOR PERFORMANCE							
Isentropic efficiency $\eta_{IS}$ [-]	0.7	$\gamma_{IS}$ : 0.700 [-]	$\dot{W}$ : 0.05802 [kW]				
COMPRESSOR HEAT LOSS							
Heat loss factor $f_Q$ [%]	10	$f_Q$ : 10.0 [%]	$T_2$ : 60.6 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$ : 0.005802 [kW]			
SUCTION LINE							
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]	1.0	$\dot{Q}_{SL}$ : 1 [W]	$T_8$ : 1.0 [°C]	$U_{TSH,SL}$ : 1.0 [K]			

		COP: 3.447	COP*: 3.472
--	--	------------	-------------

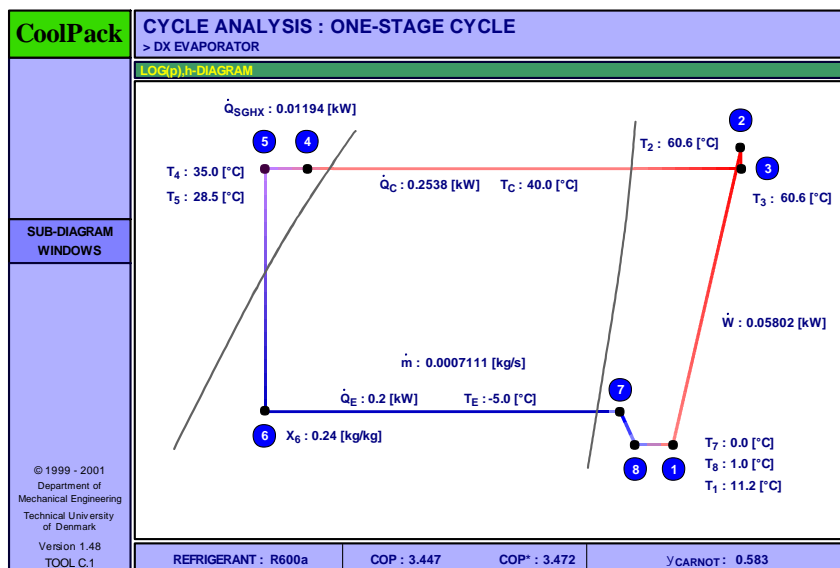
Gambar 4. Contoh isian dan hasil perhitungan untuk  $T_{SC} = 5$  K dengan SGHX

Gambar 5 merupakan hasil analisis siklus satu tingkat (*one-stage*) tanpa SGHX dengan evaporator yang digunakan adalah jenis dx evaporator. Gambar ini juga menunjukkan temperatur pada masing-masing tingkat keadaan, di mana terlihat bahwa pada temperatur kondensasi  $T_C = 40^\circ\text{C}$  dan  $T_{SC} = 5$  K maka temperatur refrigeran dalam keadaan *subcooling* saat keluar kondensor adalah  $35,0^\circ\text{C}$  ( $T_4 = 35,0^\circ\text{C}$ ). Kualitas uap refrigeran setelah melewati alat ekspansi adalah 0,28 ( $x_6 = 0,28$ ). Untuk temperatur evaporasi  $T_E = -5^\circ\text{C}$  laju aliran massa refrigeran dalam keadaan dua fase selama proses penyerapan kalor di evaporator adalah 0,00075 kg/s ( $m_E = 0,00075$  kg/s) dan kalor yang diserap selama proses ini berlangsung adalah 0,2 kW ( $Q_E = 0,2$  kW). Temperatur refrigeran saat meninggalkan evaporator dan sebelum memasuki kompresor adalah  $1,0^\circ\text{C}$  ( $T_8 = 1,0^\circ\text{C}$ ). Selama proses kompresi besar daya yang dibutuhkan agar proses ini dapat berlangsung adalah 0,05896 kW ( $W_{CP} = 0,05896$  kW) dan temperatur refrigeran saat meninggalkan kompresor adalah  $50,5^\circ\text{C}$  ( $T_3 = 50,5^\circ\text{C}$ ). Untuk temperatur kondensasi  $T_C = 40,0^\circ\text{C}$  besar kalor yang dilepaskan selama proses ini berlangsung di kondensor adalah 0,2546 kW ( $Q_C = 0,2546$  kW).

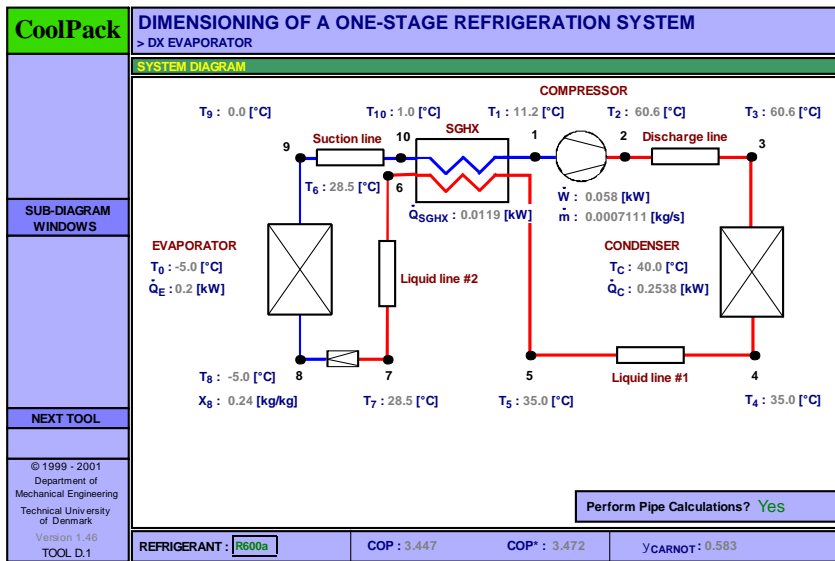


Gambar 5. Diagram tingkat keadaan siklus satu tingkat untuk  $T_{SC} = 5\text{ K}$  tanpa SGHX

Gambar 6 merupakan hasil analisis siklus satu tingkat (*one-stage*) menggunakan SGHX dengan efisiensi termal 0,3 (30%) dan evaporator yang digunakan adalah jenis dx evaporator. Gambar ini juga menunjukkan temperatur pada masing-masing tingkat keadaan, di mana terlihat bahwa pada temperatur kondensasi  $T_C = 40^\circ\text{C}$  dan  $T_{SC} = 5\text{ K}$  maka temperatur refrigeran dalam keadaan *subcool* saat keluar kondensor adalah  $35,0^\circ\text{C}$  ( $T_4 = 35,0^\circ\text{C}$ ). Kualitas uap refrigeran setelah melewati alat ekspansi adalah  $0,28$  ( $x_6 = 0,28$ ). Untuk temperatur evaporasi  $T_E = -5^\circ\text{C}$  laju aliran massa refrigeran dalam keadaan dua fase selama proses penyerapan kalor di evaporator adalah  $0,0007111\text{ kg/s}$  ( $\dot{m}_E = 0,0007111\text{ kg/s}$ ) dan kalor yang diserap selama proses ini berlangsung adalah  $0,2\text{ kW}$  ( $Q_E = 0,2\text{ kW}$ ). Temperatur refrigeran saat meninggalkan evaporator adalah  $1,0^\circ\text{C}$  ( $T_8 = 1,0^\circ\text{C}$ ) sedangkan temperatur refrigeran sebelum memasuki kompresor adalah  $11,2^\circ\text{C}$  ( $T_1 = 11,2^\circ\text{C}$ ), di mana terjadi kenaikan temperatur uap refrigeran sebesar  $10,2^\circ\text{C}$ . Selama proses kompresi, besar daya yang dibutuhkan agar proses ini dapat berlangsung adalah  $0,05802\text{ kW}$  ( $W_{CP} = 0,05802\text{ kW}$ ) dan temperatur refrigeran saat meninggalkan kompresor adalah  $60,5^\circ\text{C}$  ( $T_3 = 60,6^\circ\text{C}$ ). Untuk temperatur kondensasi  $T_C = 40,0^\circ\text{C}$  besar kalor yang dilepaskan selama proses ini berlangsung di kondensor adalah  $0,2538\text{ kW}$  ( $Q_C = 0,2538\text{ kW}$ ).

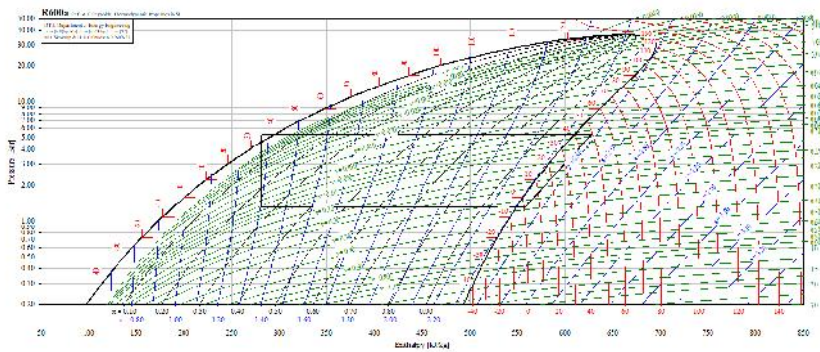


Gambar 6. Diagram tingkat keadaan siklus satu tingkat untuk  $T_{SC} = 5\text{ K}$  dengan SGHX



Gambar 7. Diagram skematik siklus satu tingkat untuk  $T_{SC} = 5$  K dengan SGHX

Gambar 7 dan 8 menunjukkan diagram skematik refrigeratör yang menggunakan SGHX dan diagram tekanan-entalpi (P-h). Tabel 1 dan 2 merupakan hasil analisis kinerja refrigeratör yang tanpa SGHX dan dengan menggunakan SGHX dengan variasi temperatur *subcooling* adalah 0 – 5 K. Hasil analisis teoritis ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya temperatur *subcooling* maka laju aliran massa refrigeran akan berkurang selama proses berlangsung, dan untuk refrigeratör dengan menggunakan SGHX, laju aliran massa refrigerannya lebih rendah rata-rata 5,3% dibandingkan dengan tanpa menggunakan SGHX (Gambar 9).



Gambar 8. Diagram tekanan-entalpi refrigeratör untuk  $T_{SC} = 5$  K

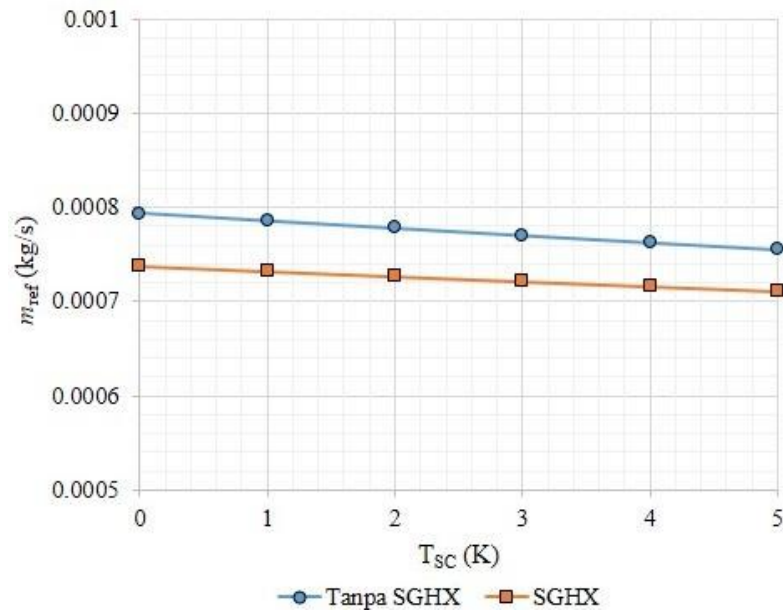
Tabel 1. Kinerja refrigeratör tanpa SGHX

No	$T_{SH}$ (K)	$T_{SC}$ (K)	$Q_{Evap}$ (kW)	$Q_{Cond}$ (kW)	$W_{Comp}$ (kW)	$m_{ref}$ (kg/s)	COP
1	5	0	0,2	0,2574	0,06196	0,000794	3,228
2	5	1	0,2	0,2568	0,06134	0,0007859	3,261
3	5	2	0,2	0,2562	0,06073	0,0007781	3,294
4	5	3	0,2	0,2557	0,06013	0,0007704	3,326
5	5	4	0,2	0,2551	0,05954	0,0007629	3,359
6	5	5	0,2	0,2546	0,05896	0,0007555	3,392

Tabel 2. Kinerja refrigeratör menggunakan SGHX

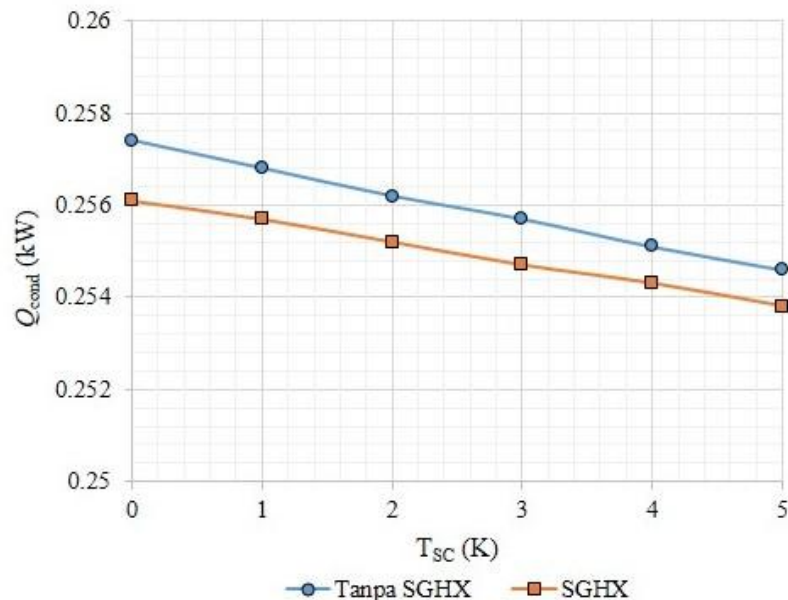
No	$T_{SH}$ (K)	$T_{SC}$ (K)	$Q_{Evap}$ (kW)	$Q_{Cond}$ (kW)	$W_{Comp}$ (kW)	$m_{ref}$ (kg/s)	COP
1	5	0	0,2	0,2561	0,0606	0,000738	3,301
2	5	1	0,2	0,2557	0,06007	0,0007324	3,330
3	5	2	0,2	0,2552	0,05954	0,000727	3,359

4	5	3	0,2	0,2547	0,05903	0,0007216	3,388
5	5	4	0,2	0,2543	0,05852	0,0007163	3,418
6	5	5	0,2	0,2538	0,05802	0,0007111	3,447

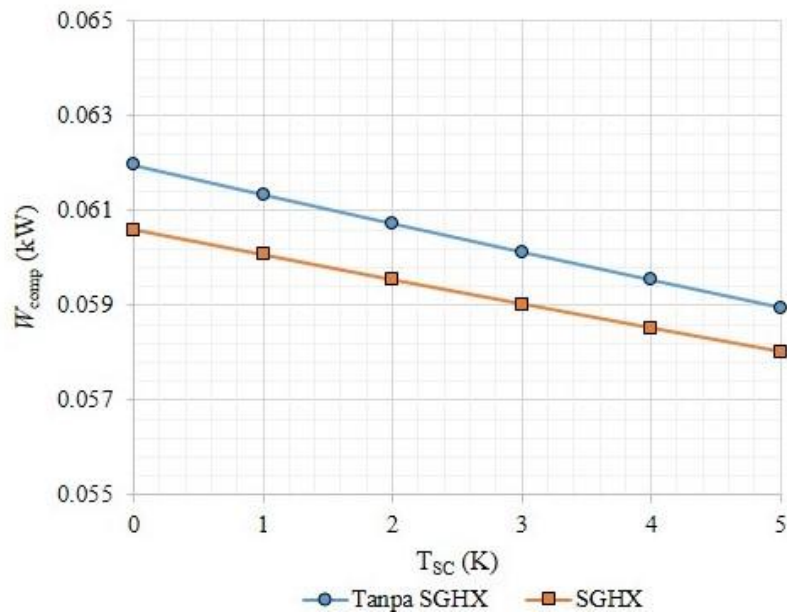


Gambar 9. Pengaruh temperatur *subcooling* terhadap laju aliran massa refrigeran

Gambar 10 menunjukkan dengan bertambahnya temperatur *subcooling* maka laju pelepasan kalor di kondensor akan semakin berkurang. Hal ini terjadi pada refrigerator dengan menggunakan SGHX dan tanpa SGHX. Bila membandingkan kedua sistem ini terlihat bahwa laju pelepasan kalor di kondensor tanpa SGHX lebih tinggi 0,31% daripada refrigerator dengan SGHX. Perbedaan ini sangat kecil, maka dapat dikatakan bahwa laju pelepasan kalor di refrigerator yang menggunakan SGHX dan tanpa SGHX tidak memiliki perbedaan yang signifikan.



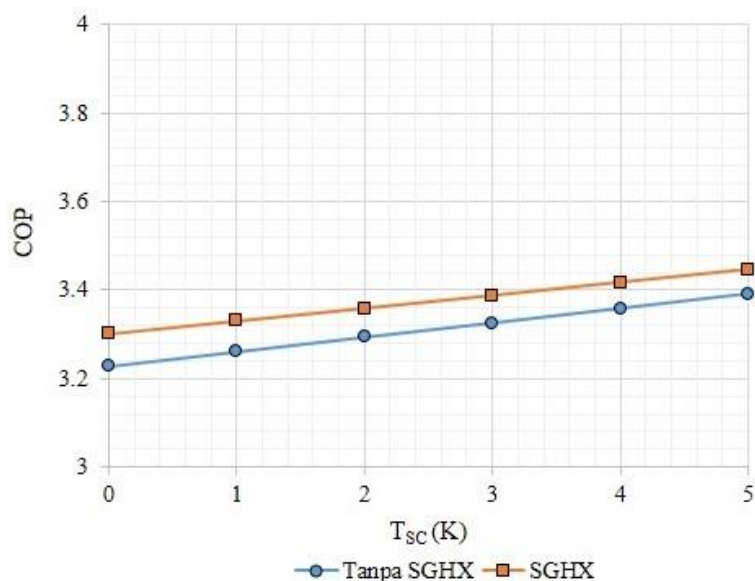
Gambar 10. Pengaruh temperatur *subcooling* terhadap pelepasan kalor di kondensor



Gambar 11. Pengaruh temperatur *subcooling* terhadap daya kompresor

Begitu juga dengan daya kompresor yang ditunjukkan pada Gambar 11. Pada gambar ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya temperatur *subcooling* maka daya kompresor yang dibutuhkan untuk mensirkulasikan refrigeran akan semakin berkurang. Bila membandingkan kebutuhan daya kompresor untuk sistem yang menggunakan SGHX dan tanpa SGHX terlihat bahwa refrigerator tanpa SGHX membutuhkan daya kompresor 1,59% lebih tinggi daripada refrigerator dengan SGHX. Perbedaan ini masih cukup kecil, maka dapat dikatakan bahwa kebutuhan daya kompresor untuk refrigerator yang menggunakan SGHX dan tanpa SGHX tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Gambar 12 menunjukkan pengaruh temperatur *subcooling* terhadap koefisien kinerja refrigerator, di mana terlihat bahwa dengan bertambahnya temperatur *subcooling* sistem maka koefisien kinerja (COP) semakin meningkat. Bila membandingkan COP refrigerator tanpa SGHX dan dengan menggunakan SGHX maka terlihat bahwa COP refrigerator dengan SGHX lebih besar 1,59% daripada refrigerator tanpa SGHX. Perbedaan ini masih cukup kecil, maka dapat dikatakan bahwa kinerja refrigerator yang menggunakan SGHX dan tanpa SGHX tidak memiliki perbedaan yang signifikan.



Gambar 12. Pengaruh temperatur *subcooling* terhadap koefisien kinerja refrigerator



#### 4. KESIMPULAN

Studi teoritis pengaruh SGHX dan temperatur *subcooling* di kondensor sebuah refrigerator yang beroperasi berdasarkan siklus refrigerasi kompresi uap dengan refrigeran R600A telah dilakukan untuk memprediksi kinerja sistem. Hasil analisis teoritis untuk kasus di mana penyerapan kalor di evaporator dipertahankan konstan menunjukkan bahwa dengan meningkatnya temperatur *subcooling* di kondensor maka laju aliran massa refrigeran akan semakin menurun sehingga berdampak langsung pada berkurangnya daya kompresor dan pelepasan kalor di kondensor, sehingga akan meningkatkan COP sistem. Bila membandingkan kinerja refrigerator tanpa SGHX dan yang menggunakan SGHX maka secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa kinerja kedua refrigerator tidak memiliki perbedaan yang signifikan, dan penggunaan SGHX lebih bermanfaat untuk memperpanjang umur pakai kompresor.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Mota-Babiloni, A., Navarro-Esbrí, J., Barragan-Cervera, A., Francisco Moles and Peris, B. (2015), "Drop-in analysis of an internal heat exchanger in a vapour compression system using R1234ze(E) and R450A as alternatives for R134a", *Energy*, Volume 90, Part 2, pp. 1636-1644.
- Setyawan, A., dan Prasetyo, (2016), "Pengaruh penggunaan LSHX pada kinerja mesin refrigerasi pada berbagai temperatur evaporasi", *Prosiding 7<sup>th</sup> Industrial Research, Workshop, and National Seminar*, Politeknik Negeri Bandung, July 28-29, hal. 229-235.
- Setyawan, A. (2018), "The effects of liquid-suction heat exchanger on the performance of a split air conditioner using R22 under various evaporating temperature", *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Thermofluids 2017 (THERMOFLUID 2017)*, AIP Conf. Proc. 2001, 020003-1–020003-7.
- Azzouzi, D., Kelkouli, M., and Amaryoucef, F. (2017), "Parametric study of the wire-on-tube condenser subcooling effect on the performance of vapor compression refrigeration system", *Applied Thermal Engineering*, Volume 122, pp. 528-534.
- Hadya, B. (2016), "Analysis of vapour compression refrigeration system with subcooling and superheating with three different refrigerants for air-conditioning application", *International Journal of Engineering Sciences and Research Technology*, pp. 70-77.
- Karakurt, A. S., Gunes, U., and Ust, Y. (2016), "Exergetic and economic analysis of subcooling and superheating effect on vapor compression refrigeration system", *Proceedings of the ASME 2016 Power Conference*, June 26-30, 59492, pp. 1-6.
- Pottker, G., and Hrnjak, P. (2015), "Effect of the condenser subcooling on the performance of vapor compression system", *International Journal of Refrigeration*, Volume 50, pp. 156-164.
- Sasongko, M. N. (2017), "Unjuk kerja mesin pendingin kompresi uap pada beberapa variasi superheating dan subcooling", *SAINTEK II*, hal. E26-123 – E26-127.
- Siagin, S. (2017), "Pengaruh perhitungan beban pendingin pada cold storage untuk penyimpanan ikan tuna pada PT. X", *BINA TEKNIKA*, Volume 13, Nomor 1, hal. 139-149.
- Suparmin, P., Antono, V., and Nurhasanah, R., (2017). "Effect degree of temperature subcooling in the performance of refrigeration with CFC, HFC, and hydrocarbons refrigerant", *MATEC Web of Conferences* 101, 03002 pp. 1-6.