

**Komparasi Unjuk Kerja Recirculating Air Conditioning Unit
P A Hilton Ltd Type A770
Menggunakan R.12 dan Refrigeran Hidrokarbon**

Sudjud Darsopuspito , David Wijaya

Jurusan Teknik Mesin , Fakultas Teknologi Industri – ITS
Kampus ITS Sukolilo – Surabaya 60111
E-mail : sudjud@me.its.ac.id

Abstrak

Sistem refrigerasi memegang peran penting dalam kehidupan manusia. Hampir semua sistem refrigerasi menggunakan refrigeran sintetik seperti R-12, R-22, R-134a, R-502 dan sedikit sekali yang menggunakan refrigeran alami seperti hidrokarbon, dan karbondioksida. Dominasi ini dapat dimaklumi karena refrigeran sintetik pada umumnya mempunyai sifat-sifat teknik yang sangat baik. Di samping mempunyai karakteristik teknik yang baik, refrigeran sintetik mempunyai efek negatif terhadap lingkungan. Refrigeran yang mengandung unsur chlor dapat merusak lapisan ozon dan yang mengandung unsur flour dapat menimbulkan pemanasan global apabila refrigeran tersebut lepas ke atmosfer. Pemakaian hidrokarbon sebagai refrigeran merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini, karena refrigeran hidrokarbon tidak mempunyai efek negatif terhadap lingkungan. Pada penelitian ini dilakukan penggantian R-12 dengan refrigeran hidrokarbon dengan merk dagang Hycool-12 tanpa mengganti komponen pada Recirculating Air Conditioning Unit P.A. Hilton Ltd Type A770. Analisa dilakukan dengan membandingkan unjuk kerja mesin yang menggunakan R-12 dan Hycool-12 setelah mencapai kondisi steady state. Variabel yang divariasikan adalah laju alir massa udara yang melalui evaporator dengan cara mengatur kecepatan fan evaporator dan pemanas udara sebelum melalui evaporator.

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan, Hycool-12 mempunyai kapasitas pendinginan dan COP yang lebih tinggi dari pada R-12. Kapasitas pendinginan Hycool-12 lebih tinggi sebesar 5,46 per sen sampai dengan 10,51 per sen dan COPnya lebih tinggi sebesar 8,53 per sen sampai dengan 19,1 per sen dari pada R-12.

Kata kunci : Refrigeran sintetik, refrigeran hidrokarbon, kapasitas Pendinginan, COP.

1. Pendahuluan

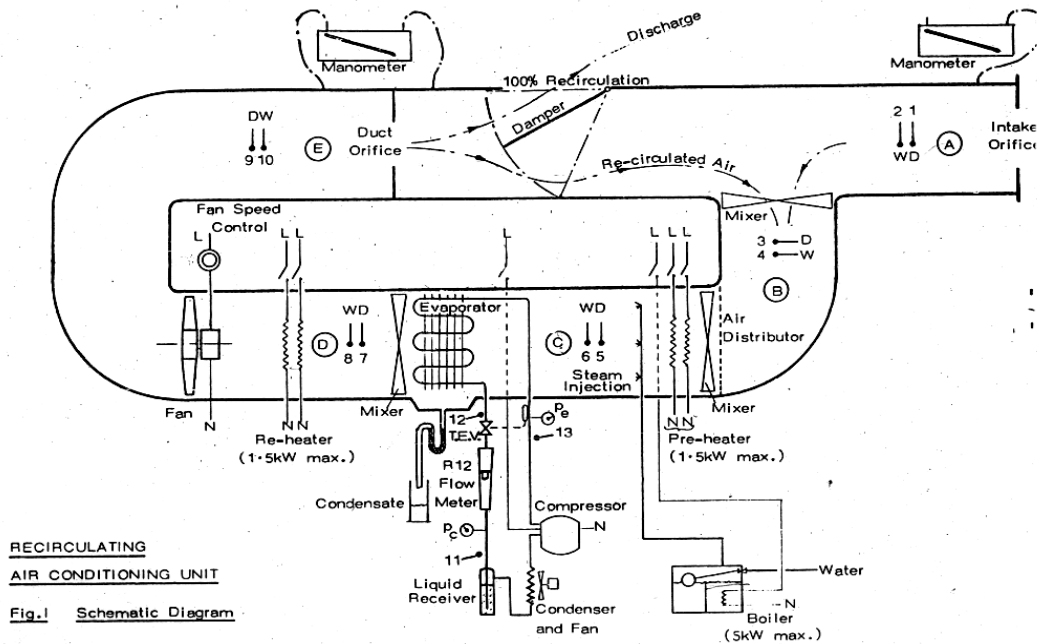
Hampir semua sistem refrigerasi menggunakan refrigeran sintetik seperti R-12, R-22, R-134a, R-502 dan sedikit sekali yang menggunakan refrigeran alami seperti hidrokarbon, dan karbondioksida. Dominasi ini dapat dimaklumi karena refrigeran sintetik pada umumnya mempunyai sifat-sifat teknik yang sangat baik (kestabilan, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan relatif mudah diperoleh). Di samping mempunyai karakteristik teknik yang baik, refrigeran sintetik mempunyai efek negatif terhadap lingkungan. Refrigeran yang mengandung unsur chlor dapat merusak lapisan ozon (Ozone Depleting Potential / ODP) dan yang mengandung unsur flour dapat menimbulkan pemanasan global (Global Warming Potential / GWP) apabila refrigeran tersebut lepas ke atmosfer. Pemakaian hidrokarbon sebagai refrigeran merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini, karena refrigeran hidrokarbon tidak mempunyai efek negatif terhadap lingkungan.

Media pendingin dari bahan CFC untuk AC, lemari es, *cold storage, chiller, water dispenser*, dan mesin pendingin lain untuk industri yang selama ini digunakan harus bersiap-siap tak dipakai lagi. Penolakan terhadap penggunaan refrigeran CFC telah tertuang dalam Konvensi Wina dan Protokol Montreal tahun 1987 dengan keharusan penghentian kegiatan produksi dan penggunaannya. Pemerintah Indonesia sendiri telah memberi batas akhir pengimporan CFC pada akhir tahun 2007, sehingga perlu dikembangkan refrigeran yang tidak merusak lapisan ozon.

Dalam penelitian ini akan dikaji seberapa pengaruh penggantian refrigeran sintetik (R.12) dengan Hycool 12 terhadap unjuk kerja suatu system Air-Conditionung . Penelitian menggunakan seperangkat Recirculating Air Conditioning Unit P A Hilton Ltd Type A770 .

2. Peralatan penelitian

Skema peralatan penelitian yang digunakan seperti Gambar 1 di bawah .



Gambar 1 : Skema peralatan penelitian

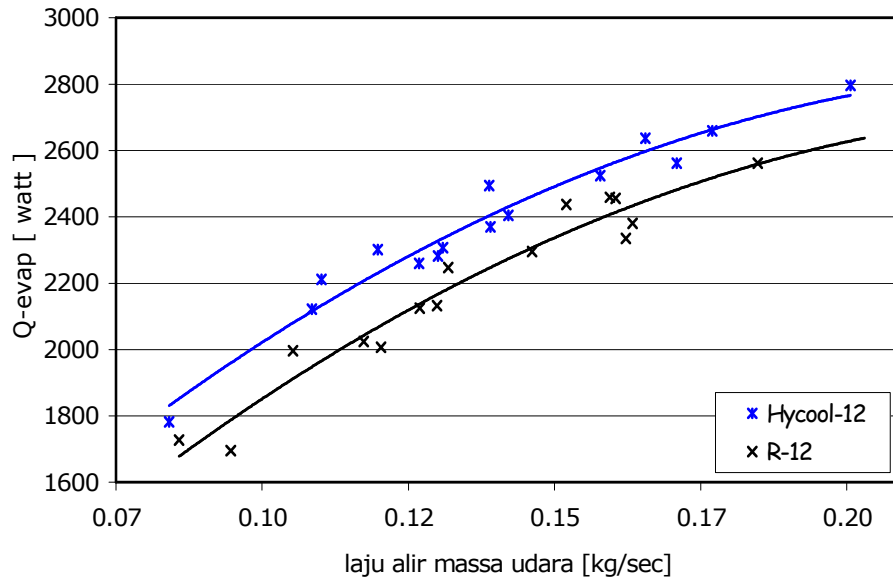
- | | | | |
|----------|---------------------------------------|------------------|----------|
| - Merek | : PA. Hilton Ltd. | - Serial no | : |
| | A-770 | | |
| - Model | : Recirculating Air Conditioning Unit | - Daya kompresor | : 1,5 HP |
| - Buatan | : PA. Hilton Ltd, Hampshire, England | - Refrigerant | : R-12 |

3. Metodologi

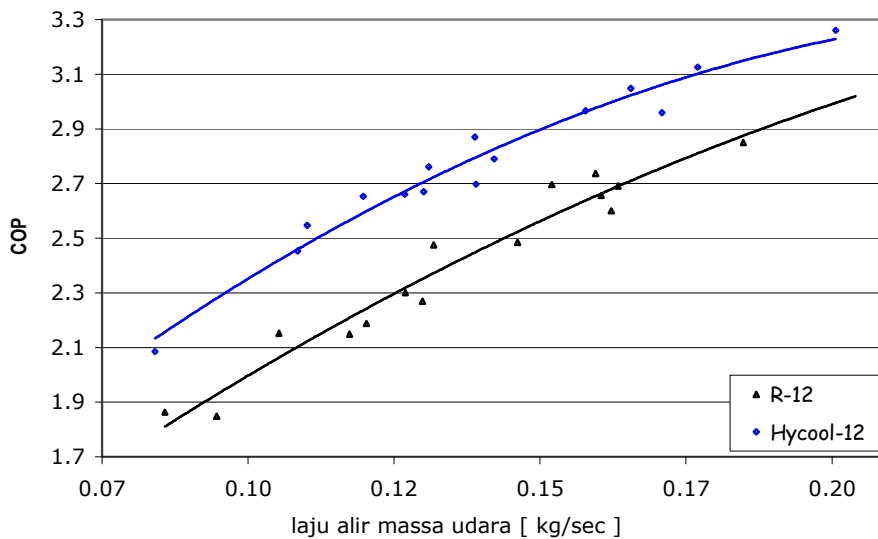
- Pengujian dilakukan dengan membandingkan unjuk kerja mesin refrigerasi menggunakan dua refrigeran yang berbeda, yaitu R-12 dan Hycool-12.
- Variasi pembebanan dilakukan dengan mengubah-ubah laju alir massa udara yang melalui evaporator yang dipanaskan terlebih dulu dengan pemanas udara (air heater) . Udara keluaran evaporator langsung dibuang ke lingkungan sekitar (non recirculating).
- Besarnya laju alir udara dihitung dari kecepatan air kondensasi di evaporator dan perubahan *relative humidity* (ω) udara sebelum dan sesudah melewati evaporator.
- Besarnya panas yang diserap evaporator dapat dihitung dari besarnya laju alir massa udara dan perubahan enthalpi udara sebelum dan sesudah melewati evaporator.
- Pengubahan laju alir massa udara dilakukan dengan memvariasikan kecepatan fan dan besarnya daya *air heater*. Kecepatan fan dapat diatur menggunakan *voltage regulator*, yang besarnya divariasikan antara 70% sampai dengan 110% dengan kenaikan 10%. Sedangkan heater divariasikan sebanyak 3 macam daya, yaitu 500 watt, 1000 watt dan 1500 watt.
- Dari data-data penelitian selanjutnya bisa dihitung variabel unjuk kerja dari sistem, antara lain: kapasitas pendinginan dan COP .

4. Hasil dan Pembahasan

a. Kapasitas pendinginan dan COP fungsi laju aliran massa udara



Gambar 2 : Kapasitas pendinginan fungsi laju aliran massa udara



Gambar 3 : COP fungsi laju aliran massa udara

Dari gambar di atas terlihat bahwa kedua refrigeran mempunyai tren yang sama, yaitu Q_{evap} dan COP meningkat secara non linier seiring dengan bertambahnya laju alir massa udara. Pada

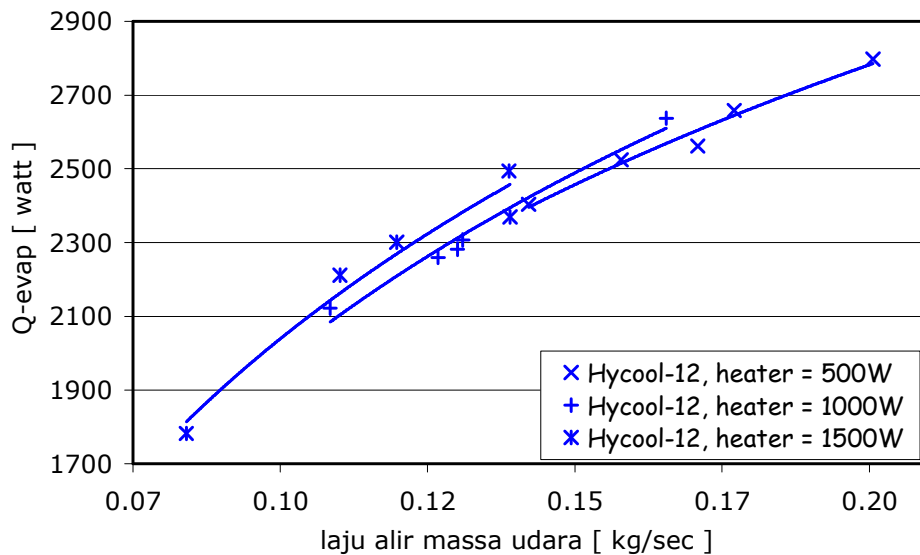
laju alir massa udara yang sama, Q_{evap} dan COP Hycool-12 selalu lebih besar dari pada R-12. Hal ini dapat terjadi karena Hycool-12 mempunyai kalor laten penguapan yang selalu lebih besar dari pada R-12 . Dengan semakin tinggi nilai kalor laten suatu fluida, dibutuhkan energi panas yang lebih besar untuk menguapkan fluida tersebut pada jumlah massa tertentu.

Selain itu, pada laju alir massa udara yang sama, Hycool-12 mempunyai temperatur evaporator yang lebih rendah dari pada R-12 sehingga Hycool-12 mempunyai perbedaan temperatur yang lebih besar antara udara yang masuk dan temperatur evaporator dari pada R-12, sehingga Hycool-12 menghasilkan perpindahan panas di evaporator yang lebih besar dari pada R-12.

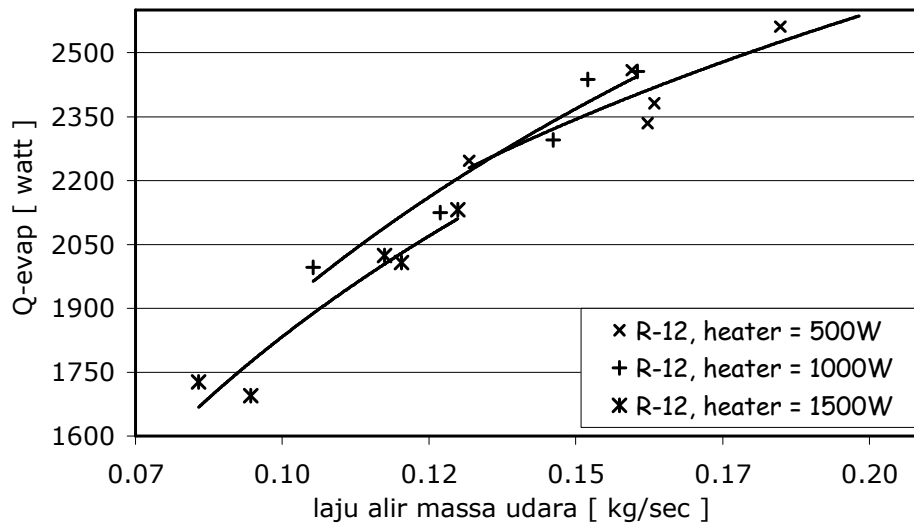
Peningkatan laju alir massa udara semakin meningkatkan Q_{evap} dan W_{in} , tetapi peningkatan Q_{evap} lebih signifikan dari pada peningkatan W_{in} , sehingga dengan meningkatnya laju alir massa udara, COP semakin meningkat lebih signifikan dari pada peningkatan Q_{evap} .

Dari di atas juga terlihat bahwa pada laju alir massa udara yang sama, COP Hycool-12 selalu lebih besar dari pada R-12. Hal ini dapat terjadi karena pada laju alir massa udara yang sama, Hycool-12 mempunyai Q_{evap} yang lebih besar dari pada R-12. Selain itu, W_{in} Hycool-12 juga lebih rendah dari pada W_{in} R-12 sehingga COP Hycool-12 jauh lebih besar dari pada COP R-12.

b. Kapasitas evaporator fungsi laju aliran massa udara pada 3 heater



Gambar 4 : Kapasitas pendinginan fungsi laju aliran massa udara Hycool-12 pada 3 heater

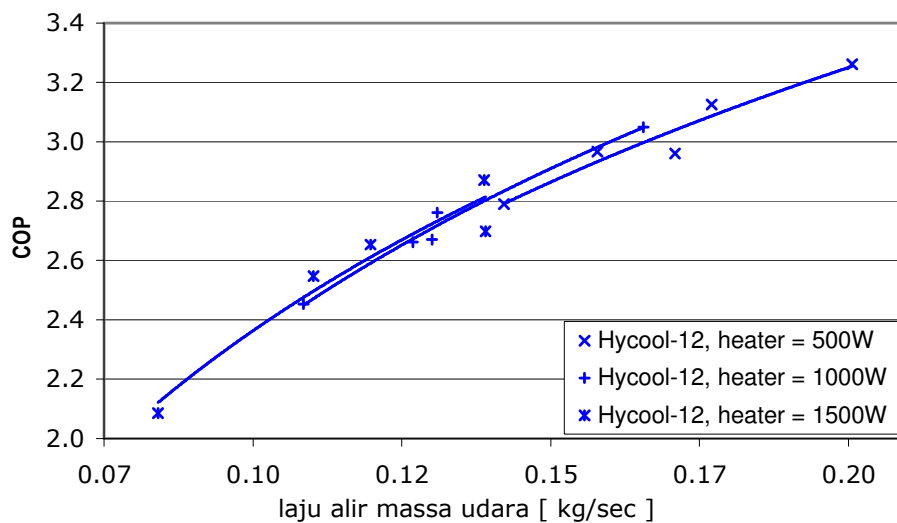


Gambar 5 : Kapasitas pendinginan fungsi laju aliran massa udara R-12 pada 3 heater

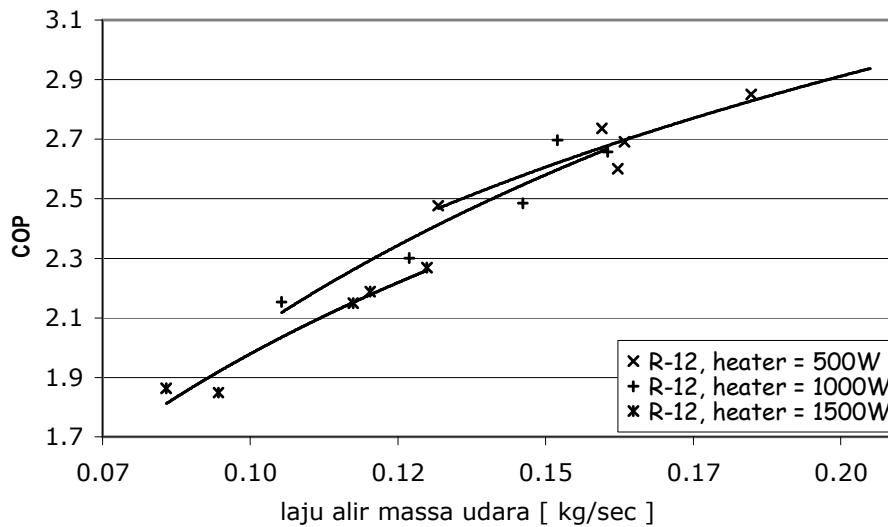
Dari Gambar 4 dan 5 di atas terlihat bahwa kedua refrigeran mempunyai tren yang sama, yaitu untuk beban heater yang lebih rendah akan menghasilkan laju alir massa udara yang lebih besar. Dengan heater 500W akan menghasilkan laju alir massa udara yang paling besar, sedangkan heater 1500W menghasilkan laju alir massa udara yang paling kecil, sedangkan heater 1000W menghasilkan laju alir massa udara di antara heater 500W dan 1500W.

Hal ini dapat terjadi karena dengan daya heater rendah, massa jenis udara menjadi lebih besar dari pada daya heater yang lebih tinggi. Sehingga dengan laju alir volume yang konstan (constan fan speed), daya heater yang lebih rendah udara yang dialirkan mempunyai massa jenis, ρ [kg/m³] yang lebih besar, karena temperaturnya lebih rendah. Dengan massa jenis yang lebih besar, akan menghasilkan laju alir massa yang lebih besar pula.

c. COP fungsi laju aliran massa udara pada 3 heater



Gambar 6 : COP fungsi laju aliran massa udara Hycool-12 pada 3 heater



Gambar 7 : COP fungsi laju aliran massa udara R-12 pada 3 heater

Dari Gambar 6 dan 7 di atas terlihat bahwa kedua refrigeran mempunyai tren yang sama, yaitu COP meningkat secara non linier seiring dengan bertambahnya laju alir massa udara. Sesuai dengan analisa sebelumnya, yaitu Q_{evap} meningkat seiring dengan bertambahnya laju alir massa udara. COP juga meningkat seiring dengan bertambahnya laju alir massa udara karena COP meningkat seiring dengan bertambahnya Q_{evap} . Pada beban heater yang lebih rendah menghasilkan laju alir massa yang lebih besar, sehingga menghasilkan COP yang lebih besar pula. Sedangkan pada heater yang lebih tinggi, menghasilkan laju alir massa udara yang lebih kecil, sehingga menghasilkan COP yang lebih kecil pula.

Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa dengan daya heater 1500W menghasilkan laju alir massa udara yang paling kecil, kemudian dengan daya heater 1000W menghasilkan laju alir massa udara yang lebih besar dari pada daya heater 1500W. Daya heater 500W menghasilkan laju udara yang paling besar.

5. Kesimpulan

1. Hycool-12 merupakan refrigeran hidrokarbon sebagai alternatif pengganti R-12 yang ramah lingkungan
2. Untuk laju aliran massa udara yang sama , daya listrik yang dibutuhkan untuk Hycool-12 lebih hemat dibanding pemakaian R-12 .
3. Penggantian R-12 dengan Hycool-12 tidak perlu mengganti komponen dan minyak pelumasnya (*drop-in substitute*).
4. Hycool-12 mempunyai kapasitas pendinginan dan COP yang lebih tinggi dari pada R-12. Kapasitas pendinginan Hycool-12 lebih tinggi sebesar 5,46 % - 10,51 % dan COP-nya lebih tinggi sebesar 8,53 % - 19,1 % dari pada R-12
5. Kapasitas pendinginan dan COP semakin meningkat dengan bertambahnya laju alir massa udara di evaporator .

6. Daftar Pustaka

- Carrier Air Conditioning Company , 1965 , *Handbook of Air Conditioning System Design*. Mc Graw Hill, New York
- Darmawan P, Ari, 2006. *Modul Pelatihan Untuk Teknisi AC Mobil*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Greg-Harjanto, Suhanan , 2005 , Iso-butane, propane for refrigerant , *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IV (SNTTM-IV)* , Universitas Udayana - Bali.
- Incropera F.D., Dewit P.D., 2002 , *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* , Edisi Empat , John Wiley & sons, New York.
- Moran M.J., Shapiro H.N., 1996 , *Fundamental Of Engineering Thermodynamics*. John Wiley & Sons,inc , New York.
- Prajitno, Harjanto.G. , 2005 . Musicool the generation of the hydrocarbon refrigerant , *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin IV (SNTTM-IV)* , Universitas Udayana - Bali.
- Stoecker F, Jones, J, W (Supratman Hara), 1989 , *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Erlangga , Edisi Kedua , Jakarta.

Lampiran

Tabel 1 : Properties of Saturated Hycool-12

Press. bar	Temperature °C	Specific Vol. m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg.K	
		Sat.Liq	SatVap	Sat.Liq	SatVap	Sat.Liq	hfg	SatVap	Sat.Liq	SatVap
1	-33.06	.00179	.40230	-176.2	211.2	-176.1	427.5	251.4	3.3135	5.5116
2	-15.09	.00186	.21038	-135.9	233.0	-135.5	410.6	275.0	3.6038	5.4969
3	- 3.15	.00191	.14342	-107.1	247.6	-106.5	397.1	290.6	3.7887	5.4942
4	6.09	.00196	.10895	- 84.5	258.8	- 83.7	386.1	302.4	3.9277	5.4952
5	13.73	.00200	.08782	- 65.3	268.0	- 64.3	376.2	312.0	4.0429	5.4976
6	21.15	.00205	.07348	- 46.1	275.9	- 44.9	364.9	320.0	4.1444	5.5008
7	27.03	.00209	.06309	- 30.6	282.8	- 29.2	356.1	327.0	4.2278	5.5042
8	31.36	.00212	.05520	- 19.0	288.9	- 17.3	350.4	333.1	4.2923	5.5079
9	37.15	.00217	.04899	- 3.1	294.4	- 1.2	339.7	338.5	4.3687	5.5115
10	40.55	.00219	.04397	6.3	299.4	8.5	334.8	343.3	4.4196	5.5151
11	45.77	.00224	.03983	21.2	303.9	23.6	324.1	347.7	4.4863	5.5187
12	48.50	.00227	.03634	28.9	308.0	31.7	320.0	351.7	4.5276	5.5222
13	52.11	.00231	.03336	39.5	311.9	42.5	312.8	355.2	4.5761	5.5256
14	55.54	.00234	.03079	49.6	315.4	52.9	305.6	358.5	4.6217	5.5288
15	58.79	.00238	.02855	59.4	318.6	63.0	298.5	361.5	4.6648	5.5319
16	63.30	.00244	.02657	73.5	321.6	77.4	286.7	364.1	4.7190	5.5349
17	65.06	.00246	.02481	78.8	324.4	83.0	283.6	366.6	4.7465	5.5377
18	69.24	.00253	.02323	92.3	327.0	96.9	271.9	368.8	4.7962	5.5404
19	70.44	.00254	.02180	95.8	329.3	100.7	270.1	370.7	4.8176	5.5429
20	73.08	.00258	.02051	104.4	331.5	109.6	262.9	372.5	4.8514	5.5453
21	75.63	.00263	.01933	112.8	333.5	118.3	255.7	374.1	4.8842	5.5475
22	78.08	.00267	.01825	121.1	335.3	126.9	248.5	375.4	4.9158	5.5494
23	80.46	.00272	.01725	129.2	336.8	135.4	241.1	376.5	4.9464	5.5512

Tabel 2 : Properties of Saturated R-12

Press. bar	Temperature °C	Specific Vol. m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg.K	
		Sat.Liq	SatVap	Sat.Liq	SatVap	Sat.Liq	hfg	SatVap	Sat.Liq	SatVap
1	- 30.10	.000672	.16000	8.71	158.2	8.78	165.42	174.2	0.0368	0.7171
2	- 12.53	.000696	.08354	24.43	165.4	24.57	157.53	182.1	0.0992	0.7035
3	- 0.86	.000715	.05690	35.04	170.1	35.26	151.94	187.2	0.1391	0.6969
4	8.15	.000730	.04321	43.35	173.7	43.64	147.36	191.0	0.1691	0.6928
5	15.60	.000744	.03482	50.29	176.6	50.67	143.33	194.0	0.1935	0.6899
6	22.00	.000757	.02913	56.35	179.1	56.80	139.80	196.6	0.2142	0.6878
7	27.66	.000769	.02501	61.75	181.2	62.29	136.41	198.7	0.2324	0.6860
8	32.74	.000780	.02188	66.67	183.1	67.30	133.30	200.6	0.2487	0.6845
9	37.37	.000791	.01942	71.22	184.8	71.93	130.37	202.3	0.2634	0.6832
10	41.64	.000802	.01744	75.46	186.3	76.26	127.54	203.8	0.2770	0.6820
11	45.60	.000813	.01579	79.44	187.7	80.34	124.76	205.1	0.2896	0.6809
12	49.31	.000824	.01441	83.22	188.9	84.21	121.99	206.2	0.3015	0.6799
13	52.80	.000834	.01323	86.82	190.1	87.91	119.39	207.3	0.3126	0.6788
14	56.09	.000845	.01221	90.27	191.1	91.45	116.75	208.2	0.3232	0.6778
15	59.22	.000855	.01132	93.59	192.1	94.88	114.22	209.1	0.3333	0.6768
16	62.19	.000866	.01054	96.80	192.9	98.18	111.62	209.8	0.3429	0.6758
17	65.03	.000877	.00984	99.91	193.7	101.40	109.10	210.5	0.3522	0.6747
18	67.75	.000888	.00921	102.90	194.5	104.50	106.50	211.0	0.3612	0.6736
19	70.37	.000899	.00865	105.90	195.1	107.60	103.90	211.5	0.3698	0.6725
20	72.88	.000910	.00814	108.80	195.7	110.60	101.40	212.0	0.3782	0.6713