

BAB III

METODE PENELITIAN (BAHAN DAN METODE)

Tahapan-tahapan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan Penelitian

Pada tahapan ini akan dilakukan studi literatur dan pendalaman pemahaman terhadap konsep mesin refrigerasi hibrida yang menggunakan refrigeran hidrokarbon substitusi R-22 dan refrigeran halokarbon R-22, dengan mempelajari buku-buku dan jurnal-jurnal penelitian terbaru yang relevan.

2. Tahap Pembuatan Alat Uji

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan alat uji yaitu sebuah mesin refrigerasi uap hibrida yang dapat menggunakan refrigeran hidrokarbon substitusi R-22 dan refrigeran halokarbon R-22.

3. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan data-data yang diperlukan dengan menggunakan beberapa macam alat ukur antara lain : *pressure gauge*, termometer, multimeter, stopwatch.

4. Tahap Analisis Data

Data yang diperoleh akan ditabulasikan dan dilakukan perhitungan sesuai prinsip-prinsip termodinamika yang berlaku, selanjutnya ditabelkan dan diplot dalam berbagai grafik yang dapat memberikan informasi-informasi mengenai pengaruh temperatur masuk dan keluar evaporator, temperatur masuk dan keluar kondensor, laju aliran air pengisi dan laju aliran massa refrigeran, tekanan pada sisi masuk kompresor, tekanan pada sisi keluar

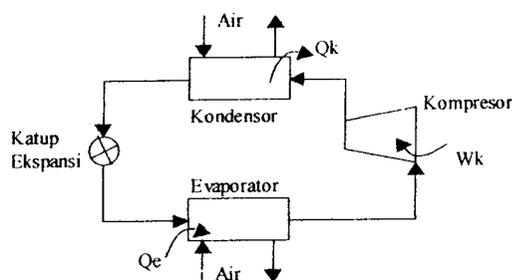
kompresor, tekanan keluar kondensor dan tekanan masuk evaporator terhadap unjuk kerja sistem

5. Tahap Pembuatan Laporan

Laporan hasil penelitian ini dipublikasikan di jurnal-jurnal ilmiah terakreditasi, atau dipublikasikan di seminar-seminar yang relevan, sehingga dapat diperoleh masukan-masukan untuk kesempurnaan penelitian selanjutnya.

3.1 Peralatan Pengujian

Instalasi alat uji Mesin Pendingin Kompresi Uap Hibrida mempunyai komponen-komponen utama yaitu kompresor, kondensor, pipa kapiler, meja alat uji, pompa air sirkulasi, serta instrumen pengukuran.



Gambar 3.1 Siklus Kompresi Uap Ideal dengan Pendingin Air

3.2 Alat Ukur

Alat ukur digunakan untuk mengukur besaran-besaran pada pengujian. Alat ukur yang diperlukan yaitu alat ukur tekanan, temperatur, tegangan listrik, arus listrik dipasang pada titik-titik yang perlu diuji dan diambil datanya.

3.2.1 Alat Ukur Temperatur

Alat ukur temperatur di pasang pada pipa saluran refrigeran, dengan tujuan agar temperatur pada masing-masing keadaan dapat diketahui.

Alat pengukur temperatur yang digunakan pada pipa saluran refrigeran adalah termokopel dengan penunjuk digital. Alat ukur temperatur juga digunakan untuk mengukur temperatur air masuk dan keluar pada kondensor dan evaporator. Selain itu juga digunakan untuk mengukur temperatur ruangan pendingin dan ruangan pemanas. Pada pengujian kali ini digunakan termometer digital.

3.2.2 Alat Ukur Tekanan

Alat ukur tekanan digunakan untuk mengukur tekanan yang terjadi pada masing-masing keadaan pipa saluran refrigeran. Alat ukur yang digunakan pada pengujian kali ini adalah tabung bourdon.

3.2.3 Alat ukur Listrik

Pengukuran daya kompresor dilakukan dengan mengetahui tegangan listrik masukan ke kompresor dan pengukuran arus listrik pada saat kompresor beroperasi. Tegangan listrik di ukur menggunakan Voltmeter dan arus listrik diukur dengan menggunakan ampermeter.

Daya kompresor dapat dihitung dengan persamaan :

$$W_k = \eta_m \times V \times I \times \cos\phi \quad (4.1)$$

dimana : W_k = daya kompresor (Watt)

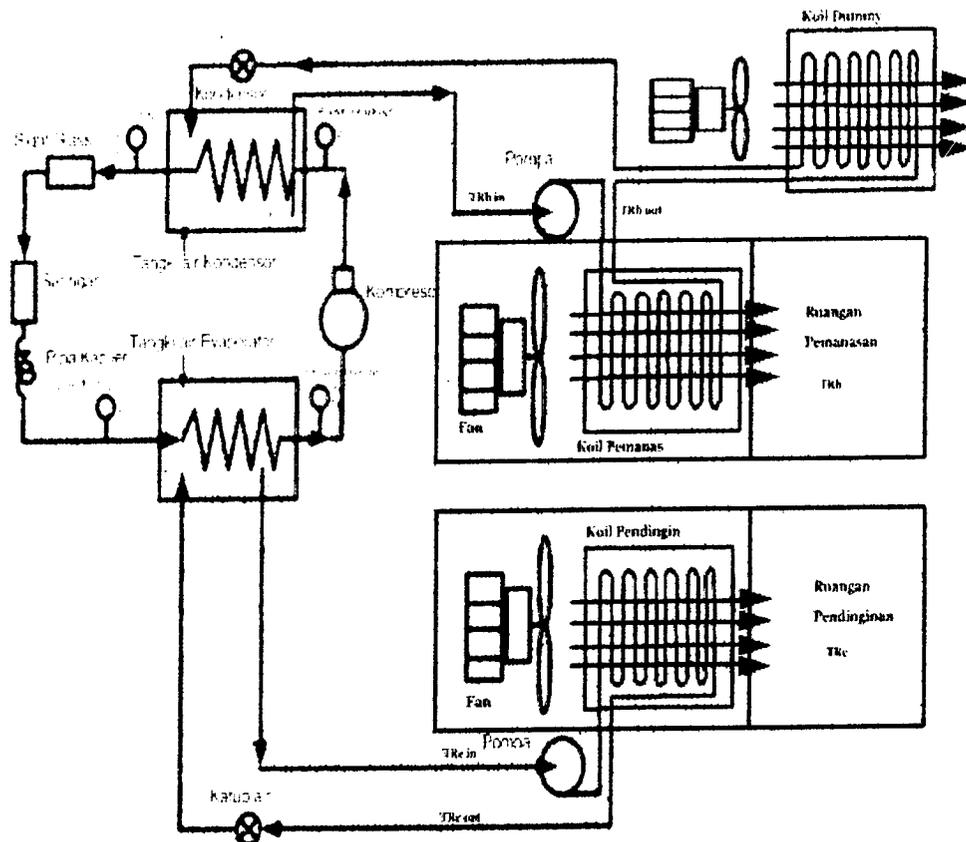
η_m = efisiensi motor = 0,8

$\cos\phi$ = faktor daya = 0,83

V = tegangan motor listrik (V)

I = arus motor listrik (A)

3.3 Instalasi Alat Uji



Gambar 3.2 Instalasi Alat Uji Mesin Refrigerasi Hibrida

Instalasi ini merupakan instalasi mesin pendingin kompresi uap hibrida yang berfungsi sebagai mesin pendingin pada lemari pendingin dan pompa kalor pada

lemari pengering. Untuk instalasi siklus primer (siklus refrigeran) , kompresor, sight glass, filter drier, katup ekspansi, kondensor dan evaporator ditempatkan di atas meja dudukan. Sedangkan koil pendingin, koil pemanas, pompa air sirkulasi, ditempatkan di bagian bawah meja dudukan alat.

3.4 Refrigeran Uji

Refrigeran yang digunakan dalam sistem refrigerasi hibrida ini adalah refrigeran Halokarbon R-22 dan hidrokarbon jenis Hycool HCR-22. Refrigeran hidrokarbon jenis Hycool HCR-22 ini hasil produksi PT. Citra Total Buana Biru, salah satu produsen refrigeran hidrokarbon di Indonesia. Penanganan refrigeran hidrokarbon untuk digunakan sebagai refrigeran pada mesin refrigerasi harus mengikuti petunjuk baku, dalam hal ini digunakan Petunjuk Praktis Konversi dan Perbaikan Peralatan Refrigerasi dengan Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon secara aman.

3.5 Pelaksanaan Pengujian Kinerja Mesin Refrigerasi Hibrida

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian performansi mesin refrigerasi antara lain dampak pemanasan, dampak pendinginan, daya kompresi, COP, PF, TP. Pengaruh variasi laju massa air di kotak evaporator terhadap tekanan dan temperatur evaporasi dan kondensasi.

3.6 Variabel-Variabel Yang di Ukur

1. Temperatur saat memasuki kompresor (T1)

2. Tekanan saat memasuki kompresor (P_1)
3. Temperatur saat memasuki kondensor (T_2)
4. Tekanan saat memasuki kondensor (P_2)
5. Temperatur keluaran kondensor (T_3)
6. Tekanan keluaran kondensor (P_3)
7. Temperatur saat memasuki evaporator (T_4)
8. Tekanan saat memasuki Evaporator (P_4)
9. Temperatur air masuk kotak kondensor ($T_{h \text{ in}}$)
10. Temperatur air keluar kotak kondensor ($T_{h \text{ out}}$)
11. Temperatur air masuk kotak evaporator ($T_{c \text{ in}}$)
12. Temperatur air keluar kotak evaporator ($T_{c \text{ out}}$)
13. Temperatur air masuk ruang pemanas ($T_{rh \text{ in}}$)
14. Temperatur air keluar ruang pemanas ($T_{rh \text{ out}}$)
15. Temperatur air masuk ruang pendingin ($T_{rc \text{ in}}$)
16. Temperatur air keluar ruang pendingin ($T_{rc \text{ out}}$)
17. Temperatur ruang pemanas (T_{rh})
18. Temperatur ruang pendingin (T_{rc})

3.7 Pengolahan Data Hasil Pengujian

Data yang diperoleh dari pengujian melalui pengukuran adalah berupa sifat-sifat dari refrigerant, air, dan data listrik. Sifat-sifat itu diantaranya adalah temperatur, tekanan, massa, waktu, kecepatan serta tegangan dan arus listrik. Untuk

mendapatkan karakteristik dan peformansi mesin, data awal tersebut harus diolah terlebih dahulu.

Pada bagian analisis ini tidak semua proses pengolahan data ditampilkan, tapi cukup diwakili oleh satu contoh perhitungan. Demikian juga untuk hasil perhitungan, yang akan ditampilkan hanya hasil akhir dalam bentuk grafik. Sedangkan hasil perhitungan lainnya, yaitu dalam bentuk tabel, disajikan dalam lampiran. Untuk mengetahui kinerja mesin maka dihitung pula besarnya kerja kompresor, dampak pendinginan dan pemanasan yang bermanfaat untuk menghitung COP, PF dan TP.

3.8 Perhitungan sisi refrigeran (Siklus Primer)

Sampel data yang akan diolah diambil dari percobaan no.1 pada refrigeran R-22 kondisi stabil.

$$P1 = 42,5 \text{ Psi} \qquad T1 = -0,8$$

$$P2 = 355 \text{ Psi} \qquad T2 = -0,7$$

$$P3 = 360 \text{ Psi} \qquad T3 = 52,1$$

$$P4 = 54 \text{ Psi} \qquad T4 = 1$$

Dengan menggunakan tabel sifat termodinamika R-22 didapatkan entalpi untuk masing-masing tingkat keadaan yaitu :

$$h_1 = 408,9 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 449,8 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 265,9 \text{ kJ/kg}$$

1. Laju aliran massa refrigeran

Laju aliran massa refrigeran dapat ditentukan dari kesetimbangan massa dan energi dari evaporator. Untuk lebih jelasnya hubungan ini dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\dot{m}_{ref} = \frac{W_k}{h_2 - h_1} \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ref} &= \frac{0.622}{449,8 - 408,9} \\ &= 0.0152 \end{aligned}$$

dimana : \dot{m}_{ref} : laju aliran massa refrigeran (kg/s)

W_k : Kerja kompresor (kW)

h_1 : entalpi refrigeran yang masuk evaporator (kJ/kg)

h_2 : entalpi refrigeran keluaran evaporator (kJ/kg)

2. Pelepasan kalor oleh kondensor (Q_k)

Pelepasan kalor pada kondensor dipengaruhi oleh laju aliran massa refrigeran dan perubahan entalpi pada kondensor. Persamaan yang digunakan untuk pelepasan kalor pada kondensor ini dipakai persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_k &= \dot{m}_{ref} (h_2 - h_3) \\ &= 0.0152(449,8 - 265,9) \\ &= 2.795 \end{aligned} \quad (4.3)$$

dimana : Q_k = pelepasan kalor pada kondensor (kW)

\dot{m}_{ref} = laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_2 = entalpi sebelum masuk kondensor (kJ/kg)

h_3 = entalpi keluaran kondensor (kJ/kg)

3. Penyerapan kalor oleh evaporator (Q_e)

Untuk nilai penyerapan kalor pada evaporator juga dipengaruhi oleh laju massa aliran refrigeran dan perubahan entalpi pada evaporator. Persamaan yang dipakai untuk menjelaskan hubungan antar variabel diatas adalah :

$$Q_e = \dot{m}_{ref}(h_1 - h_4) \quad (4.4)$$

dimana : Q_e = Penyerapan kalor pada evaporator (kW)

\dot{m}_{ref} = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_1 = entalpi sesudah melewati evaporator (kJ/kg)

h_4 = entalpi sebelum memasuki evaporator (kJ/kg)

Dengan memasukkan data-data yang didapatkan kedalam persamaan 4.4, maka didapatkan nilai penyerapan kalor pada evaporator, yaitu :

$$Q_e = 0,0152 \text{kg/s} (408,9 - 265,9) \text{kJ/kg}$$

$$Q_e = 2,174 \text{kW}$$

Kedua nilai dari pelepasan kalor oleh kondensor dan penyerapan kalor oleh evaporator tersebut akan digunakan untuk perhitungan koefisien dari mesin pendingin kompresi uap.

4. Koefisien perfomansi mesin pendingin

Koefisien perfomansi pada Mesin Pendingin Kompresi Uap terdiri atas dua jenis, yaitu koefisien perfomansi mesin sebagai pendingin dan koefisien perfomansi mesin

untuk tujuan pemanasan yang biasa disebut koefisien performansi pompa kalor. Apabila operasi mesin dimaksudkan untuk tujuan pendinginan, maka indeks prestasi sistem sebanding dengan panas yang diserap evaporator dibanding dengan kerja kompresor sebenarnya.

$$\text{COP} = \frac{Q_c}{W_k} \quad (4.5)$$

dimana : COP = koefisien performansi mesin pendingin (*Coeffisient Of Perfomance*)

Q_c = penyerapan kalor pada evaporator (kW)

W_k = kerja kompresor (kW)

Dengan memasukan data-data yang sudah diolah di atas, maka COP dari mesin pendinginan adalah :

$$\text{COP} = \frac{2,174\text{kW}}{0,622\text{kW}}$$

$$\text{COP} = 3,495$$

Jika operasi dimaksudkan untuk tujuan pemanasan, maka indeks prestasi sistem merupakan perbandingan antara panas yang dilepaskan kondensor dengan kerja kompresor sebenarnya.

$$\text{PF} = \frac{Q_k}{W_s} \quad (4.6)$$

dimana : PF = performansi pompa kalor (*Perfomance Factor*)

Q_k = pelepasan kalor pada kondensor (kW)

$$W_s = \text{kerja isentropik ideal kompresor} \quad (\text{kW})$$

Dengan cara yang sama pada persamaan 4.6 sebelumnya maka didapat nilai dari performansi faktor mesin pendingin sebagai berikut :

$$PF = \frac{2,795 \text{ kW}}{0,622 \text{ kW}}$$

$$PF = 4,49$$

$$TP = \frac{(q_k + q_c)}{w_k} = 7,99$$