

PERBAIKAN RANCANG BANGUN LABORATORIUM KOMPRESOR PADA *HEAT PUMP WATER HEATER*

Engineering Design Modification of the Existing Laboratorium for Compressor on the Heat Water Heater

SUTRISNO¹⁾, MARYADI^{1,2)} dan SAHRUL ANWAR¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Mesin Universitas Islam Assyafi'iyah Jakarta
Email : trisosukoco45@gmail.com

ABSTRACT

Heat pump water heater is a series of devices that function to raise and lower the water temperature. In general, heat pump water uses a compressor as the main media to circulate and increase the pressure of the refrigerant so that the tool can operate. In the heat pump water heater that we repair, we choose to use a hermetic compressor, of course this has gone through various considerations in terms of cost and needs. Compressors themselves are one type of compressor that is commonly used in cooling systems. This compressor is generally used in refrigeration machines, both refrigerators, air conditioners, dryers and many others. In the compressor hermatik compressor and motor drive are in one housing, so that the compressor motor drive is not visible from the outside.

Keywords: *heat pump water heater, compressor, temperature, compressor hermatic*

ABSTRAK

Heat pump water heater adalah suatu rangkaian alat yang berfungsi menaikkan dan menurunkan temperatur air. pada umumnya heat pump water menggunakan kompresor sebagai media utama untuk mensirkulasikan dan menaikkan tekanan refrigerant supaya alat tersebut bisa beroperasi. Pada heat pump water heater yang kita perbaiki, kita memilih menggunakan kompresor hermatik, tentu ini sudah melalui berbagai pertimbangan dari segi biaya dan kebutuhan. Kompresor hermatik sendiri adalah salah satu jenis kompresor yang umum digunakan pada system pendingin. Kompresor ini umumnya digunakan pada mesin pendingin, baik kulkas, *air conditioner*, *dryer* dan masih banyak yang lainnya. Pada kompresor hermatik kompresor dan motor penggerak berada dalam satu *housing*, sehingga pada kompresor ini motor penggerak tidak terlihat dari luar.

Kata Kunci : *heat pump water heater, kompresor, temperature, kompresor hermatik*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara yang terletak didaerah tropis, didaerah dengan iklim tropis suhu udaranya cenderung tinggi yakni antara 20 derajat *celcius* hingga 30 derajat *celcius*, ini didaerah dengan iklim tropis basah. Bahkan didaerah iklim tropis yang kering suhu udaranya bisa mencapai 45 derajat *celcius* pada siang hari dan 10 derajat *celcius* pada malam hari. Akan tetapi walaupun Indonesia terletak didaerah tropis, kebutuhan akan *water Heater* atau pemanas air tetap ada bahkan cenderung meningkat dari tahun-ketahun, ini mungkin disebabkan karena gaya hidup masyarakat kita yang selalu ingin serba instan dan banyaknya pembangunan hotel-hotel berbintang yang mengharuskan memiliki fasilitas *water Heater*. Terutama didaerah perkotaan, yang banyak sekali hotel berdiri.

Dalam tulisan ini saya akan membahas tentang alat pengujian *water Heater* atau sering juga disebut *Heat pump*. Pada dasarnya *Heat pump* atau pompa pemanas ini prinsip kerjanya hampir

sama persis dengan sistem pendingin lainnya seperti *air conditioner* ataupun *dryer* pada pabrik-pabrik dan kulkas. Hanya saja perbedaannya adalah pompa pemanas memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh *refrigerant* yang telah dinaikan tekanan dan temperaturnya oleh kompresor pada kondensor untuk memanaskan air. Sedangkan *air conditioner* atau AC memanfaatkan rendahnya temperatur *refrigerant* pada evaporator untuk menurunkan suhu udara ruangan.

Walaupun jenis *water Heater* sekarang ini begitu banyak akan tetapi pada tulisan ini saya hanya akan membahas *water Heater* yang menggunakan *refrigerant* sebagai media penukar kalornya, dan tentu saja beserta komponen-komponen yang menjadi pendukungnya.

1.2 Batasan Masalah

Mengingat luas dan kompleksnya permasalahan pada mesin *Heat pump water Heater*, maka penulisan proposal skripsi ini saya batasi pada;

- Perbaikan alat uji *heat pump water heater*

- Penambahan atau modifikasi *heat pump water heater*
- Perencanaan ulang kompresor pada *heat pump water heater*

1.3 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai adalah Memilih dan menentukan kompresor yang cocok untuk *Heat pump water Heater*.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Pengertian Umum Water Heater

Water Heater adalah alat yang digunakan untuk memanaskan air yang menggunakan energi sebagai sumber pemanas. Pada awalnya ketika kita membutuhkan air panas maka kita akan memasak air atau memanfaatkan air panas langsung dari alam. Pada tahun 1866 seorang pelukis asal London, Inggris, Benjamin Waddy Maughan menemukan *water Heater domestic instan* pertama. Cara kerja alat ini sederhana yakni air dingin ditempatkan dibagian atas wadah berupa tabung yang juga diisi jaringan kawat-kawat tipis sebagai pengantar panas, dimana dibagian bawahnya diletakan sebuah alat pemanas berbahan bakar gas. Lalu air panas mengalir ke bak mandi tanpa ada perantara. Maughan menamai penemuannya ini dengan nama "Geyser", bahkan hingga saat ini di Inggris *water Heater* sering juga disebut *geyser*.

Suatu saat seorang ahli teknik asal Norwegia, Edwin Rudd memutuskan untuk bermigrasi ke Amerika, tepatnya ke Pittsburgh, Pennsylvania. Di kota itu ia menemukan *blue print* atau cetak biru *water Heater instan* pertama buatan Maughan. Penemuan ini menjadi inspirasi, lalu Rudd mengembangkan penemuan ini menjadi mesin *water Heater* otomatis. Akhirnya ia berhasil membuat *water Heater* otomatis pertama di sekitar tahun 1889, Mesin ini berupa wadah berbentuk tangki penyimpanan air yang suhu airnya bisa di atur secara mekanis dan didistribusikan melalui pipa penyaluran air.

Dewasa ini *water Heater* sudah semakin berkembang, dan sudah banyak sekali sistem yang di pakai dan bahan baku yang semakin baik dari hari ke hari. Hal ini demi kepuasan konsumen yang mengharapkan *water Heater* terbaik untuk mereka. Di bawah ini saya akan mengupas sedikit tipe - tipe *water Heater* yang beredar di masyarakat saat ini ⁽¹⁾.

2.2 Fungsi dan Komponen Heat Pump Water Heater

2.2.1 Kompresor

Kompresor adalah komponen yang sangat penting pada *Heat pump*, sehingga tidak berlebihan jika kompresor disini disebut jantungnya *Heat pump*. Kompresor disini berfungsi untuk mengkompresikan *refrigerant*

dari evaporator menuju kondensor. Kompresor juga berfungsi merubah temperatur dan tekanan rendah *refrigerant* menjadi *refrigerant* dengan tekanan dan temperatur yang tinggi.

2.2.2 Kondensor

Kondensor tak lain adalah komponen penurun temperatur, didalam kondensor ini terjadi kondensasi, sehingga *refrigerant* yang tadinya berbentuk gas akan berubah menjadi cair. Pada AC, panas *refrigerant* didalam kondensor dibuang keudara sekitar dengan didorong oleh fan motor. Sedangkan pada *Heat pump* panas *refrigerant* didalam kondensor dimanfaatkan untuk menaikkan temperatur air didalam tabung kondensor.

2.2.3 Refrigerant Flow Meter

Ini adalah komponen pelengkap pada *Heat pump*, fungsi dari komponen ini sama dengan *flow meter* lainnya, yakni untuk mengetahui laju/*flow*. Karena fluida yang kita gunakan disini adalah *refrigerant*, maka fungsi dari *flow meter* disini adalah untuk mengetahui laju aliran *refrigerant* yang akan menuju kekatup ekspansi.

2.2.4 Silica Gel Dryer

Silica gel dryer ini berfungsi sebagai filter *refrigerant*, terletak diantara kondensor dan *refrigerant flow meter*. Pada sistem pendingin lainnya biasanya filter yang digunakan berbentuk tabung. *Silica gel* ini berfungsi untuk menyerap kotoran dari *refrigerant*.

2.2.5 Katup Ekspansi

Katup ekspansi ini sering juga disebut *tubing kapiler*, fungsi utamanya adalah untuk menurunkan tekanan *refrigerant*.

2.2.6 Evaporator

Fungsi utama dari evaporator adalah sebagai tempat pertukaran panas. Pada evaporator ini juga terjadi perubahan *refrigerant* dari butiran-butiran cair menjadi gas sempurna. Evaporator disini berfungsi untuk menurunkan temperatur air didalam tabung evaporator.

2.3 Klasifikasi Kompresor

Kompresor terdapat dalam berbagai jenis dan model tergantung pada *volume* dan tekanannya. Kompresor dapat dibagi dalam dua jenis utama, yaitu kompresor positif, dimana gas dihisap masuk kedalam silinder dikompresikan dan kompresor nonpositif, dimana gas yang dihisap masuk kedalam dipercepat alirannya oleh sebuah *impeller* yang kemudian mengubah energi kinetik untuk menaikkan tekanan. Berikut ini adalah klasifikasi kompresor ⁽⁷⁾;

2.3.1 Klasifikasi Menurut Kompresi

1. Kompresor torak, bolak-balik (metode kompresi positif)
2. Kompresor torak tingkat ganda (metode kompresi positif)
3. Kompresor putar (metode kompresi positif)
4. Kompresor sekrup (metode kompresi positif)
5. Kompresor *centrifugal* satu tingkat (metode kompresi *centrifugal*)
6. Kompresor *centrifugal* tingkat ganda (metode kompresi (*centrifugal*))

2.3.2 Klasifikasi menurut Bentuk

1. Jenis vertikal
2. Jenis horizontal
3. Jenis silinder banyak (jenis -V, jenis -W, jenis -VV)

2.3.3 Klasifikasi Menurut Kecepatan Putar

1. Jenis kecepatan tinggi
2. Jenis kecepatan rendah

2.3.4 Klasifikasi Menurut Jenis Refrigerant

1. Kompresor ammonia
2. Kompresor Refrigerant
3. Kompresor CO₂

2.3.5 Klasifikasi Menurut Jenis Kompresi

1. Jenis terbuka
2. Jenis hermatik
3. Jenis semi hermatik

2.3.6 Kompresor Hermatik

Pada dasarnya kompresor hermetik hampir sama dengan *compressor* semi *hermetic*, perbedaannya hanya terletak pada cara penyambungan rumah baja (*compressor*) dengan *stator* motor penggeraknya⁽⁸⁾.



Gambar 2.1 Kompresor Hermatik

Sumber :

<https://teachintegration.wordpress.com/hvac-forum/basic/kompresor-hermetic-scroll/>

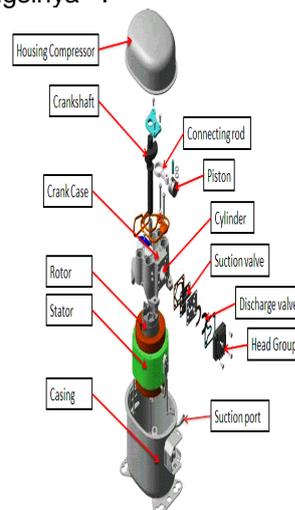
2.3.7 Deskripsi Kompresor Hermatik

Pada *Heat pump* yang akan kita bahas ini jenis kompresor yang akan kita gunakan adalah kompresor hermatik. Kompresor ini umumnya digunakan pada mesin pendingin, baik kulkas,

air conditioner, *dryer* dan masih banyak yang lainnya. Pada kompresor hermatik kompresor dan motor penggerak berada dalam satu *housing*, sehingga pada kompresor ini motor penggerak tidak terlihat⁽⁷⁾.

2.3.8 Komponen dan Fungsi Pada Kompresor Hermatik

Setiap mesin merupakan satu-kesatuan yang didalamnya terdapat komponen-komponen yang memiliki fungsinya masing-masing dan saling terhubung. Berikut ini kita akan jelaskan komponen-komponen dari kompresor hermatik beserta fungsinya⁽⁸⁾.



Gambar 2.2 Kompresor hermatik

Sumber :

<https://teachintegration.wordpress.com/hvac-forum/basic/kompresor-hermetic-scroll/>

1. *Housing* kompresor

Housing kompresor ini berfungsi sebagai rumah dari kompresor itu sendiri. Posisinya berada diatas.

2. *Crank Case*

Berfungsi untuk mengubah gerakan rotasi (berputar) menjadi gerak translasi (lurus bolak-balik).

3. *Rotor*

Bagian ini juga menyerupai *stator*, bedanya *rotor* merupakan lilitan tembaga yang bersifat dinamis. Mengapa bersifat dinamis ? Karena lilitan ini menempel bersama *main shaft* atau poros utama motor yang akan berputar.

sama halnya dengan *stator coil*, semakin banyak jumlah lilitan pada *rotor* maka semakin besar pula putaran yang dihasilkan. Umumnya digunakan tembaga dengan diameter yang kecil. Hal ini bertujuan agar jumlah lilitan lebih banyak walau memerlukan panjang kawat yang besar.ujung lilitan akan terhubung dengan sebuah *rotor* lain yang terletak di ujung poros utama⁽⁸⁾.

4. Stator

Stator termasuk komponen utama motor listrik. Karena komponen ini akan bersinggungan langsung dengan kinerja motor. *Stator* merupakan lilitan tembaga statis yang terletak mengelilingi poros utama. Fungsi *stator* adalah untuk membangkitkan medan magnet di sekitar *rotor*.

komponen ini terdiri dari lempengan besi yang dililit oleh tembaga. Tembaga ini dihubungkan dengan sumber arus. Sehingga ketika lilitan tersebut dialiri arus listrik, akan menyebabkan kemagnetan pada *stator*. Pada sebuah motor umumnya memiliki tiga buah *stator* coil. Hal ini tergantung kapasitas motor itu sendiri tentunya. Semakin banyak jumlah kumparan, maka semakin besar kemagnetan yang dihasilkan. Hal ini tentunya akan mempengaruhi kecepatan motor. Namun untuk motor listrik berukuran mini, umumnya hanya melengkapi *stator* menggunakan magnet *permanent*. Sehingga arus yang digunakan juga lebih ringan⁽⁸⁾.

5. Casing

Komponen ini berfungsi sebagai wadah semua komponen didalamnya, terutama bagian motornya.

6. Connecting Rod

Connecting rod berfungsi untuk meneruskan gaya dari *crank shaft* ke batang torak melalui *cross head*. Agar mampu menahan beban ketika kompresi, *connecting rod* harus tahan bengkok dan juga kuat.

7. Piston

Piston atau torak merupakan *part* yang berperan untuk menghandel gas atau udara pada proses suction (pemasukan), compression (kompresi), dan discharge (pengeluaran).

8. Cylinder

Ketika *Piston* / torak melakukan proses kompresi, *piston* memerlukan lintasan, lintasan yang dimaksud adalah Cylinder.

9. Suction Valve

Suction valve berfungsi sebagai katup masuk atau tempat masuknya *refrigerant* yang akan dikompresi oleh *Piston*.

10. Discharge valve

Discharge valve atau katup *discharge* berfungsi sebagai tempat keluarnya *refrigerant* yang telah dikompresi oleh *Piston* menuju kondensor.

11. Head Group

Komponen ini berfungsi sebagai dudukan dari *inlet valve* dan *discharge valve*. *Head group* juga berfungsi sebagai penahan sehingga terjadi kompresi

12. Suction Port

Suction port berfungsi sebagai tempat masuknya *refrigerant* dari evaporator yang akan dikompresi oleh kompresor⁽⁹⁾.

2.3.9 Prinsip Kerja Kompresor Hermetik

Prinsip dasar kompresi kompresor *scroll* adalah interaksi antara *fixed scroll* (*scroll* yg tdk bergerak) dengan *orbiting scroll* (*scroll* yg bergerak). Kedua *scroll* ini saling bersinggungan identik satu sama lain tetapi berbeda sudut 180 derajat. Orbit dari *scroll* yg bergerak akan mengikuti path/jalur yg dibentuk oleh *scroll* yg tidak bergerak. Keduanya bersinggungan berdasarkan gaya sentrifugal. Ruang kompresi terbentuk dari mulai bagian luar sampai ke bagian dalam dimana *volume* ruang kompresi semakin diperkecil, akibatnya tekanan menjadi naik dan pada akhir kompresi, *refrigerant* keluar dari bagian tengah kedua *scroll* tersebut.



Gambar 2.3 kompresor hermetik

Sumber :

<https://teachintegration.wordpress.com/hvac-forum/basic/kompresor-hermetic-scroll/>

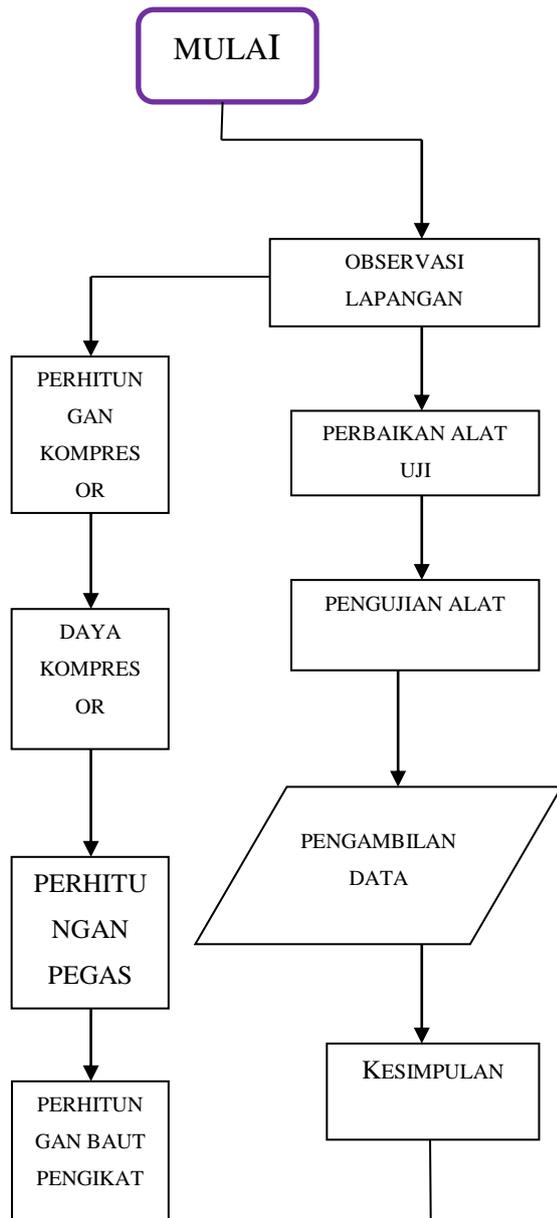
2.3.10 Alasan Memilih Kompresor

Pada *heat pump water heater* yang kita perbaiki, kita memilih jenis kompresor hermetik untuk mensirkulasikan *Refrigerantnya*. Pemilihan kompresor hermetik ini bukan tanpa alasan, ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan. *System* refrigerasi adalah *system loop* tertutup, sehingga diperlukan kompresor tertutup untuk mensirkulasikan *refrigerantnya*. Kompresor yang kita butuhkan adalah kompresor yang tidak memakan tempat terlalu banyak. Sehingga kita memilih kompresor hermetik untuk mensirkulasikan *refrigerant* pada *heat pump*.

Tabel 1. Perbandingan Kompresor

Klasifikasi Kompresor	Jenisnya	Metode Kompresi	Posisi Drive dan Kompresor
Menurut Kompresi	Kompresor Torak	Positif	Terpisah
	Kompresor Torak tingkat ganda	Positif	Terpisah
	Kompresor putar	Positif	Terpisah
	Kompresor screw	positif	Terpisah
	Kompresor sentrifugal	Sentrifugal	Terpisah
	Kompresor sentrifugal tingkat ganda	Sentrifugal	Terpisah
Menurut Bentuk	Vertikal	Positif	Terpisah
	Horizontal	Positif	Terpisah
	Silinder banyak	Positif	Terpisah
Menurut Kecepatan Putar	Kecepatan tinggi		
	Kecepatan rendah		
Menurut Jenis Refrigerant	Ammonia		
	Refrigerant		
	CO2		
Menurut Jenis Kompresi	Terbuka	Positif	Terpisah Terpisah
	Hermetik	Positif	Tergabung
	Semi hermetik	Positif	Terpisah

2.4 Metodologi



2.5 Metode Perhitungan Kompresor

Data perencanaan kompresor adalah sebagai berikut

- ❖ Jenis kompresor = rotary
- ❖ Beban pendinginan = 1500 BTU/hrs (25 BTU/menit)
- ❖ Putaran = 1500 rpm
- ❖ Tekanan kompresor = 15 psi (0,1034 MPa)
- ❖ Tekanan keluar kompresor = 220 psi (1,516 MPa)

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Putaran Motor (rpm)

Kecepatan sinkron motor per menit dapat dicari dengan rumus :

$$ns = \frac{120 \cdot f}{P} \dots(1)$$

Dimana ;

ns= kecepatan sinkron motor (rpm)

f= frekuensi (hz)

p= jumlah kutub motor

jadi: $ns = \frac{120 \cdot 50}{4} = 1500$ rpm Daya

3.2 Kompresor

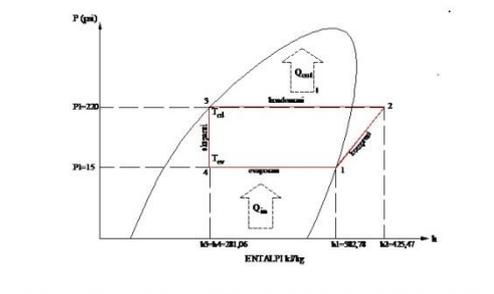
Fungsi kompresor adalah mensirkulasikan refrigerant didalam sistem dan menaikkan tekanan refrigerant dari keluaran evaporator menuju kondensor sampai tekanan tertentu dan temperature tertentu. Dalam perencanaan ini kompresor yang dipakai adalah kompresor jenis rotary. Daya kompresor yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- Daya kompresor teoritis

Catatan:

- ❖ 1 KJ = 0,947817 BTU
- ❖ 1 Kg = 2,2046 lb
- ❖ 1 HP = 3300 ft.lb/min
- ❖ 1 BTU = 778 (ft.lb)
- ❖ 1 HP = 0,7457 KW (745,7 W)

$$m = \frac{\text{beban pendinginan}}{\text{refrigerant effect}} \quad (5)$$



Gambar 4.4 diagram P terhadap h

Dimana:

- ❖ $h_1 = 382$ KJ/Kg (164,56 BTU/lb)
- ❖ $h_2 = 425$ KJ/Kg (183,56 BTU/lb)
- ❖ $h_3 = 281$ KJ/Kg (120,56 BTU/lb)
- ❖ $h_4 = 281$ KJ/Kg (120,56 BTU/lb)
- ❖ m = banyaknya refrigerant yang bersirkulasi
- ❖ beban pendinginan = 1500 BTU/hrs (25 BTU/menit)
- ❖ refrigerant effect (effect pendinginan) = $h_1 - h_4 = 164,5 - 120 = 44,5$ BTU/lb

Maka:

$$m = \frac{25}{44,5} = 0,5617 \text{ lb/min}$$

$$\begin{aligned} P &= m (h_2 - h_1) \\ &= 0,5617 \times (183,56 - 164,56) \\ &= 0,5617 \times 19 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 10,67 \\
&= 10,6741 \times \frac{778}{3300} \\
&= 0,25164 \text{ HP}
\end{aligned}$$

Karena adanya kebocoran, gesekan dari silinder, perpindahan dan kerugian-kerugian lainnya maka kompresor tidaklah sesuai yang diharapkan. Efisiensi total dari kompresor berkisar antara 75% - 80%

- Daya kompresor teoritis (Pe)

$$\begin{aligned}
Pe &= \frac{P}{P_{tot}} \dots\dots(6) \\
&= \frac{10,641}{0,75} = 14,188 \text{ BTU/min} \\
&= 14,188 \times \frac{778}{3300} = 0,33 \text{ HP (0,246 KW)}
\end{aligned}$$

- Daya kompresor pembuktian

Standar pengukurannya adalah 166,66 putaran sebanding dengan 1kw daya yang adalah 166,66 putaran sebanding dengan 1kw daya yang dikonsumsi.
 Satu kali putaran membutuhkan waktu = 118 second
 1KW = 1000 W

$$\text{Daya kompresor pembuktian} = \frac{1000 \cdot 3600}{166,6 \cdot 118} = 183 \text{ W} \quad (0,183 \text{ KW}) \dots\dots\dots (7)$$

3.3 Kecepatan Langkah Torak

Rumus :

$$Cm = \frac{2 \cdot n \cdot L}{60} = \frac{n \cdot L}{30} \quad (4)$$

Dimana ;

L = panjang langkah torak kompresor (m)
 n= kecepatan putaran poros engkol (rpm)
 Cm = kecepatan torak rata-rata (m/s)
 Putaran poros engkol (n) = 1500 rpm dengan panjang langkah torak 13,2 mm (0,0134 m)

Jadi:

$$Cm = \frac{2 \cdot n \cdot L}{60} = \frac{n \cdot L}{30} = \frac{2 \cdot 1500 \cdot 0,0134}{60} = \frac{1500 \cdot 0,0134}{30} = 0,67 \text{ m/s}$$

3.4 Coefisien Of Performance

$$\begin{aligned}
COP &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (8) \\
&= \frac{164,56 - 120}{183 - 164,56} \\
&= \frac{44,56}{18,44} = 2,41
\end{aligned}$$

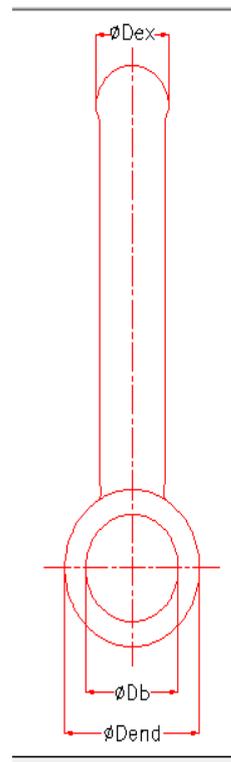
3.5 Efisiensi Kompresi

Efisiensi kompresi dirumuskan:

$$\begin{aligned}
\eta_k &= \frac{\text{daya kompresor teoritis}}{\text{daya kompresor aktual}} \quad (9) \\
\eta_k &= \frac{0,33 \text{ HP}}{0,75} = 85\%
\end{aligned}$$

3.6 Perhitungan Batang Penggerak

Dimensi batang penggerak



Gambar 4.5 batang penggerak

- ❖ panjang batang penggerak

$$\gamma_r = (4 \div 8) R_{le} \quad (24)$$

kita ambil 6 R_{le}

dimana :

R_{le} = jari-jari lintasan engkol (9 mm)

$$\gamma_r = 6 \times 9 = 54 \text{ mm}$$

- ❖ Perhitungan kepala kecil

Diameter kepala (dex) = 10 mm

Clearance atau kelonggaran antara kepala dan bantalan

$$\Delta k = (0,0004 \div 0,0015)$$

Kita ambil $\Delta k = 0,0015$

$$\text{Maka } \Delta k = 0,0015 \times 10 \quad (25)$$

$$= 0,015 \text{ mm}$$

- ❖ Perhitungan kepala besar

Direncanakan diameter pena engkol (d_{cp}) = 13,5 mm.

Diameter dalam bantalan d_p = d_{cp} = 13,5 mm

$$\dots\dots\dots(26)$$

- ❖ Tebal radial metal kepala besar

$$h_b = (0,02 \div 0,05) d_b$$

kita mabil h_b = 0,05

$$h_b = 0,05 \times d_b \quad (27)$$

$$= 0,05 \times 13,5 = 0,675 \text{ mm}$$

- ❖ Kelonggaran diametris (clearance)

$$\Delta c_p = (0,0005 \div 0,001) d_{cp}$$

$$\Delta k = 0,0006 \times d_{cp} \quad (28)$$

$$= 0,0006 \times 13,5 = 0,0081 \text{ mm}$$

- ❖ Diameter dalam kepala besar
$$D_b = d_b + 2 h_b + \Delta c_p \quad (24)$$

$$= 13,5 + 2 \cdot 0,675 + 0,0081 = 14,85 \text{ mm}$$

- ❖ Diameter luar kepala besar
$$D_{end} = (1,2 \div 1,3) D_b$$

Kita ambil $D_{end} = 1,3 \cdot D_b$ (29)

$$= 1,3 \cdot 14,85 = 19,3 \text{ mm}$$

- ❖ Tebala kepala besar
$$A_b = a_k = 2,5 \text{ mm} \quad (30)$$

- ❖ Batang torak

$$d_1 = 6 \text{ mm}$$

$$d = 6 \text{ mm}$$

$$h_d = 1 \text{ mm}$$

$$h_{d2} = 2 \text{ mm}$$

$$H = 3 \text{ mm}$$

$$L_{pr} = 28 \text{ mm}$$

$$d_2 = 4 \text{ mm}$$

a = luas penampang kritis pada batang torak

$$= \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots (31)$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot 4^2 = 12,56 \text{ mm}^2$$

4. Kesimpulan

Pada unit *heat pump water heater* dapat diarik kesimpulan bahwa terdapat alat-alat yang berfungsi sebagai penguapan cairan *refrigerant* atau yang kita sebut dengan evaporator, pengembunan uap *refrigerant* (kondensor), alat untuk menurunkan tekanan *refrigerant* (katup ekspansi), dan alat yang berfungsi untuk menaikkan tekanan serta mensirkulasikan *refrigerant* yaitu kompresor.

Setelah dilakukan perhitungan maka dapat dituliskan hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

- ❖ Daya penggerak atau kompresor yang dibutuhkan (P_{mk}) = 183 W = 0,24 HP
- ❖ Jumlah silinder 1 dan posisinya horizontal
- ❖ Kecepatan langkah torak 0,67 m/s
- ❖ Putaran poros engkol (n) 1500 rpm

Batang penggerak

- ❖ Panjang batang penggerak (γ_r) = 37,9 mm
- ❖ Volume batang penggerak (V_c) = 752,75 mm³
- ❖ Diameter kepala kecil (d_{ex}) = 10 mm
- ❖ Diameter kepala besar = 19,3 mm
- ❖ Berat batang penggerak = 57,95 x 10⁻³
- ❖ Diameter poros (d_{cp}) = 17 mm

Pegas

- ❖ Diameter pegas (D_p) = 14 mm
- ❖ Diameter kawat (d_k) = 1,422 mm
- ❖ Jumlah gulungan yang aktif (n') = 13 gulungan
- ❖ Panjang keadaan bebas (L_b) = 29,486 mm
- ❖ Jarak antara gulungan (p) = 2,45 mm
- ❖ Energy yang tersimpan dalam pegas ulir (U) = 0,245 mm

Baut Pengikat

- ❖ Diameter dalam (d_1) = 4,29 mm
- ❖ Diameter luar (d_2) = 4,5 mm
- ❖ Tinggi ulir (H_{ulir}) = 24 mm

Nilai-nilai dari hasil perhitungan dan perencanaan diatas hanya merupakan nilai awal awal dari kontruksi kompresor hermatik. Dari nilai-nilai diatas kita bisa menentukan kompresor yang pas untuk heat pump water heater. Pada perhitungan perencanaan kompresor diatas hasilnya tidak selalu sesuai dengan *actual* dilapangan. Tapi paling tidak, itu bisa dijadikan sebuah barometer untuk pembuatan kompresor.

DAFTAR PUSTAKA

1. Barita1), Eson Rudianto Silaban2), Zainuddin3),Eswanto4. 1, Mei 2018. Pengaruh Kinerja Kompresor Pada Mesin Pendingin Dengan Penggunaan Variasi Bahan Refrigeran. 53
2. Bustami Mustafa, Ir . M.sc. Pompa dan Kompresor Teknik Mesin Universitas Trisakti, Jakarta . 1999
3. Chlumsky, Vladimir . 1965 . Reciprocatinf and Rotary Compressor. SMTC – Publisher, Paraque . 1965
4. Diktat Praktikum Permesinan Universitas Indonesia
5. D. Tamara Dirasutisna. 2010. Dasar-Dasar Fisika Mekanika Dan Fisika Fluida
6. Gere and Timoshenko . Mekanika Bahan Penerbit Erlangga, Jakarta 1987
7. Ingersoll Rand Sib Basic Training I PT. Fajar Mas Murni
8. JENIS-JENIS REFRIGERAN (BAHAN PENDINGIN). <http://margionoabdil.blogspot.com/2013/09/jenis-jenis-refrigeran.html>. 03 september 2016
9. J. M. Homs, oleh Sukiran Kompresor . Penerbit Buku Teknik H. STAM Jakarta.
10. Klasifikasi kompresor.
11. Khovakh, M. Motor Vehicle Engines Mir Publishers. Moscow 1998
12. Kompresor Hermatik. <https://teachintegration.wordpress.com/hva-c-forum/basic/kompresor-hermetic-scroll/> 23 januari 2018
13. Komponen Utama Kompresor. <https://www.indotara.co.id/komponen->

- utama-kompresor-*PISTON*&id=605.html. 23 Januari 2018
14. Kusnandar, Gusniawan, Fajar Sentosa. 1 maret 2016. Kajian Eksperimen Heat Exchahger Pada Heat Pump Menggunakan Refrijeran Hidrokarbon. Volume 7. halaman 9.
 15. Petrofsky , N . Marine Internasional Combustion Engines. Mir Publishers. Moscow
 16. Prinsip Kerja Sistem Pendingin tipe *Absorpsi*.
<https://taufiqurrokhman.wordpress.com/2014/02/28/prinsip-kerja-mesin-pendingin-2/>.
28 februari 2017
 17. Sukiran. KOMPRESOR.
 18. Sularso dan Haruo Tahara . Pompa dan Kompresor . PT. Pradnya Paramita . Jakarta 1991.
 19. Syahril Zein , Ir . Elemen Mesin I . Yayasan Perguruan Tinggi CIKINI . ISTN . Jakarta . 1992
 20. Syahril Zein , Ir . Elemen Mesin III. . Yayasan Perguruan Tinggi CIKINI . ISTN . Jakarta . 1992
 21. Water Heater || Pengertian dan Jenisnya.
<https://projectmedias.blogspot.com/2013/12/water-heater-pengertian-dan-jenisnya.html>. 12/29/2015.