

KAJI EKSPERIMENTAL MESIN REFRIGERASI UNIT KECIL YANG DILENGKAPI DENGAN *SECONDARY REFRIGERANT*

Triaji Pangripto Pramudantoro,* Tri Agung Rohmat,** Prajitno**

(*)Jurusan Teknik Refrigerasi & Tata Udara Politeknik Negeri Bandung
(**)Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Program Pasca sarjana Teknik Mesin
FT-UGM Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta

E-mail: trajipangripto@yahoo.co.id

ABSTRAK

Sistem refrigerasi unit kecil, dengan kapasitas kompresor di bawah 1/2 (setengah) HP, umum digunakan pada warung kecil atau toko penjual es krim atau penyimpan produk/makanan beku. Sistem tersebut umumnya menggunakan sistem refrigerasi *primary refrigerant* dimana terjadi kontak langsung antara evaporator dengan produk. Kekurangan dari sistem ini adalah mudah terjadinya perubahan temperatur pada *freezer box* akibat beban pendinginan dari luar atau lingkungan. Pada penelitian ini akan dikaji sistem refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* dan dengan *secondary refrigerant* menggunakan campuran *propylene glycol* dan air. Sistem refrigerasi dengan menggunakan *secondary refrigerant* umum digunakan pada unit yang besar, seperti pada pembuatan es balok. Penggunaan *secondary refrigerant* diharapkan akan mampu mempertahankan temperatur *freezer box* lebih lama dibanding dengan sistem yang tanpa *secondary refrigerant*. Kemampuan mempertahankan temperatur *freezer box* lebih lama mengakibatkan konsumsi energi listrik akan lebih kecil. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan konsumsi energi listrik antara *tanpa* dan dengan *secondary refrigerant*. Berdasarkan pengujian menunjukkan bahwa *gradient* kenaikan temperatur *freezer box* terhadap waktu (dT/dt) untuk sistem tanpa *secondary refrigerant* lebih besar yaitu: 0,049301 °C/menit dibandingkan dengan yang menggunakan *secondary refrigerant*, yaitu: 0,042902 °C/menit. Hasil perhitungan konsumsi energi listrik terlihat pada pengujian selama satu periode mesin berjalan yaitu pada sistem refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* konsumsi energi listrik setiap jam sebesar 0,270 kWh, sedangkan konsumsi energi listrik pada sistem refrigerasi dengan *secondary refrigerant* sebesar 0,2585 kWh. atau dengan kata lain terjadi penghematan setiap jam sebesar 0,0115 kWh /periode. Hasil kajian dari penelitian ini menunjukkan bahwa mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* dapat digunakan dan dapat menghemat konsumsi energi listrik dibandingkan dengan sistem refrigerasi tanpa *secondary refrigerant*.

Kata kunci: *secondary refrigerant, freezer box, unit kecil, konsumsi energi*

I PENDAHULUAN

Mesin refrigerasi penyimpan produk beku atau lebih dikenal dengan nama *freezer* banyak dijumpai penggunaannya di supermarket dan toko atau penjual makanan beku, seperti penjual es krim. Umur penyimpanan produk beku.

umumnya lama, bahkan bisa sampai satu tahun atau lebih. Sistem refrigerasi *freezer* umumnya menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap, dengan menggunakan energi listrik sebagai sumber penggerakannya. Dalam sistem refrigerasi kompresi uap pendinginan terjadi karena adanya penarikan kalor oleh refrigeran yang menguap di evaporator. Temperatur kabin

yang rendah pada mesin refrigerasi memerlukan temperatur penguapan refrigeran yang rendah, sehingga energi yang diperlukan oleh mesin refrigerasi relatif besar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *secondary refrigerant* terhadap performansi sistem refrigerasi pada mesin refrigerasi dengan kapasitas kecil dengan tujuan khusus untuk mengetahui penghematan energi yang terjadi akibat adanya *secondary refrigerant*.

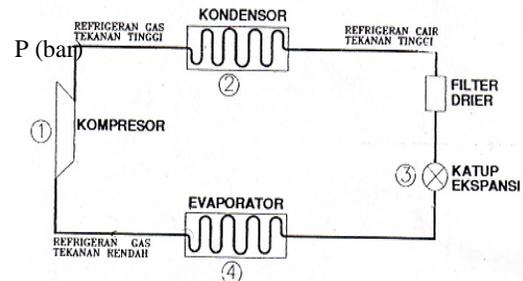
Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah adanya sistem refrigerasi unit kecil yang dilengkapi dengan *secondary refrigerant* yang hemat energi dan memiliki rentang waktu yang relatif lama antara saat mesin hidup dan saat mesin mati sehingga dapat dimanfaatkan oleh pengguna seperti toko-toko kecil atau eceran yang memiliki catu daya listrik yang relatif kecil (900 Watts).

II STUDI PUSTAKA

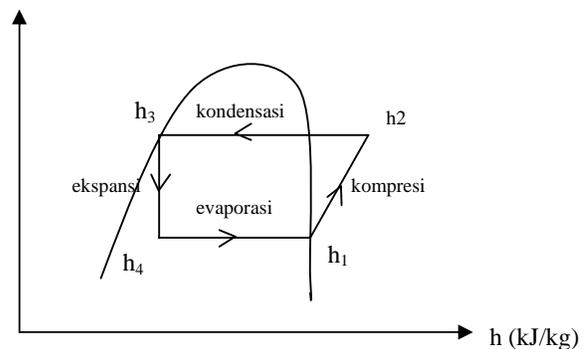
Dossat (1981), menjelaskan bahwa temperatur kerja *freezer box* sangat rendah, tergantung pada umur penyimpanan produk yang diinginkan, untuk produk yang akan disimpan dalam jangka waktu beberapa minggu temperaturnya harus sekitar -18°C sampai -23°C , sedangkan untuk penyimpanan sampai satu tahun atau lebih temperatur produk harus mencapai -29°C atau lebih rendah.

Sistem refrigerasi yang digunakan pada umumnya adalah sistem refrigerasi kompresi uap sederhana yang terdiri dari komponen utamanya adalah: kompresor, kondenser, katup ekspansi dan evaporator. Kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan kerja pada saluran *discharge*, selanjutnya refrigeran dalam fasa gas mengalir menuju kondenser dan diubah fasanya menjadi cair. Refrigeran fasa cair yang masih bertekanan tinggi selanjutnya

dilakukan ke katup ekspansi sehingga terjadi penurunan tekanan dan temperatur, kondisi ini terjadi di evaporator. Dengan adanya fluida kerja yang bertemperatur rendah tersebut maka apabila disekeliling pipa evaporator disimpan suatu produk, maka produk tersebut akan mengalami penurunan tempetarur, selanjutnya refrigeran yang telah menyerap kalor di evaporator kembali ke saluran hisap kompresor dalam fasa gas pada tekanan rendah. Demikian siklus refrigerasi tersebut berlangsung secara berulang. Siklus sistem refrigerasi kompresi uap dapat digambarkan pada diagram pemipaan dan diagram *Mollier* seperti pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1 Siklus sistem refrigerasi kompresi uap (Dossat, 1981).



Gambar 2 Siklus sistem refrigerasi kompresi uap pada diagram Mollier. (Dossat, 1981).

Dari gambar 2 siklus refrigerasi dapat diketahui:

$$\text{Kerja kompresi} = h_2 - h_1$$

$$\text{Kalor yang dilepas di kondenser} = h_2 - h_3$$

$$\text{Efek refrigerasi} = h_1 - h_4$$

Energi listrik terpakai biasanya dinyatakan sebagai daya yang digunakan untuk menjalankan suatu mesin dalam periode tertentu. Daya listrik dapat dinyatakan sebagai besarnya konsumsi arus listrik pada tegangan tertentu. Tegangan listrik dapat diasumsikan relatif konstan, sehingga dengan demikian besarnya daya akan ditentukan sesuai besarnya kenaikan arus listrik.

$$P = V \times I \text{ (Watts)}$$

$$P = \text{Daya listrik (Watts)}$$

$$V = \text{Tegangan listrik (Volt)}$$

$$I = \text{Arus listrik (Ampere)}$$

Pada saat mesin pertama kali dihidupkan (*start*) memerlukan arus mula yang sangat besar hingga dapat mencapai 10 kali lipat dari arus normal. (R.Braunschweiger, 1979).

Akhir-akhir ini mesin refrigerasi yang menggunakan sistem ekspansi langsung dengan refrigerant R-12 sudah mulai dilarang dioperasikan karena dapat merusak lapisan *ozone* dan pemanasan global. Oleh karena itu berkaitan dengan penipisan lapisan *ozone* dan peningkatan panas bumi maka perlu dicari refrigeran alternatif yang dapat mengurangi pemakaian refrigeran yang dapat merusak lingkungan. Dalam banyak hal penggunaan *secondary refrigerant* atau yang kita kenal dengan sebutan *brines* banyak digunakan sebagai pilihan yang cocok dan cukup memuaskan untuk temperatur tertentu, karena memiliki sifat-sifat yang menguntungkan seperti *Low viscosity, high specific heat, Good thermal conductivity, good chemical corrosion inhibitor, non-toxic, non flammable, food grade for refrigeration* (Zafer, 2003).

Secondary refrigerant selain harus memiliki persyaratan-persyaratan yang mendasar seperti yang telah disebutkan sebelumnya, diperjelas bahwa faktor korosif haruslah menjadi bahan pertimbangan dalam memilih jenis

secondary refrigerant, seperti contohnya air garam (Hillem, 2001). Alasan utama menggunakan campuran air dan *propylene glycol* sebagai *secondary refrigerant* karena memiliki faktor keamanan yang baik, tidak beracun, tidak bersifat korosif dan dapat mempertahankan temperatur pendinginan pada partikel es (Hagg, 2005)

Sebagai contoh pada terbitan majalah "Kyla". Sebuah supermarket dekat Stockholm mengubah dari sistem pendinginan langsung menjadi sistem pendinginan tak langsung untuk *cooling cabinet* dan *freezer* di pabrik susu, menghasilkan pengurangan jumlah refrigeran dari 523 kg R22 yang dipasang pada tahun 1973 menjadi 22 kg R-404a pada tahun 1996. Dalam artikel terakhir pada "Scan-Ref," pada prakteknya konsumsi energi tahunan seringkali lebih rendah dari sistem yang tanpa *secondary refrigerant*. (Melinder, 2010).

III METODOLOGI

3.1 Konstruksi Mesin Refrigerasi

Pada penelitian ini meliputi dua tahap pekerjaan utama, yaitu pembuatan mesin refrigerasi, dan uji performansi dari sistem tersebut. Pembuatan mesin refrigerasi difokuskan pada temperatur kabin agar tercapai -18°C . Selanjutnya dilakukan pengujian pada mesin tersebut baik yang menggunakan *secondary refrigerant* maupun yang tanpa *secondary refrigerant*. Mesin yang dibuat memiliki daya kompresor sebesar 1/6HP dengan menggunakan refrigeran R12 sebagai *primary refrigerant* dan campuran *propylene glycol* dengan air sebagai *secondary refrigerant*. Komposisi *secondary refrigerant* adalah 20% *propylene glycol* dan 80% air. Beban produk yang didinginkan 4 kg air. Pencatatan data dilakukan dengan selang waktu 30 menit. Besaran yang diukur pada penelitian ini adalah:

- a. Temperatur pada *freezer box*, *discharge*, *suction*, keluar katup ekspansi, lingkungan, *secondary refrigerant*.
- b. Tekanan pada saluran *suction* dan saluran *discharge*.
- c. Arus listrik, tegangan listrik dan energi listrik terpakai.

Prototipe mesin refrigerasi dengan menggunakan *secondary refrigerant* dan sistem tanpa *secondary refrigerant* mempunyai volume *freezer box* yang sesuai dengan kebutuhan pasar/warung kecil yaitu sebesar 35-50 liter. Dinding bagian luar terbuat dari plat besi, dinding bagian dalam yang menampung *secondary refrigerant* terbuat dari plat *stainless steel SUS 316 food grade*. Pipa evaporator terbuat dari pipa tembaga berdiameter 3/8 inci, jenis ekspansi pipa kapiler dan kompresor yang digunakan berkapasitas 1/6HP. Alat ini mempunyai *freezer box* dengan temperatur -18°C.

Mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* dilengkapi lubang untuk memasukan dan mengeluarkan fluida *secondary refrigerant*. Insulasi dinding terbuat dari bahan *poly-urethan* dengan ketebalan 40 mm.

Berikut ini adalah tabel kondisi perancangan mesin refrigerasi dengan dan tanpa *secondary refrigerant* secara umum.

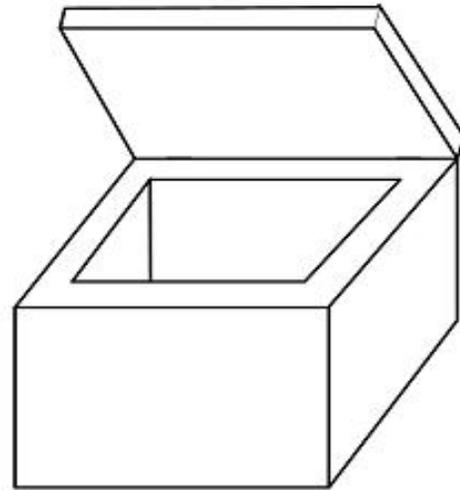
Tabel 1 Kondisi perancangan

No.	Kondisi	
1	Refrigeran	R-12
2	Temperatur Kondensasi	40 °C
3	Temperatur Evaporasi	-25 °C
5	Temperatur produk masuk <i>freezer box</i>	-15 °C
6	Temperatur <i>freezer box</i>	-18 °C
7	Massa produk uji (air)	4 kg

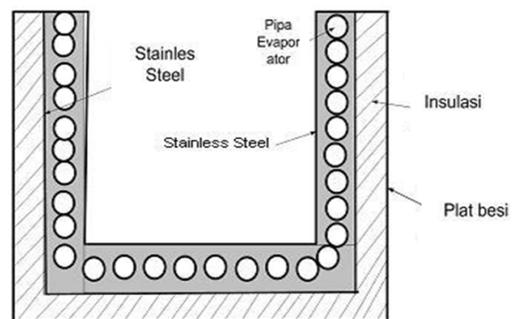
8	Volume <i>freezer box</i>	45 liter
9	<i>Chilling Time</i> produk	8 Jam

3.2 Perakitan Sistem

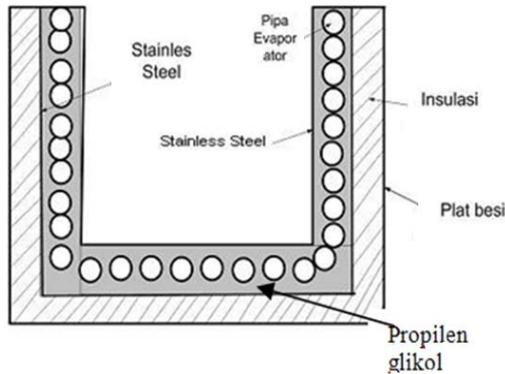
Konstruksi penampang dinding secara utuh dapat dilihat pada gambar 3 dan mesin refrigerasi sistem tanpa *secondary refrigerant* ditunjukkan pada gambar 4 sedangkan yang menggunakan *secondary refrigerant* ditunjukkan pada gambar 5.



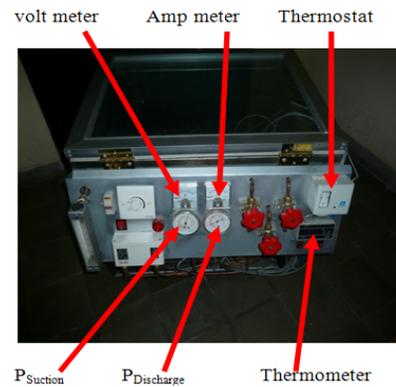
Gambar 3 Skema mesin refrigerasi.



Gambar 4 Penampang dinding mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant*.



Gambar 5 Penampang dinding mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant*.



Gambar 8 Posisi alat ukur pada mesin uji.



Gambar 6 Mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* hasil perakitan

3.3 Letak posisi alat ukur

Letak dan posisi alat ukur yang digunakan dapat dilihat pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7 Posisi sensor temperatur pada mesin uji.

3.4. Pengujian mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant*

Pengujian pada *mesin refrigerasi* tanpa *secondary refrigerant* menggunakan R-12. Besaran yang diukur adalah: Tekanan, *discharge* dan *suction*, temperatur (lingkungan, *discharge*, refrigeran masuk alat ekspansi, keluar evaporator, kabin), arus listrik, tegangan listrik, dan energi listrik.

Prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut :

- a. Mencatat tekanan dan temperatur awal sebelum sistem dijalankan.
- b. Mencatat tekanan, temperatur , arus listrik, tegangan listrik dan energi listrik terpakai pada saat sistem dijalankan.
- c. Pengambilan data dilakukan setiap 30 menit sekali.

3.5. Pengujian mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant*

Pengujian untuk mesin refrigerasi yang dilengkapi dengan *secondary refrigerant*, besaran yang diukur sama seperti pada mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant*.

Prosedur pengambilan data:

- a. Mencatat tekanan dan temperatur awal sebelum sistem dijalankan.
- b. Mencatat:tekanan,temperatur, arus listrik, tegangan listrik dan energi listrik terpakai.pada saat sistem berjalan.

- c. Pengambilan data dilakukan setiap 30 menit sekali.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

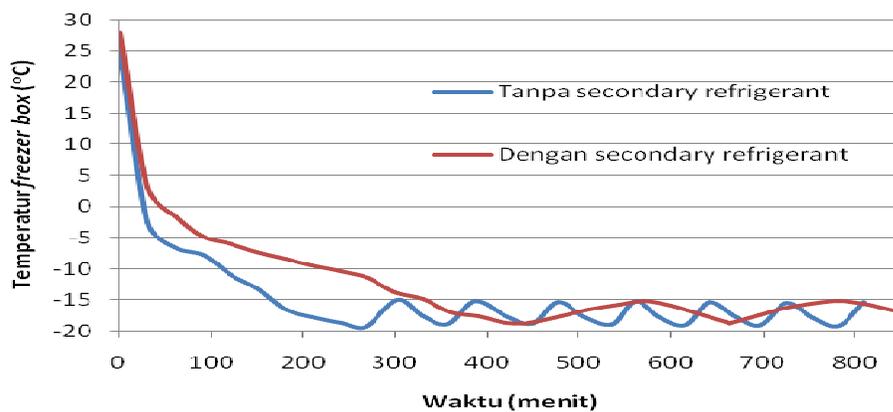
4.1 Temperatur *Freezer box*

Temperatur di dalam *freezer box* ditunjukkan pada gambar 9 yang memperlihatkan temperatur *freezer box* mencapai -18°C . Temperatur *freezer box* dijaga agar bertahan antara -15°C hingga -18°C dengan cara di-*setting* pada termostatnya. Pada *freezer box* yang tidak dilengkapi dengan *secondary refrigerant* memiliki perioda mati dan hidup yang lebih sering dibandingkan dengan temperatur *freezer box* yang menggunakan *secondary refrigerant*. Hal ini terjadi karena perubahan kenaikan temperatur *freezer box* yang tanpa *secondary refrigerant* lebih cepat naik akibat pengaruh temperatur lingkungan terhadap *freezer box*, sementara dengan adanya *secondary refrigerant* yang bertemperatur rendah di sekeliling *freezer box* menyebabkan beban pendingin dari lingkungan terhambat sehingga kenaikan temperatur *freezer box* menjadi lebih lambat. Dengan demikian maka kompresor akan memiliki rentang waktu yang relatif lebih lama saat mati dan

saat hidup dibandingkan dengan tanpa *secondary refrigerant*.

4.2 Waktu Pencapaian Temperatur

Perbandingan kecepatan pencapaian temperatur *freezer box* pada mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* dan dengan *secondary refrigerant* ditunjukkan gambar 9. Dengan menggunakan *setting thermostat* yang sama yaitu -18°C , terlihat bahwa untuk mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* mencapai temperatur *setting* pada menit ke-268, sedangkan untuk mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* mencapai temperatur *setting* pada menit ke-445. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada saat awal evaporator pada mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* mempunyai beban pendinginan yang lebih kecil dibandingkan mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant*. Pada saat proses pendinginan berlangsung, mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* hanya mendinginkan *freezer box*, sedangkan mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* selain mendinginkan *freezer box* juga mendinginkan *secondary refrigerant* yang ada di dalam mesin refrigerasi tersebut.



Gambar 9 Grafik temperatur *freezer box* tanpa *secondary refrigerant* dan dengan *secondary refrigerant*

4.3 Periode hidup dan mati pada mesin

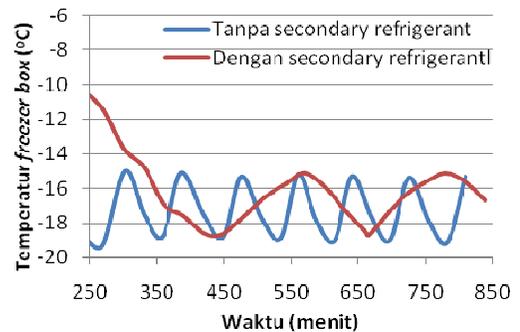
Mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* akan berhenti bekerja ketika temperatur *freezer box* mencapai sekitar -18°C yaitu pada menit ke-268 sesuai dengan *setting* termostat, sehingga proses pendinginan oleh mesin akan terhenti, akibatnya temperatur *freezer box* akan naik seperti ditunjukkan pada gambar 10. Sistem akan bekerja kembali ketika temperatur *freezer box* mencapai -15°C yaitu sekitar 35 menit kemudian dan akan mati kembali ketika temperatur mencapai -18°C yaitu sekitar 50 menit kemudian. Demikian proses tersebut berulang dengan periode waktu sekitar 85 menit.

Untuk mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* juga demikian, ketika temperatur kabin mencapai -18°C sistem akan berhenti bekerja yaitu pada menit ke-445, proses pendinginan oleh mesin akan terhenti, tetapi karena memiliki temperatur *secondary refrigerant* dibawah temperatur *freezer box*, maka temperatur pada *freezer box* akan lebih terjaga dari pengaruh luar dan akan naik secara perlahan seperti ditunjukkan pada kurva dengan gradien yang lebih landai dibandingkan kurva temperatur *freezer box* untuk mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant*. Sistem akan bekerja kembali ketika temperatur *freezer box* mencapai -15°C . Temperatur *freezer box* akan turun kembali dengan kurva yang lebih landai dan akan berhenti bekerja ketika temperatur *freezer box* kembali mencapai -18°C setelah 123 menit kemudian. Demikian proses tersebut berulang dengan periode waktu sekitar 226 menit.

Bila ditinjau dari waktu atau periode siklus pendinginan, maka dapat dilihat satu periode siklus pendinginan pada mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* sebanding dengan 2,7 kali periode waktu siklus pendinginan mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* (226:85). Dengan

demikian mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* akan hidup-mati 2,5 hingga 3 kali lebih sering dibanding mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant*.

Pada saat proses menghidupkan mesin refrigerasi, arus *start* akan jauh lebih besar dari arus normal, sehingga dapat diperkirakan mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* akan menggunakan energi listrik total yang lebih banyak dibandingkan mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant*. Dari gambar 10 dapat dilihat gradien kenaikan temperatur terhadap waktu dT/dt pada mesin yang tanpa *secondary refrigerant* adalah sebesar $0,049301^{\circ}\text{C}/\text{menit}$, sedangkan gradien kenaikan temperatur pada mesin yang dilengkapi *secondary refrigerant* adalah $0,042902^{\circ}\text{C}/\text{menit}$.



Gambar 10 Grafik temperatur kabin pada saat hidup dan mati

4.4 Energi listrik terpakai

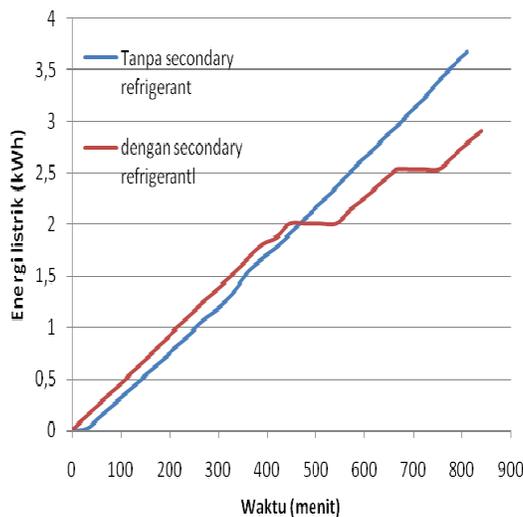
Pada gambar 11 grafik pemakaian energi listrik setelah temperatur kabin dan temperatur *secondary refrigerant* mencapai kondisi *steady*, maka dapat dilihat pada kurva menunjukkan bahwa sistem mesin refrigerasi yang menggunakan *secondary refrigerant* terlihat lebih rendah.

Setelah dilakukan penghitungan kenaikan penggunaan energi terpakai pada satu periode saat sistem bekerja menurunkan temperatur *freezer box* dari -15°C menjadi -18°C maka diperoleh, untuk mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* dalam satu periode berlangsung 55menit sampai 60 menit memerlukan energi listrik

sebesar 0,27 kWh, sehingga kebutuhan energi setiap menit adalah $0,27/60$ menit = 0,0045 kWh atau kebutuhan energi setiap jam sebesar 0,270 kWh.

Untuk mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* dalam satu perioda berlangsung selama 123 sampai 125menit memerlukan energi listrik sebesar 0,53 kWh, sehingga kebutuhan energi setiap menit adalah $0,53/123$ menit = 0,00439 kWh atau kebutuhan energi setiap jam sebesar 0,2585 kWh.

Dari hasil perhitungan tersebut terlihat bahwa energi listrik terpakai dalam satu perioda pada saat sistem dalam kondisi *steady*, energi listrik terpakai setiap jam pada mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* lebih rendah dari sistem refrigerasi tanpa *secondary refrigerant*, yaitu sebesar $0,270-0,2585 = 0,0115$ kWh, atau lebih hemat 4,3%. Sehingga dalam pengoperasian mesin refrigerasi dalam waktu yang relatif lama mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* dapat dikatakan lebih hemat energi.



Gambar 11 Grafik energi listrik terpakai

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa:

- Waktu pencapaian temperatur *setting* -18°C untuk mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* lebih lama (menit ke-445) dibandingkan mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* (menit ke-268).
- Mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* dapat mempertahankan temperatur produk pada -18°C dan mempunyai perioda hidup-mati yang lebih panjang (226 menit) dibandingkan dengan mesin refrigerasi tanpa *secondary refrigerant* (85 menit), dengan perbandingan 2,7:1.
- Pemakaian energi listrik setiap jam pada sistem dengan *secondary refrigerant* lebih hemat sebesar 0,0115 kWh/perioda.

5.2 Saran

Penelitian mesin refrigerasi dengan *secondary refrigerant* ini dapat dikembangkan pada pemakaian *secondary refrigerant* dengan konsentrasi yang bervariasi atau jenis *secondary refrigerant* yang lain sehingga diharapkan memperoleh temperatur *secondary refrigerant* yang sesuai dengan pemakaian tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

A.Melinder.,2010, *Update on secondary refrigerants for indirect system*, Dept. of Energy Technology, Div. of Applied Thermodynamics and Refrigeration The Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, E-mail:ake@thermo.kth.se

Braunscheiger.R., 1979, *Teknik listrik untuk Teknik Pendingin*, diterjemahkan oleh: Erliansyah, Ngadiono, Yvone Pangemanan, Bandung, Indonesia.

Dossat, Roy J., 1981, *Principle of Refrigeration*, Second Edition, John Wiley & Sons, New York.

Frank Hillerns, Ph.D., 2001. TYFOROP GmbH, Hamburg, *Thermophysical Properties and Corrosion Behaviour of Secondary Coolants*, ASHRAE WINTER Meeting, Atlanta, GA.

Hagg, Cecilia, 2005, *Ice Slurry as Secondary Fluid in Refrigeration System*, School of Industrial Engineering and Management, Department of Energy Technology, Division of Applied Thermodynamics and Refrigeration, Stockholm, Sweden.

Zafer URE Zafer M.Sc., MCIBSE, MASHRAE, M.Inst.R, 2003, *Secondary Refrigeration European Experiences, 2003 ASHRAE Winter meeting Chicago, USA*, Environmental Process Systems Limited Unit 32, Mere View Industrial Estate, Yaxley, Cambridgeshire, PE7 3HS, UNITED KINGDOM,
E-mail: z.ure@epsLtd.co.uk,
www.epsLtd.co.uk