

Kaji Eksperimental Pengaruh *Liquid Suction Heat Exchanger* terhadap Kinerja Sistem *Air Blast Freezer*

Apip Badarudin¹, AP. Edi Sukamto¹, Wanda Hidayah¹

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung

Korespondensi: apipbdr@polban.ac.id

ABSTRAK

Kinerja sistem refrigerasi dapat ditingkatkan menggunakan beberapa metoda. Pada penelitian ini, fokus peningkatan kinerja sistem refrigerasi menggunakan *subcooling* dilengkapi LSHX. Pengamatan dilakukan pada sistem *air blast freezer* (ABF) dilengkapi LSHX dan tanpa LSHX. Penambahan LSHX meningkatkan *sub-cool*, namun memberikan konsekuensi penambahan *super-heat* pada uap refrigeran yang keluar dari evaporator. Dengan demikian kerja kompresor akan meningkat. Pengaruh penambahan LSHX dalam eksperimen ini dihitung dan ditampilkan dalam grafik. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penambahan LSHX pada ABF menyebabkan meningkatnya kapasitas pendinginan. Hal ini ditunjukkan oleh pencapaian temperatur produk yang lebih cepat (menit ke 43). Selain itu terjadi penurunan *subcool* sebesar 4°K dan kenaikan *superheat* sebesar 3°K. Tekanan *suction* meningkat sebesar 0.8 bar dan tekanan *discharge* sebesar 0.2 bar. Arus rata-rata ketika menggunakan LSHX sebesar 4.1 A sedangkan tanpa LSHX sebesar 3.82 A.

Kata kunci: LSHX, *air blast freezer*, *sub-cool*, *super-heat*

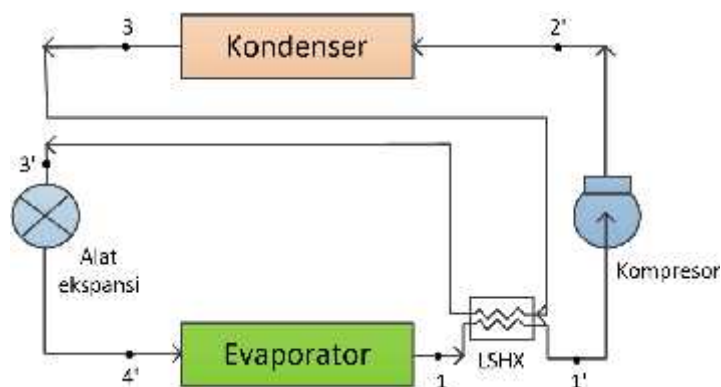
ABSTRACT

The performance of the refrigeration system can be improved using several methods. In this study, the focus was on improving the performance of refrigeration systems using subcooling with LSHX. Observations were made on the Air Blast Freezer (ABF) system equipped with LSHX and without LSHX. The addition of LSHX increases sub-cool, but gives the consequence of adding super-heat to the refrigerant vapor coming out of the evaporator. Thus the work of the compressor will increase. The effect of adding LSHX in this experiment is calculated and displayed in the graph. The experimental results show that the addition of LSHX to ABF causes increased cooling capacity. This is indicated by achieving a faster product temperature (43 minutes). Besides that, there was a subcool decrease of 4°K and a superheat increase of 3°K. The suction pressure increases by 0.8 bar and the discharge pressure is 0.2 bar. The average current when using LSHX is 4.1 A while without LSHX of 3.82 A.

Keyword: LSHX, air blast freezer, sub-cool, super-heat

1. PENDAHULUAN

Beberapa bahan pangan bersifat mudah rusak bila berada di atas temperatur 20°C. Pembekuan cepat (*blast freezing*) perlu dilakukan untuk menghambat aktivitas mikroorganisme sehingga kualitas bahan makanan dapat terjaga. Salah satu metode pembekuan cepat pada bahan makanan dapat dilakukan menggunakan mesin *air blast freezer* (ABF). Sistem ABF memerlukan kapasitas pendinginan yang besar, sehingga selalu dilakukan pengembangan untuk meningkatkan kinerjanya.



Gambar 1. Sistem refrigerasi kompresi uap dengan LSHX

Beberapa metode untuk meningkatkan kinerja mesin refrigerasi, antara lain dengan menggunakan ejektor sebagai alat ekspansi [1], pengaturan putaran kompresor [2] dan *subcooling* [3]. Terdapat beberapa metode *subcooling*, yaitu LSHX [5,6], *dedicated* [7,8], *integrated* [9] dan menggunakan air kondensat [4]. Penelitian ini fokus pada peningkatan kinerja sistem refrigerasi adalah dengan *subcooling* menggunakan metode LSHX. Prinsip kerja LSHX dapat dilihat pada Gambar 1.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pengamatan pada sistem ABF tanpa LSHX dan menggunakan LSHX. Kapasitas kompresor 3/4 PK menggunakan R22. Panjang pipa LSHX adalah 35 cm dengan ukuran diameter pipa *suction* 3/4" dan diameter pipa *liquid* 1/4". Analisis dilakukan dengan membandingkan performansi keduanya. Penambahan LSHX akan menurunkan temperatur keluar kondenser (*subcool*) yang berakibat meningkatnya efek refrigerasi, sehingga kapasitas pendinginan akan meningkat. Namun demikian, hal tersebut mempunyai konsekuensi penambahan *superheat* pada uap refrigeran yang keluar dari evaporator sehingga kerja kompresor akan meningkat. Seberapa besar pengaruh penambahan LSHX dalam eksperimen ini dihitung menggunakan persamaan efek refrigerasi sebagai berikut:

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (1)$$

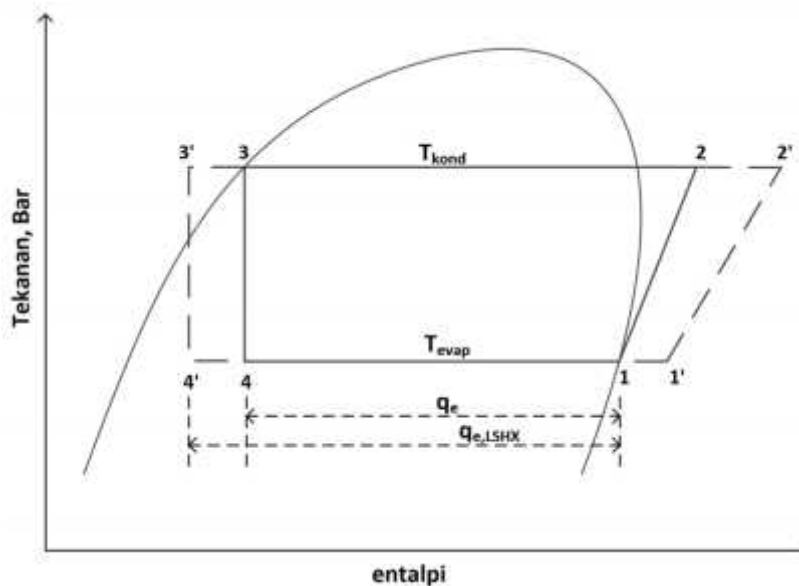
dengan:

q_e = Kalor yang diserap oleh evaporator (kJ/kg)

h_1 = Entalpi saat refrigeran keluar evaporator (kJ/kg)

h_4 = Entalpi saat refrigeran masuk evaporator (kJ/kg)

Diagram P-h siklus sistem refrigerasi kompresi uap dengan LSHX sebagai berikut:



Gambar 2. Siklus refrigerasi dengan LSHX pada diagram p-h

Dengan adanya pertukaran kalor pada LSHX, temperatur refrigeran cair keluar kondenser turun dari 3 ke 3' dan temperatur refrigeran keluar evaporator naik dari 1 ke 1'. Sehingga efek refrigerasi dengan LSHX akan meningkat menjadi:

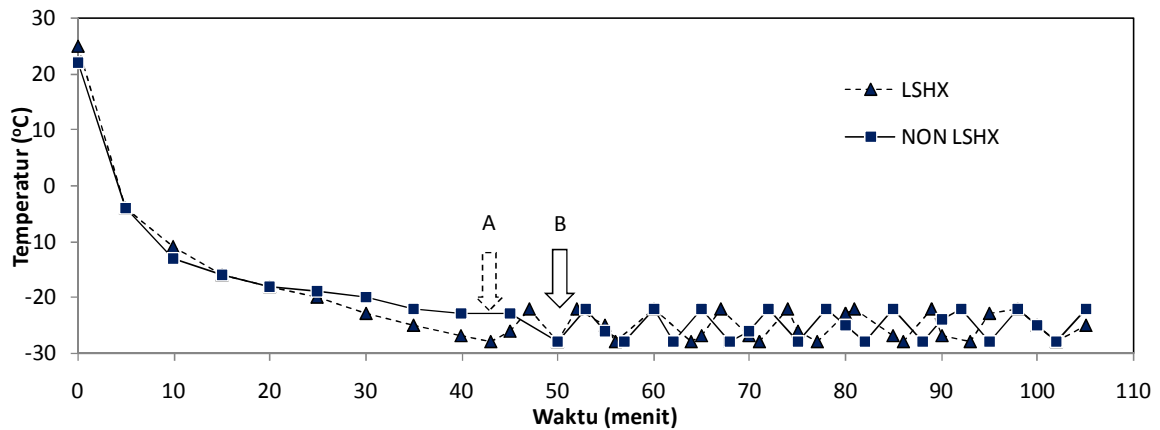
$$q_{e, LSHX} = h_1 - h_{4'} \quad (2)$$

3. HASIL DAN ANALISIS

Pada bagian ini, dijelaskan hasil pengamatan pada sistem ABF menggunakan LSHX dan tanpa LSHX. Perubahan kapasitas mesin pendingin digambarkan pada kurva temperatur kabin dan temperatur produk. Kurva-kurva lainnya menggambarkan perubahan parameter-parameter yang dapat menjelaskan fenomena yang terjadi setelah dan sebelum pemasangan LSHX.

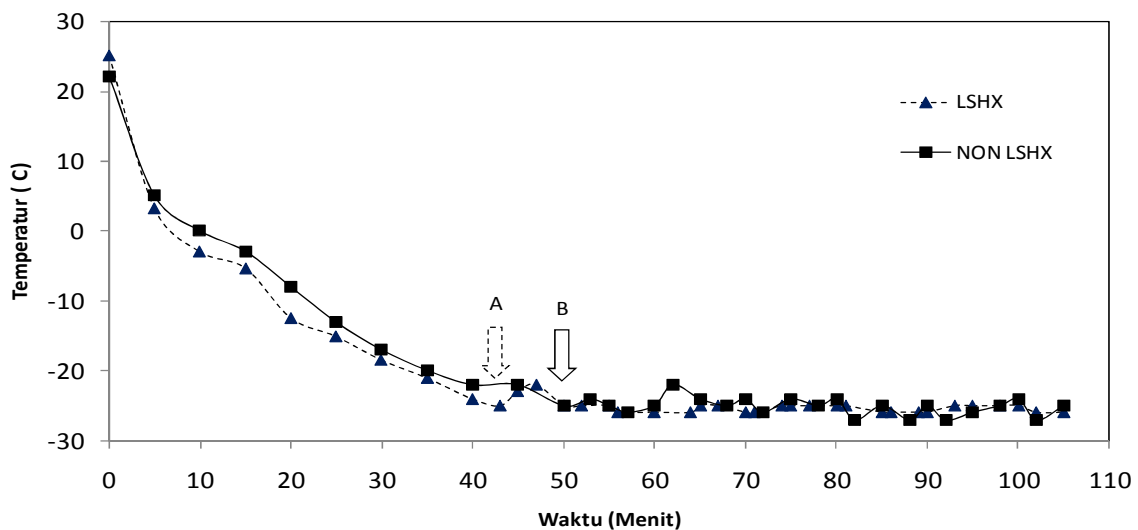
3.1. Temperatur Kabin dan Produk

Gambar 3. menunjukkan temperatur kabin ABF terhadap waktu selama pendinginan. Termostat di setting pada temperatur -28°C . Pada 20 menit awal, terlihat kurva hampir berimpit. Namun mulai menit ke 25, kurva temperatur kabin menggunakan LSHX terlihat lebih curam. Hal ini menunjukkan bahwa ketika menggunakan LSHX, efek refrigerasi meningkat yang berarti kapasitas pendinginan mesin refrigerasi meningkat. Hal tersebut juga ditunjukkan pada pencapaian temperatur setting pertama kali terjadi pada menit ke 50 (titik B), sedangkan ketika menggunakan LSHX, pencapaian temperatur setting pertama kali terjadi pada menit ke 43 (titik A).



Gambar 3. Temperatur kabin

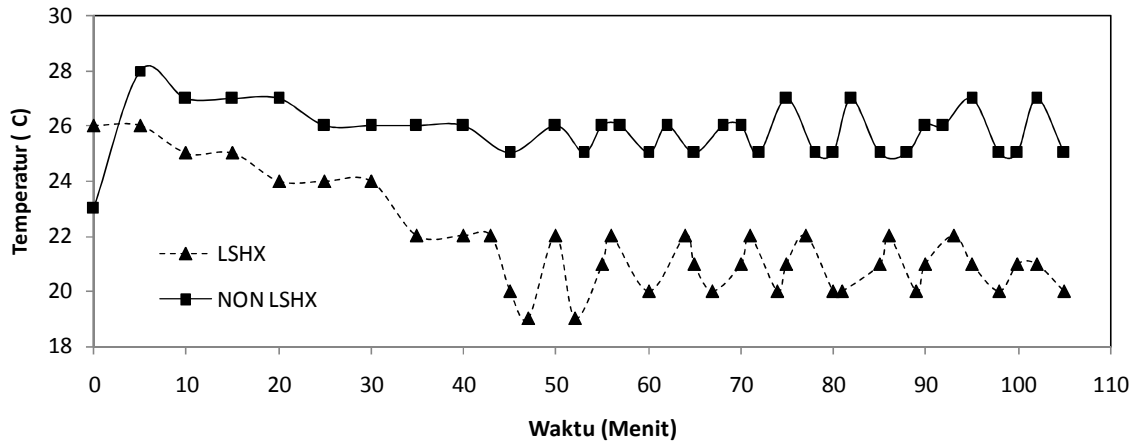
Demikian juga pada Gambar 4. terlihat bahwa kurva temperatur produk berada di bawah ketika MABF menggunakan LSHX. Hal tersebut terjadi mulai menit ke 5 dan mencapai temperatur -25°C pada menit ke 43. Sedangkan bila ABF tidak menggunakan LSHX, temperatur produk mencapai temperatur -25°C pada menit ke 50.



Gambar 4. Temperatur produk

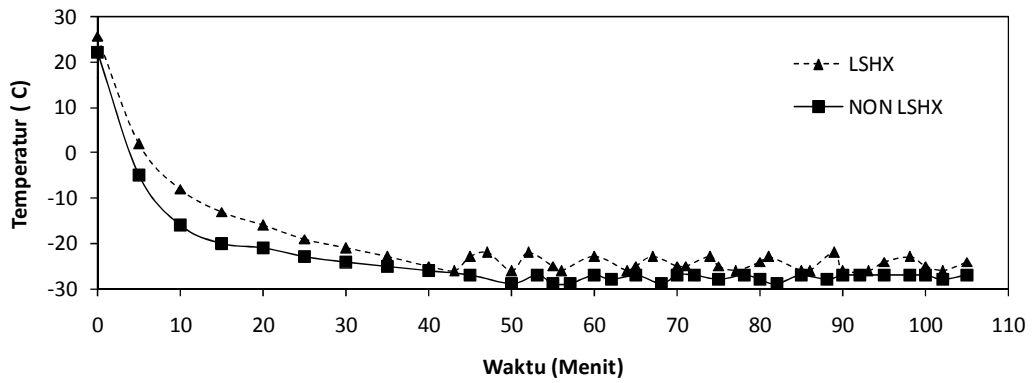
3.2. Temperatur Masuk Kompresor dan Masuk Metering Device

Gambar 5. memperlihatkan temperatur masuk *metering device* pada sistim ABF menggunakan LSHX dan tanpa LSHX. Dari menit ke 5, temperatur masuk *metering device* terlihat lebih rendah ketika menggunakan LSHX. Hal ini menyebabkan penambahan *sub-cool*, sehingga efek refrigerasi naik. Kejadian tersebut dikarenakan adanya penambahan LSHX, sehingga terjadi perpindahan kalor dari refrigeran cair keluar kondenser menuju uap refrigeran keluar dari evaporator. Penurunan *sub-cooling* rata-rata sebesar 4°K .

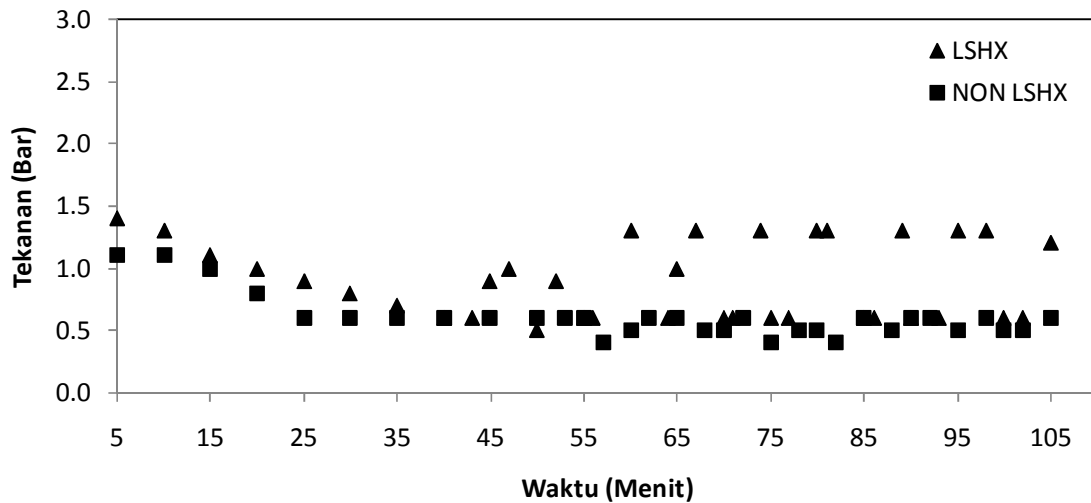


Gambar 5. Temperatur masuk *metering device*

Gambar 6. memperlihatkan temperatur masuk kompresor pada sistim ABF menggunakan LSHX dan tanpa LSHX. Dari menit awal, temperatur masuk kompresor terlihat lebih tinggi ketika menggunakan LSHX. Hal ini menyebabkan penambahan *super-heat*, dengan konsekuensi kerja kompresor bertambah. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa hal ini disebabkan dengan adanya LSHX, maka terjadi perpindahan kalor dari refrigeran cair keluar kondenser menuju uap refrigeran keluar dari evaporator. Rata-rata penambahan *super-heat* sebesar 3°K.



Gambar 6. Temperatur masuk kompresor

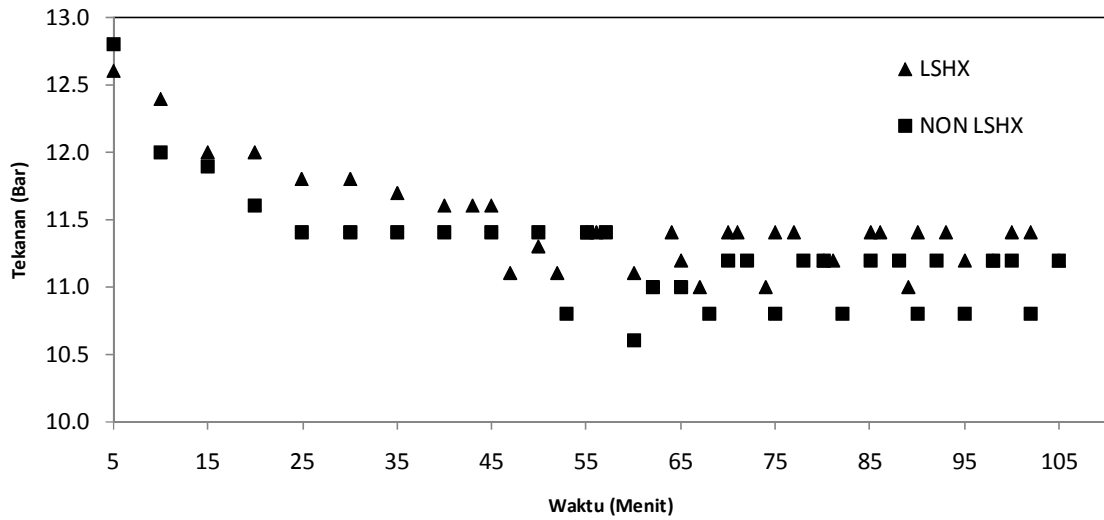


Gambar 7. Tekanan *suction*

3.3. Tekanan *Suction* dan *Discharge*

Gambar 7. memperlihatkan tekanan *suction* pada sistim ABF menggunakan LSHX dan tanpa LSHX. Pada kondisi transien, dari menit ke 5 sampai 40, tekanan *suction* terlihat lebih tinggi ketika menggunakan LSHX. Hal ini merupakan konsekuensi dengan kenaikan *super-heat*. Pada kondisi setelah mencapai *steady-state* (menit ke 60) rata-rata tekanan *suction* mencapai 1.3 bar ketika menggunakan LSHX sedangkan tanpa LSHX rata-rata tekanan *suction* mencapai 0.5 bar. Dengan demikian rata-rata kenaikan tekanan *suction* ketika menggunakan LSHX sebesar 0.8 bar.

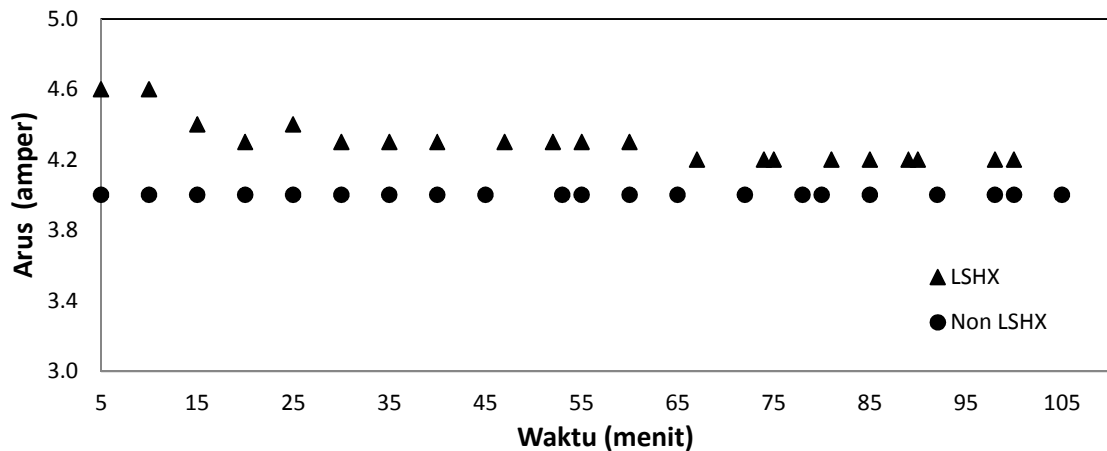
Gambar 8. memperlihatkan tekanan *discharge* pada sistim ABF menggunakan LSHX dan tanpa LSHX. Pada kondisi transien, dari menit ke 5 sampai 45, tekanan *discharge* terlihat lebih tinggi ketika menggunakan LSHX. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa hal ini merupakan konsekuensi kenaikan *super-heat*. Pada kondisi setelah mencapai *steady-state* (menit ke 60) rata-rata tekanan *discharge* mencapai 11.4 bar ketika menggunakan LSHX sedangkan tanpa LSHX rata-rata tekanan *discharge* mencapai 11.2 bar. Dengan demikian rata-rata kenaikan tekanan *discharge* ketika menggunakan LSHX sebesar 0.2 bar.



Gambar 8. Tekanan *discharge*

3.3. Arus Listrik

Gambar 9. memperlihatkan arus listrik pada sistim ABF menggunakan LSHX dan tanpa LSHX. Dari menit ke 5 terlihat arus listrik lebih tinggi ketika menggunakan LSHX. Hal ini merupakan konsekuensi dengan kenaikan *super-heat*, sehingga daya kompresor yang dibutuhkan lebih tinggi. Arus rata-rata ketika menggunakan LSHX sebesar 4.1 A sedangkan tanpa LSHX sebesar 3.82 A.



Gambar 9. Arus listrik

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian mengenai pengaruh *liquid suction heat exchanger* (LSHX) pada kinerja sistem *air blast freezer* (ABF) adalah:

- terjadi kenaikan kapasitas pendinginan yang ditunjukkan pencapaian temperatur produk lebih cepat yaitu pada menit ke 43.
- terjadi penurunan derajat *sub-cooling* rata-rata sebesar 4°K dan kenaikan derajat *super-heat* rata-rata sebesar 3°K.
- terjadi kenaikan tekanan *suction* sebesar 0.8 bar dan tekanan *discharge* sebesar 0.2 bar.
- arus rata-rata ketika menggunakan LSHX sebesar 4.1 A sedangkan tanpa LSHX sebesar 3.82 A.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini yang didanai menggunakan program “Penelitian Mandiri untuk Dosen RACE tahun 2018” dengan nomor kontrak 858.3/PL1.R7/LT/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Sumeru, N. Henry, FN. Ani, Numerical Study of Ejector as an Expansion Device in Split-type Air Conditioner, *Applied Mechanics and Materials*, 2013; 388: 101-105.
- [2] Li Hua, Seok-Kwon Jeong, Sam-Sang You, Feedforward control of capacity and superheat for a variable speed refrigeration system, *Applied Thermal Engineering*, 2009; 29: 1067–1074.
- [3] Pottker G., Hrnjak P., Effect of the condenser subcooling on the performance of vapor compression systems, *International Journal of Refrigeration*, 2015, 50: 156-164.
- [4] K. Sumeru, C. Sunardi, MF. Sukri, Effect of Compressor Discharge Cooling using Condensate on Performance of Residential Air Conditioning System, *AIP Conference Proceedings*, 2018; 020002.
- [5] A. Setyawan, Study of Liquid-Suction Heat Exchanger (LSHX) Utilization in an Air Conditioning Unit for Improving Its Capacity under Various Evaporating Temperatures, *11th Asia Pacific Conference on the Built Environment*, 2011; 11: 31-1-31-6.
- [6] A. Setyawan, The Effects of Liquid-Suction Heat Exchanger on The Performance of a Split Air Conditioner using R22 under Various Evaporating Temperature, *AIP Conference Proceedings*, 2018; 020003.
- [7] Thornton J.W., Klein S. A., Mitchell J. W., Dedicated Mechanical Subcooling Design Strategies for Supermarket Applications, *International Journal of Refrigeration*, 1994; 17: 508-515.
- [8] Khan J-ur-R., Zubair S. M., Design and Rating of Dedicated Mechanical-Subcooling Vapour Compression Refrigeration Systems, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 2000; 214: 455.
- [9] Khan J-ur-R., Zubair S. M., Design and rating of an integrated mechanical-subcooling vapor-compression refrigeration system, *Energy Conversion and Management*, 2000; 41: 1201-1222.