

Pengaruh Konduktivitas Termal Terhadap Waktu untuk Mencapai Kondisi Steadi

Jeri Tangalajuk Siang

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Makassar
JI Tanjung Alang No.23, Makassar 90224
E-mail: jeri_t.siang@yahoo.com

Abstrak

Akibat yang ditimbulkan oleh lepasnya refrigeran sintetik ke udara terbuka adalah rusaknya lapisan ozone serta menimbulkan pemanasan global. Alasan tersebut yang mendorong pemerintah membatasi penggunaan refrigeran sintetik. R – 12 sudah dihentikan impornya mulai awal tahun 2008, R – 22 diperbolehkan sampai tahun 2030.

Untuk menggantikan peran refrigeran sintetik pada sistem pendinginan yang ada, dicari refrigeran alternatif yang memenuhi persyaratan tidak merusak lingkungan (tidak merusak lapisan ozone dan tidak menimbulkan pemanasan global). Refrigeran alternatif yang memenuhi syarat tersebut adalah hidrokarbon.

Pada penelitian ini akan digunakan propane sebagai refrigeran alternatif pengganti R – 22. Penelitian ini akan menganalisa pengaruh konduktivitas termal refrigeran terhadap waktu untuk mencapai kondisi steadi. Jumlah massa propane yang dibutuhkan sistem agar efek pendinginan sistem sama dengan sistem yang menggunakan R – 22. Dan hal yang penting juga adalah konsumsi energi listrik yang dibutuhkan oleh sistem untuk masing – masing refrigeran.

Pada lingkup penelitian ini diperoleh konduktivitas termal tidak menyebabkan berkurangnya waktu untuk mencapai kondisi steadi. Jumlah massa propane yang dibutuhkan sistem untuk efek pendinginan yang sama dengan R – 22 adalah 220 gram, arus listrik yang dibutuhkan oleh sistem dengan propane adalah 2.575 Ampere, sedangkan jika menggunakan R – 22, sistem membutuhkan arus sebesar 2.935

Kata kunci: konduktivitas termal, efek pendinginan, energi listrik

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dari data kenaikan suhu permukaan bumi selama ratusan tahun, kenyataan bahwa suhu permukaan bumi kian hari kian meningkat (Ari D. Pasek, 2005). Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor. Jumlah populasi makhluk hidup di bumi sebagai penghasil CO₂ yang merupakan salah satu komponen yang menyebabkan efek rumah kaca merupakan satu contoh yang sangat nyata. Luas hutan yang kian lama kian berkurang, sebagaimana diketahui, hutan adalah salah satu bagian yang menyerap CO₂ dan menghasilkan O₂, hutan juga sebagai penyerap radiasi matahari. Banyaknya mesin – mesin baik kecil maupun yang besar yang menghasilkan hasil pembakaran CO dan CO₂ serta hasil pembakaran yang berupa panas sangat mempengaruhi meningkatnya suhu permukaan bumi. Banyaknya senyawa sintetik buatan manusia yang bersifat perusak ozone.

Ozone adalah suatu lapisan yang mempunyai fungsi menyerap energi radiasi matahari sehingga energi tersebut tidak terlampau besar yang sampai ke permukaan bumi. Sebagaimana diketahui bahwa energi radiasi matahari yang berupa panas apabila sampai ke permukaan bumi akan menyebabkan naiknya suhu permukaan bumi. Ada pula senyawa sintetik yang mempunyai efek rumah kaca, sehingga panas yang terpantul dari permukaan bumi akan dipantulkan kembali yang mengakibatkan suhu permukaan bumi semakin tinggi.

Salah satu bidang yang banyak menggunakan senyawa sintetik sebagai bagianya adalah bidang refrigerasi. Pada bidang ini material yang menyerap panas/kalor adalah fluida kerja yang bersirkulasi di dalam sistem. Fluida kerja yang bersirkulasi di dalam sistem pendinginan tersebut lebih umum dikenal sebagai refrigeran. Refrigeran dibagi menjadi dua bagian besar yaitu refrigeran alami dan refrigeran sintetik.

Refrigeran sintetik merupakan senyawa yang dibuat untuk menyerap panas pada sistem pendinginan. Kebanyakan dari refrigeran ini merupakan senyawa halogen. Senyawa ini apabila lepas

ke atmosfir akan susah terurai. Selama senyawa ini belum terurai maka akan mempunyai efek rumah kaca, sehingga dikatakan senyawa ini mempunyai potensi pemanasan global. Potensi pemanasan global lebih dikenal dengan istilah GWP (global warming potential). Apabila senyawa sintetik ini belum terurai, maka senyawa ini mampu bertahan sangat lama di atmosfir. Sebagai contoh, umur R – 12 di atmosfir adalah 130 tahun (NATEnergy, 2006). Refrigeran sintetik yang umum digunakan, rata – rata mempunyai potensi pemanasan global. Seperti R – 12 mempunyai GWP 8500 (Ian McLaine Cross, 1997) serta untuk refrigeran sintetik yang lain dapat dilihat pada tabel 1. Jika senyawa halogen ini naik ke ketinggian yang cukup, maka senyawa ini akan terurai akibat radiasi matahari. Pada saat senyawa ini terurai, maka komponen – komponennya akan bersifat sangat reaktif. Pada lapisan ionosfer di mana terdapat lapisan ozone, komponen halogen dari senyawa sintetik tadi akan memutuskan rantai ozone membentuk molekul oksigen dan halogen aksida. Akibat reaksi ini maka jumlah molekul ozone akan berkurang. Molekul halogen ini mampu memutus sambung molekul ozone sebanyak lebih dari 100ribu kali (Harian Fajar, 17 September 2007).

Menimbang dari akibat yang ditimbulkan oleh refrigeran sintetik tersebut, mulai digalakkan penggunaan refrigeran yang ramah lingkungan. Alternatif yang dilakukan adalah menggunakan refrigeran alami. Sebagai contoh amoniak, senyawa ini mempunyai keunggulan yang sangat dibutuhkan dalam proses refrigerasi. Keunggulan tersebut adalah mempunyai entalpi penguapan yang tinggi. Sehingga sangat efektif digunakan sebagai fluida kerja (refrigeran) pada sistem pendinginan. Akan tetapi kekurangan dari senyawa ini adalah mempunyai sifat beracun. Sehingga senyawa ini sangat berbahaya bagi makhluk hidup di sekitar sistem yang menggunakan amoniak sebagai fluida kerja. Satu lagi kekurangan amoniak adalah senyawa ini mempunyai sifat korosif yaitu dapat bereaksi dengan logam sehingga logam cepat teroksidasi. Sehingga dari segi konstruksi sangat tidak mendukung. Apabila sistem tetap menggunakan amonia sebagai fluida kerja, maka material untuk konstruksi sistem harus terbuat dari material yang sangat tahan terhadap korosi. Akibat dari penggunaan material yang tidak umum maka biaya konstruksi untuk sistem ini menjadi besar. Ujungnya akan susah untuk dipasarkan akibat tidak dapat bersaing dengan sistem yang menggunakan fluida kerja yang umum.

Senyawa alamiah yang mempunyai sifat yang dibutuhkan untuk sistem refrigerasi adalah senyawa hidrokarbon. Selain mempunyai entalpi penguapan yang tinggi, sifat mudah menyerap panasnya juga lebih tinggi dari senyawa sintetik. Hidrokarbon merupakan senyawa yang bebas halogen sehingga potensi untuk merusak lapisan ozone tidak ada. Pengaruh hidrokarbon terhadap pemanasan global dapat dikatakan tidak ada (mendekati nol) yaitu 0.02. Dan hidrokarbon mempunyai masa hidup di atmosfir sangat singkat dibandingkan dengan masa hidup refrigeran sintetik (masa hidup hidrokarbon kurang dari satu tahun) (Ian McLaine – Cross, 1996). Refrigeran Hidrokarbon telah terbukti dapat menggantikan Refrigeran yang dapat merusak ozone serta yang dapat menyebabkan pemanasan global. R-290 (propane) dapat menggantikan R-22 secara langsung pada pompa kalor dan memiliki COP yang lebih besar dari R-22 (S.Himran, D.Hasan & N.Salam, 2003)

Salah satu sistem pendinginan yang banyak terdapat di masyarakat adalah sistem pendinginan ruangan (AC domestik). Pada sistem ini kebanyakan menggunakan R – 22 sebagai fluida kerja. Sebagaimana diketahui, R – 22 merupakan senyawa sintetik yang mempunyai potensi pemanasan global (GWP) dengan tingkat 8500. Dalam peraturan pemerintah, R – 22 adalah salah satu refrigeran sintetik yang penggunaannya dipantau sekarang ini. Penggunaan R – 22 untuk tahun ini masih diperbolehkan sampai tahun 2030.

Untuk mengantisipasi karena impor R – 22 pasti akan dihentikan, maka diperlukan refrigeran alternatif yang dapat menggantikan peran/fungsi R – 22 di dalam sistem. Senyawa hidrokarbon yang mempunyai tekanan kerja yang mendekati tekanan kerja dari R – 22 adalah senyawa propane (R – 290). Berdasarkan sifat tersebut R – 290 dapat digunakan untuk penggantian langsung R – 22 dengan R – 290.

Rumusan Masalah

- Bagaimana pengaruh konduktivitas termal terhadap waktu untuk mencapai kondisi steady state
- Berapa banyak R – 290 yang harus diisikan ke dalam sistem untuk dapat memperoleh efek pendinginan yang sama dengan sistem dengan menggunakan R – 22.

- Bagaimana perbandingan energi listrik yang digunakan oleh sistem untuk masing – masing refrigeran.

Batasan Masalah

- Penelitian akan dilakukan pada sistem AC domestik tipe window dengan kapasitas $\frac{3}{4}$ PK yang sudah dimodifikasi untuk keperluan penelitian
- Tidak dilakukan penggantian komponen pada sistem
- Data akan dicatat sampai mencapai kondisi steadi.

Tujuan Penelitian

- Mengetahui pengaruh konduktivitas thermal terhadap waktu untuk mencapai kondisi steadi
- Mendapatkan jumlah massa $R - 290$ yang tepat untuk efek pendinginan yang sama dengan $R - 22$.
- Diperoleh perbandingan konsumsi daya listrik sistem untuk masing – masing refrigeran

Manfaat Penelitian

- Mendukung pemerintah dalam penggunaan produk dalam negeri
- Mendukung pemerintah dalam pengurangan penggunaan refrigeran sintetik yang menyebabkan pemanasan global
- Mendukung program penghematan penggunaan daya listrik

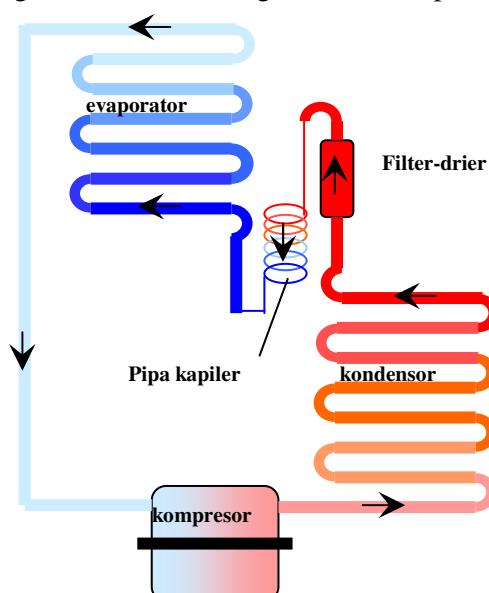
Tinjauan Pustaka

1. Refrigeran

Refrigeran adalah zat yang mengalir di dalam mesin pendingin (refrigerasi) atau mesin pengkondisian udara (AC). Zat ini berfungsi untuk menyerap panas dari benda atau udara yang didinginkan kemudian membuang ke udara sekeliling di luar benda/ruangan yang didinginkan.

2. Refrigerasi Siklus Kompressi Uap (SKU)

Mesin refrigerasi sistem kompressi uap merupakan jenis mesin refrigerasi yang paling banyak digunakan saat ini. Mesin refrigerasi ini terdiri dari empat komponen utama yaitu kompressor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator. Susunan empat komponen tersebut secara skematis dapat dilihat pada gambar bersama dengan siklus kompressi uap standar.



Gambar 1: Skema susunan komponen utama mesin refrigerasi SKU

3. Konduktivitas Termal

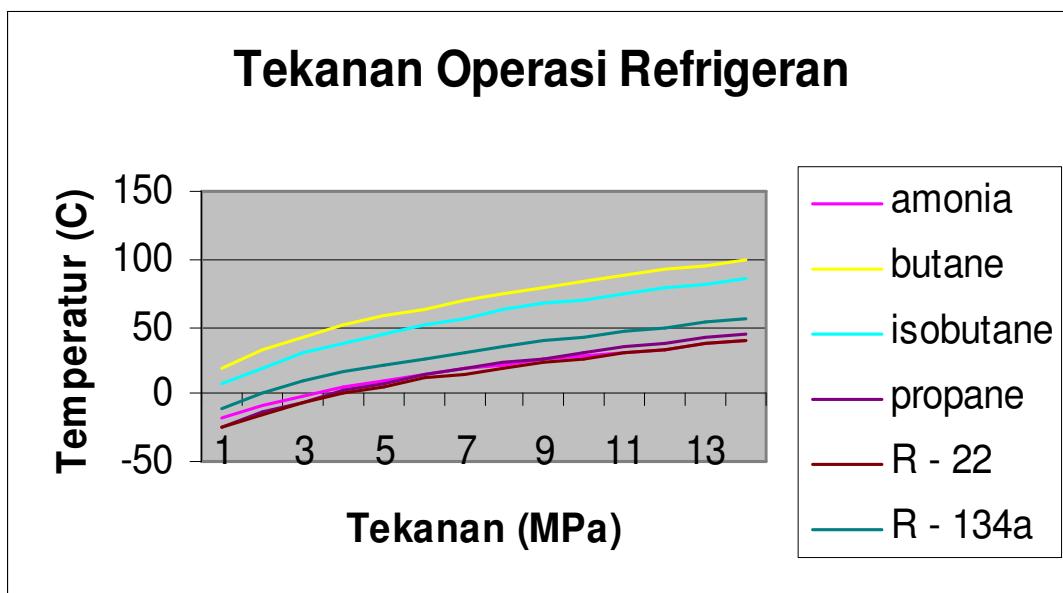
Salah satu sifat fisik dari material dalam menghantar kalor adalah konduktivitas termal. Konduktivitas termal bahan menunjukkan jumlah kalor yang mengalir melintasi satu satuan luas jika gradien suhunya satu. Dalam perhitungan konduktivitas termal disimbolkan dengan huruf k yang satuananya adalah (Watt/m K).

4. Tekanan Operasi Sistem

Untuk menggantikan refrigeran sintetik yang digunakan pada sistem pendingin yang sudah ada hal yang perlu diperhatikan adalah tekanan operasi refrigeran (Ari D.Pasek, 2005). Hal ini perlu diperhatikan bila dilakukan retrofit terhadap sistem. Perbandingan tekanan operasi beberapa refrigeran dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut.

Tabel 1. Tekanan dan Temperatur Operasi Beberapa Refrigeran

P (MPa)	Temperatur Jenuh					
	amonia	Butane	Isobutene	propane	R - 22	R - 134a
0.2	-18.85	18.78	7.111	-25.43	-25.18	-10.08
0.3	-9.224	31.84	19.8	-14.16	-14.65	0.6721
0.4	-1.881	41.92	29.62	-5.458	-6.556	8.931
0.5	4.14	50.25	37.74	1.739	0.124	15.73
0.6	9.285	57.42	44.74	7.934	5.861	21.57
0.7	13.8	63.75	50.92	13.41	10.92	26.71
0.8	17.85	69.44	56.49	18.33	15.46	31.33
0.9	21.52	74.63	61.56	22.82	19.6	35.53
1	24.9	79.41	66.24	26.95	23.42	39.39
1.1	28.02	83.85	70.58	30.8	26.95	42.97
1.2	30.94	88	74.65	34.39	30.26	46.31
1.3	33.67	91.91	78.47	37.77	33.37	49.46
1.4	36.25	95.59	82.08	40.97	36.31	52.42
1.5	38.7	99.09	85.5	44.01	39.1	55.23



Gambar 1. Grafik Temperatur vs Tekanan Operasi Beberapa Refrigeran

2. METODOLOGI, HASIL DAN PEMBAHASAN

Metodologi.

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data eksperimen dengan cara mencatat waktu yang dibutuhkan oleh sistem dengan masing – masing refrigeran. Refrigeran yang akan digunakan adalah R – 22 sebagai refrigeran oriisinal dari sistem, Propane dalam satuan massa tertentu. Propane akan diisikan ke dalam sistem mulai dari 40% massa R – 22 yang akan di naikkan sampai memperoleh waktu steadi yang sama dengan R – 22. Data – data penelitian yang akan dibandingkan adalah waktu steadi, temperatur steadi ruang pendingin, serta arus listrik yang digunakan oleh sistem. Pada penelitian ini tidak dilakukan penggantian bagian – bagian dari sistem pendinginan.

- Hasil Penelitian

Tabel 2. Tabel data hasil penelitian

No.	Refrigeran	Waktu steadi	Temp. akhir	Arus listrik
1	148 gr propane	37 menit	19.3 C	2.242
2	185 gr propane	25 menit	18.7 C	2.438
3	220 gr propane	19 menit	17.3 C	2.575
4	370 gr R – 22	18 menit	17.0 C	2.935

Tabel 3. Data hasil penelitian

No.	Refrigeran	P _{in}		P _{out}	
		Evaporator	Kondensor	Evaporator	Kondensor
1	148 gr propane	0.26	1.26	0.22	1.2
2	185 gr propane	0.28	1.3	0.24	1.3
3	220 gr propane	0.38	1.44	0.33	1.4
4	370 gr R – 22	0.28	1.46	0.22	1.46

Tabel 4. Nilai konduktivitas termal refrigeran pada evaporator

No	Refrigeran	Konduktivitas termal di evaporator		h _{fg}
		masuk	keluar	
	148 gr propane	0.080829	0.01411	398.4
	185 gr propane	0.079724	0.01423	395.8
	220 gr propane	0.078809	0.01513	374
	370 gr R – 22	0.076029	0.00846	217.5

Tabel 5. Hasil Perhitungan

h₁	h₂	h₃	h₄	h _{fg}	x	q _{ev}	q _{kom}	β	Q	m
564.1	621.5	290.7	290.7	398.4	0.3399	273.4	57.4	4.7631	753.335	2.754
564.8	626.4	296.4	296.4	395.8	0.3438	268.4	61.6	4.3571	767.457	2.858
574	627.3	305	305	374	0.3190	269	53.3	5.0469	823.248	3.059
401.6	426.2	247	247	217.5	0.3035	154.6	24.6	6.2846	835.664	5.401

- Pembahasan.

Konduktivitas termal propane akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya massa propane yang diisikan ke dalam sistem. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya massa di dalam sistem, tekanan operasi sistem juga akan bertambah. Jika tekanan bertambah maka konduktivitas termal akan berkurang.

Untuk jenis refrigeran yang sama waktu untuk mencapai kondisi steadi akan berkurang jika laju aliran massa bertambah besar.

Untuk memperoleh efek pendinginan yang sama dengan sistem yang menggunakan R – 22, dibutuhkan propane sebanyak 220 gram yang diisikan ke dalam sistem.

Besarnya arus listrik yang dibutuhkan sistem akan bertambah jika massa propane yang ada di dalam sistem ditambah.

Untuk memperoleh efek pendinginan yang sama dengan sistem yang menggunakan R – 22 arus listrik yang dibutuhkan oleh sistem yang menggunakan propane lebih kecil.

3. KESIMPULAN

Pada lingkup penelitian ini kondutivitas termal tidak menyebabkan waktu untuk mencapai kondisi steadi menjadi lebih cepat.

Untuk memperoleh efek pendinginan yang sama dengan R – 22, dibutuhkan 220 gram propane pada sistem yang sama.

Energi listrik yang dibutuhkan sistem dengan refrigeran R – 22 lebih besar daripada yang dibutuhkan oleh sistem yang menggunakan propane pada sistem yang sama untuk efek pendinginan yang sama.

Simbol

h	= entalpi	(kJ/kg)
i	= arus listrik	(ampere)
k	= konduktivitas termal	(W / m K)
m	= laju aliran massa	(kg / s)
q	= kalor	(Joule)
Q	= Laju aliran kalor	(Watt)
T	= temperature	(K)
t	= waktu pendinginan	(s)
β	= COP (Koefisien performansi)	

Subkrip

ev	= evaporator
fg	= penguapan
in	= dalam ruang
kond.	= kondensor

DAFTAR PUSTAKA

- Bhramara P, K V Sarma, et all (2006), *Estimation of Condenser Length for In Tube Condensation of Zero ODP Refrigerants*, Hyderabad
- Himran S, D Hasan, N Salam (2003), *The Comparison between the Performances of Refrigerants Hydrocarbon (R290) and Freon – 22 (R 22) in Heat Pump*, Makassar
- Garthshore Jane, R S Agarwal, S Kessler (1999), *Petunjuk Praktis Konversi dan Perbaikan Peralatan Refrigerasi dengan Menggunakan Refrigeran Hidrikarbon secara Aman*, Newbury
- Geankopolis Christie J. (1993), *Transport Processes and Unit Operations*, New Jersey
- Jeri T. Siang (2007), *Studi Perbandingan Penggunaan R – 12, R – 134a, dan Campuran Isobutene – Propane terhadap Unjuk Kerja Refrigerator Domestik*, Banda Aceh
- MacLaine Ian– cross (1997), *Replacement Refrigerant for Water Chillers*, Sydney
- MacLaine I L– cross, E Leonardi (1996), *Comparative Performance of Hydrocarbon Refrigerants*, Melbourne
- MacLaine I L– cross, E Leonardi (1997), *Why Hydrocarbons Save Energy*, AIRAH Journal, Sydney.
- Nat Energy Resources (2006), Singapore
- Özişik M.Necati (1977), *Basic Heat Transferm*, Kogakhusa
- Pasek. A D , N P Tandian W Andiansyah (2005), *Training of Trainers Refrigeration Servicing Sector*, Bandung

*Refrigerant As An Alternative Refrigerant For Energy Conservation In Refrigerant Sistem (2003),
Bandung*

*Tandian N.P., A Suwono, A D Pasek and Saiful (2003), Development of Environment and Energi
Efficient Chiller Utilizing Hidrocarbon Refrigerant, Bandung.*