

ANALISIS PENGURANGAN REFRIGERANT PADA REFRIGERATOR PADA TEMPERATUR -17°C

Ridha Qurbaniasari
Harwan Ahyadi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains Dan Teknologi Nasional Jakarta
Jl Moh. kahfi II Jagakarsa-Jakarta Selatan
harwanfti@yahoo.co.id

Abstract

Refrigerator that will be analyzed is LG refrigerator with two doors, freezer for top part and refrigerator for bottom part, with total area is 0.359 m^2 and operating time is 24 hours. From economical market aspect, efficiency is very important for consumer. In this case, to get a good efficiency without ignoring quality of product and performance of system, refrigerant must be reduced from 115 gr to 90 gr. To calculate performance of system and energy estimation, it needed data from temperature testing, they are : evaporator in temperature, evaporator out temperature, freezer temperature, environment temperature, drier in temperature and suction temperature. From the data and the calculation, when refrigerant 115 gr, product load is 3556.4 W, performance of system is 1.30 and energy estimation is 64002.5 KWh/years. While for refrigerant 90 gr, product load is 3386.4 W, performance of system is 1.32 and energy estimation is 63934 KWh/years. Refrigerator type that analyzed is GN-V212RL.APVPEVN, with compressor MA53LAJG, General condenser, evaporator fin.

Keywords: Product Load, COP, Energy.

PENDAHULUAN

Untuk mempertahankan kualitas dari produk dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan melakukan proses pembekuan pada temperatur yang rendah. Proses pembekuan ini bertujuan untuk mencegah, menghambat dan mematikan perkembangan mikroorganisme yang ada pada produk karena diharapkan mikroorganisme tidak dapat tumbuh atau berkembang biak pada temperatur yang rendah. Selain itu juga untuk mencegah terjadinya perubahan fisik maupun kimia dari produk tersebut.

Freezer sudah menjadi kebutuhan primer dalam rumah tangga untuk mengawetkan makanan dan minuman sehingga dapat dikonsumsi atau digunakan lagi selama beberapa hari kedepan.

Dengan mengurangi refrigeran dan mempertahankan temperatur dan tekanan diharapkan dapat mengurangi pemakaian energi listrik pada freezer serta tidak mengubah ataupun mengurangi *cooefficien of performance*(COP).

Dalam penelitian freezer pada posisi temperatur konstan yakni -17.32°C .

TINJAUAN PUSTAKA

Lebih spesifik lagi refrigerasi dapat diartikan adalah suatu ruang yang dikondisikan pada temperatur tertentu dengan cara pembuangan kalor dari ruang ke lingkungan atau udara sekitar, sehingga temperatur udara dalam ruang lebih rendah dari temperatur udara di lingkungan sekitar.

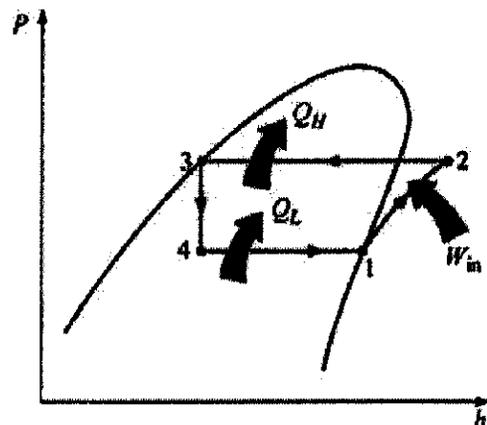
Komponen Sistem Refrigerasi

a). **Komponen Utama**, Komponen sistem refrigerasi ada dua macam yaitu komponen pokok dan komponen pendukung. Adapun kom ponen utama ini terdiri dari : (1).Kompresor; (2).Kondensor; (3).Evaporator; (4).Expansi valve

b). **Komponen Pendukung**, Komponen pendukung antara lain: (1). Liquid receiver; (2).Accumulator; (3). Heat Exchanger (penukar kalor); (4).Filter Dryer ; (5).Sight Glass; (6).HLP (High-Low Pressurestat) ; (7).Pressure Gauge; (8).Shut Off Valve

Proses Thermodinamika

Untuk menggambarkan siklus pada mesin refrigerator dapat dibantu dengan menggunakan diagram mollier atau disebut juga diagram tekanan-entalpi(P-h). Dibawah ini tersaji gambar 2.1 Diagram P-H untuk siklus refrigerasi kompresi uap(sku).



Gambar 1. Diagram P-h

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.

Data Freezer

Freezer ini dirancang untuk membantu untuk membuat suatu bahan makanan atau minuman lebih tahan lama. Pada freezer sebagai bahan uji adalah daging segar. Adapun data-data freezer antara lain:

Temp. freezer : $-17.32^{\circ}\text{C} / 76\% \text{ Rh}$.

Temp. udara diluar: $32^{\circ}\text{C} / 65 \% \text{ Rh}$

Ukuran : $0.537 \times 0.607 \times 1.386 \text{ m}$ / dua pintu.

Desain Plat bagian luar : ABS Sheet dengan tebal 0.0419 mm dengan $k=0.05856 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

Desain bagian dalam : Polyurethane dengan tebal 0.05 m dengan $k=0,016 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

Lapisan penghalang: Foam PU tebal 0.0982 mm, $k=$ Glass fiber sebesar $0,03070 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

Perhitungan Beban Pendinginan

Beban pendinginan pada freezer (lemari pendingin) dikelompokkan menjadi beberapa komponen sesuai dengan sumber panasnya, diantaranya : a). Beban Transmisi, Panas sensible yang didapat melalui dinding, lantai, dan atap yang tergantung pada jenis insulasi, tebal insulasi, konstruksi, luas dinding luar, dan perbedaan temperature ruang pendingin dengan udara sekitar. Besarnya beban transmisi ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$q_{transmisi} = U.A.\Delta t$$

Dimana: q = Kalor transmisi, Watt, U = koef. perpindahan kalor, $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K}) = 0.14(\text{W}/\text{m}^2.\text{K})$, A = luas area, $\text{m}^2 = 3.511 \text{ m}^2$, Δt = perbedaan antara temperature udara luar dengan temperature udara dalam ruang pendingin maka besarnya beban transmisi melalui semua dinding berdasarkan persamaan diatas adalah : $q = U.A.\Delta t = (0.14 \times 3.52 \times (32 - (-17))) = 24.58 \text{ Watt}$; b). Perhitungan beban kalor yang dikeluarkan dalam pembekuan dari temperature awal ke titik beku produk. Maka beban kalor dihitung berdasarkan jumlah refrigerant uji: Hasil perhitungan produk dengan menggunakan rumus 2-1 sampai dengan 2-4 maka hasil perhitungan ditabelkan seperti terlihat pada tabel 1

Tabel.1 Rekapitulasi beban

Item/Qty Refrigerant	115 gr	90 gr
$Q_{transmisi}$ (kJ)	24.58	24.58
Q_{produk} (kJ)	3201.2	3200.5
$Q_{internal}$	161.29	161.26
Safety Factor (5%)	169.35	169.32
Q_{total} (W)	3556.4	3386.4

Perhitungan Thermodinamika

Untuk melakukan perhitungan, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk mendapatkan temperature rata-rata pada quantity refrigerant 115 gr sampai dengan 80 gr. Hasil pengujian diperoleh dan ditabelkan dalam tabel 3-2.

Dari diagram diatas dapat ditentukan beberapa besaran yang harganya dapat dilihat dari diagram tekanan entalpi atau dalam table saturasi untuk masing refrigerant. Besaran – besaran itu adalah sebagai berikut : 1). Pada titik 1, tekanan rendah, dalam kondisi uap jenuh ($h_g = h_1$), 2). Pada titik 2, tekanan tinggi, entalpi spesifik uap superheat ($h_g = h_2$), 3). Pada titik 3, tekanan tinggi, entalpi spesifik cair jenuh ($h_f = h_3$), 4). Besarnya $h_3 = h_4$ karena proses tersebut berlangsung secara iso-entalpi. Dari diagram (P-h) diatas, kita dapat menentukan beberapa besaran, yaitu : (a). Efek refrigerasi per unit massa (q_e) $q_e = (h_1 - h_4) \text{ (kJ/kg)}$, (b). Kerja kompresi per unit massa (W_{komp}) $W_{komp} = (h_2 - h_1) \text{ (kJ/kg)}$, (c). *coefficient of performance* ($h_1 - h_4$) $(\text{kJ/kg}) / (h_2 - h_1) \text{ (kJ/kg)}$

Kalor yang dihitung.

Beban kalor yang berpengaruh terhadap refrigerator antara lain:

a). **Beban Pertukaran Udara**, Pengaruh terbukanya pintu kabin untuk pengambilan sebuah produk dapat mempengaruhi terhadap kinerja dari kerja kompresi. Memperhitungkan volume dalam sebuah kabin, dengan persamaan: $V_d = p \times l \times t$, dan perhitungan beban pertukaran udara sendiri, $Q_{pu} = \Delta H \times I$, Dimana: Q_{pu} = Beban Pertukaran Udara (W), ΔH = Tingkat kelembaban (kJ/L K), ΔT = perubahan temperatur (K), I = Laju infiltrasi (L/s) ; b). **Beban produk**, Produk yang disimpan mengeluarkan panas terus-menerus ke dalam ruangan dan diserap oleh udara yang mengalir dalam kabin hingga temperatur produk sama dengan temperatur kabin. Produk yang disimpan adalah daging yang disimpan pada temperatur diatas temperatur bekunya, sehingga persamaan yang dipakai: $Q_{prd} = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{n \times 3600}$; Dimana: Q = panas yang dilepas produk (kJ), m = massa produk (kg), C_p = kalor spesifik produk (kJ/kg.K), ΔT = perubahan temperatur (K), n = chilling time (jam) ; c). **Beban Total (W)**, Penjumlahan keseluruhan dari beban pendinginan sampai beban lantai. $Q_{tot} = Q_{\text{Pertukaran Udara}} + Q_{\text{produk}}$; d). **Safety factor**, Setelah semuanya ditotal, untuk faktor keselamatan (*safety factor*), biasanya hasil perhitungan ditambahkan 5-10% dari beban total. e). **Cooling load total (W)**, Penjumlahan antara beban total dengan *safety factor*. $Q_{load\ tot} = Q_{tot} + \text{Safety factor}$; f). **Perhitungan Estimasi Energi**, Perhitungan estimasi energy pada Freezer, dihitung sebagai berikut:

$$EC_{Full} = \frac{W_{PD} \times RR \times 24 \times 360}{\eta_{test} \times 1000}$$

Dimana,

EC_{Full} : Konsumsi Energi dari system Refrigerasi selama 1 tahun (kWh/y), W_{PD} : Daya pada saat Pull Down test (dalam keadaan tetap beroperasi) (Watt), RR : Running ratio (kelembaban) (%), Untuk Model GN-V212, pada temperature ruangan 32°C (ISO Tropical class) sekitar 60%, η_{test} : Konstanta, untuk Model GN-V212 adalah sekitar 0.9.

Tabel 2. data rata-rata hasil pengujian

Qty Ref	115	110	105	100	95	90	85	80
Desc.								
Temp. Evap in	31.3 0	31.7 8	31.9 8	31.6 8	31.8 1	31.2 9	31.5 6	31.2 6
Temp. Evap out	31.1 0	31.5 0	31.7 0	31.4 4	31.4 1	31.2 2	31.4 0	31.0 0
Temp. Drier in	43.0 3	43.3 1	43.1 9	43.1 3	43.5 3	43.2 1	43.9 0	44.9 1
Temp. Freezer	17.3 8	17.3 2	17.3 2	17.3 3	17.3 7	17.3 7	17.9 6	17.3 2
Temp. Lingkungan	32	32	32	32	32	32	32	32
Temp. Suction	30.8 2	31 2	30.2 2	31.0 9	31.2 8	30.6 7	31.8 1	32.4 6
Temp. Discharge	85.5 0	83.2 1	83.6 7	83.6 7	83.5 8	84.7 9	82.8 5	85.1 1
Arus	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
Tegangan	220	220	220	220	220	220	220	220

Temperatur evaporator dan kondensor

Pada tabel 2 disajikan perbedaan quantity refrigerant pada evaporator dan kondensor yang dipersyaratkan.

Tabel 3. Beda temperatur operasional kompresor dan kondensor

Item/qty	115 gr	90 gr
Temp. freezer	-17.32°C	-17.32°C
RH	76%	76%
Beda temp.(TD)	9 °C	9 °C
Temp. Evaporator	-31.3°C	-31.29 °C
Temp. lingkungan	32°C	32 °C
Beda Temp. TD	20	20
Temp. Kondensor	43.03°C	43.03°C

Refrigent

Fluida yang dipakai dalam penelitian pada freezer adalah refrigerant R 134, sekaligus mencari nilai-nilai besaran seperti enthalpy, laju aliran massa(m) dan coeeficien of performance(cop), besaran-besaran ini tercantum pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan

Item/qty	115 gr	90 gr
h ₁ (kJ/kg)	380	378
h ₂ (kJ/kg)	410	471
h' ₂ (kJ/kg)	472	407
h ₃₋₄ (kJ/kg)	260	260
m (kg/s)	0.002963	0.002869
Q(kW)	0,3556	0,3386
W (kW)	0.27	0.26
Q _c (kW)	0.089	0.83
COP	1.32	1.3

Estimasi Energi

Perhitungan estimasi energy pada Freezer, dihitung berdasarkan rumus diperoleh hasil perhitungan serta ditabelkan pada tabel 5 sebagai berikut.

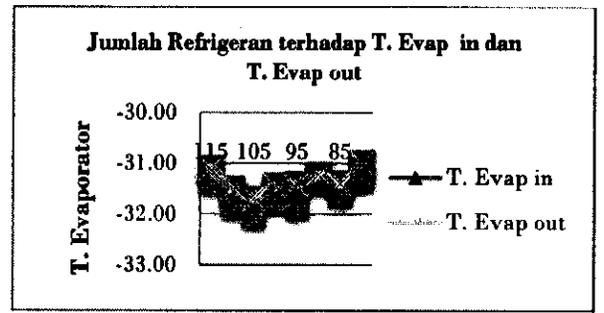
Tabel 5. Hasil estimasi energi

Item	115 gr	90 gr
ECfull(konsumsi energy selama per tahun	64002,5 kWh/th	63934 kWh/th

ANALISA

Temperatur Evaporator dan Refrigerant

Dari hasil penelitian temperature evaporator in dan temperature out terhadap refrigerant pada temperature 32°C dapat digambarkan dalam grafik 1.



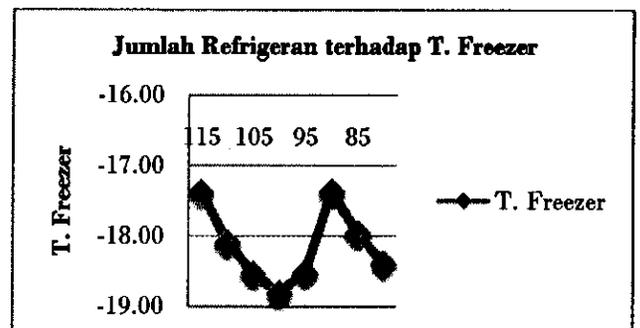
Grafik1. Jumlah refrigerant terhadap T. Evap in dan T. Evap out

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa temperatur evaporator in (-31.98 °C) dan temperatur evaporator out (-31.70 °C) terendah pada jumlah refrigerant 105 gr hal ini dikarenakan pada saat charging refrigerant sebelum proses charging, proses pemvakuman kurang maksimal sehingga refigerant yang sudah ada sebelumnya masih ikut terbawa (kelebihan refrigerant pada sistem) dan tertinggi pada temperatur Evaporator in (-31.26 °C) dan Temperatur Evaporator out (-31.00 °C) pada jumlah refrigerant 80 gr hal ini dikarenakan pada saat akhir proses terakhir waktu pengambilan data tidak sesuai dengan pengambilan data pada jumlah sebelumnya

Adapun batasan temperatur untuk evaporator in dan evaporator out yakni -30 °C ± 1 °C. Dapat dilihat pada temperatur evaporator in dan evaporator out dalam grafik untuk mencakupi batasan dari yang sudah di tentukan dan di sesuaikan dengan jumlah refrigerant yang sudah ada (115gr) sebesar -31.30 °C, jumlah refrigerant 90 gr mempunyai nilai yang mendekati sama atau tidak terjadi perubahan yang signifikan untuk keduanya yaitu sebesar -31.29 °C.

Temperatur Freezer terhadap Refrigerant

Dari hasil penelitian temperatur freezer yang konstan -17.32.53 °C terhadap jumlah refrigerant dapat dilihat dalam bentuk gambar grafik 4.2



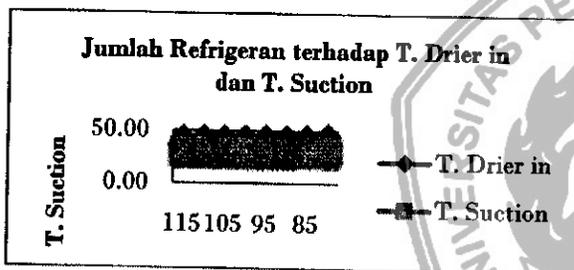
Grafik 2. Jumlah refrigerant terhadap Freezer

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa temperatur freezer (-17.32.°C) terendah pada jumlah refrigerant 100 gr dikarenakan pada saat charging refrigerant sebelum proses charging, proses pemvakuman kurang maksimal sehingga refrigerant yang sudah ada sebelumnya masih ikut terbawa (kelebihan refrigerant pada sistem) sesuai dengan tempatur evaporator in dan evaporator out dan tertinggi pada temperatur freezer(-17.37 °C) pada jumlah refrigerant 90 gr hal ini dikarenakan pada proses pengambilan data terjadi buka tutup pintu freezer yang menyebabkan adanya beban infiltrasi yaitu beban pertukaran udara antara udara luar dengan udara yang dikondisikan.

Adapun batasan temperatur untuk freezer yakni -17.32 °C. Dapat dilihat pada temperatur freezer dalam grafik untuk mencakupi batasan dari yang sudah di tentukan dan di sesuaikan dengan jumlah refrigerant yang sudah ada (115gr) sebesar -17.38 °C, jumlah refrigerant 90 gr yang mendekati untuk keduanya yaitu sebesar -17.37 °C

Temperatur Drier terhadap Temperature Suction.

Dari hasil pengujian diperoleh jumlah refrigerant terhadap temperature drier dan temperature suction, kondisi ini dapat dilihat dalam sajian gambar grafik 3.



Grafik 3. jumlah refrigerant terhadap T.Drier in dan T. Suction

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa temperatur Drier in (43.03 °C) terendah pada jumlah refrigerant 115 gr hal ini dikarenakan awal proses dari pengambilan data belum ada pengaruh dari temperatur pendukung lainnya dan temperatur suction terendah (30.75 °C) pada jumlah refrigerant 105 gr dan temperatur Drier in (44.91 °C) dan temperatur suction tertinggi (32.37°C) pada jumlah refrigerant 80 gr hal ini dikarenakan temperatur lingkungan pada saat proses pengambilan data mencapai temperatur maksimum yakni 32 °C.

Adapun batasan temperatur untuk drier in yakni 43°C dan suction yakni 30°C ± 1 °C. Dapat dilihat pada temperatur drier in dan suction dalam grafik untuk mencakupi batasan dari yang sudah di tentukan dan di sesuaikan dengan jumlah refrigerant yang sudah ada (115gr) untuk temperatur drier in 43.03 °C

sebesar dan suction sebesar 30.82 °C, jumlah refrigerant 90 gr yang mendekati untuk keduanya yaitu untuk temperatur drier in 43.21 °C dan suction 30.67 °C.

Berdasarkan analisa garfik diatas, dapat disimpulkan bahwa untuk jumlah refrigerant 115 gr dan yang sesuai dengan batasan batasan temperatur yang sudah di tetapkan berdasarkan referensi perusahaan refrigerant dengan jumlah 90 gr lah yang hampir mendekati.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut: 1). Untuk pengurangan berat refrigerant 115 gr, diperoleh pemakaian energi sebesar 3556.4 W dan untuk pengurangan berat refrigerant 90 gr sebesar 3386.4 W. 2). COP dengan pengurangan berat refrigerant 115 gr sebesar 1.30 dan pengurangan berat refrigerant 90 gr sebesar 1.32, 3). Estimasi energi, dengan pengurangan berat refrigerant 115 gr sebesar 64002.5 Kwh/tahun dan pengurangan berat 90 gr refrigerant sebesar 63934 Kwh/tahun. 4). Karena perbedaan tidak terlalu besar, performasi dan pemakaian energy maka pengurangan refrigerant dapat diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W., 2005, *Penyegaran Udara*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Arora, C. P., 1981, *Refrigeration and Air Conditioning*, Tata Mc Graw-Hill.
- ASHRAE Handbook, 1997, *Fundamental Refrigeration*, American Society of Heating Refrigerating and Air-onditioning Engineering, Inc, Atlanta.
- ASHRAE Handbook, 1994, *Refrigeration American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering, Inc, Atlanta.*
- Cengel, Y. A., 1994, *Thermodynamics AnEngineering Approach*, 2nd ed., Mc.Graw-Hill. Inc. New York
- Dossat, Roy. J., 1981, *Principles of Refrigeration*, 2nd ed., John Willey and Sons, New York.
- Kern, D. Q., 1965, *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company.
- 9.Mc Quinston, F. C., 1994, *Heating, Ventilation, and Air Conditioning*, 6th ed., John Willey and Sons, Inc, New York.