

BAB IV

METODE PENELITIAN

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 mempelajari buku-buku dan jurnal-jurnal penelitian terbaru yang relevan. Studi literatur ini dapat dilakukan di perpustakaan maupun melalui internet.

2. Tahap Penyiapan Alat Uji

Pada tahapan ini dilakukan penyiapan alat uji yang ada di Lab. Perawatan dan Perbaikan Teknik Mesin, UNRI dengan menyesuaikan dan menambahkan perangkat/peralatan yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian, seperti penambahan ruang pendingin dengan ukuran 1,6 m x 2 m x 2 m. Alat uji yang digunakan adalah dengan memodifikasi perangkat pengkondisian udara dan melakukan penambahan beberapa komponen yang dapat melayani pengujian untuk pengambilan data yang diperlukan.

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. Data-data yang diambil meliputi temperatur air masuk dan keluar koil pendingin (indoor unit) pada ruang pendingin, temperatur air masuk dan keluar koil pemanas pada ruang pemanas, temperatur udara melewati sirip koil pendingin, temperatur ruang pendingin, temperatur tangki air dingin, temperatur tangki air panas, temperatur ruang pemanas. laju aliran air masuk dan keluar evaporator, laju aliran air masuk dan keluar kondensor, tekanan pada sisi masuk kompresor, tekanan pada sisi keluar kompresor, tekanan keluar kondensor dan tekanan masuk evaporator.

4. Tahap Analisis Data

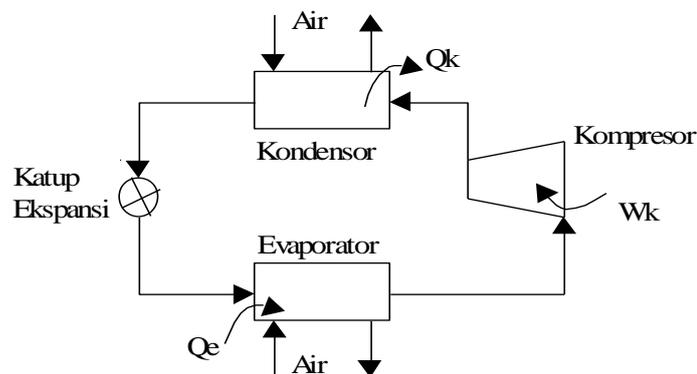
Data yang diperoleh akan ditabulasikan dan dilakukan perhitungan sesuai prinsip-prinsip termodinamika yang berlaku, selanjutnya akan diplot dalam berbagai grafik yang dapat memberikan informasi-informasi mengenai pengaruh temperatur masuk dan keluar evaporator, temperatur masuk dan keluar kondensor, 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

Pada tahapan ini seluruh hasil yang diperoleh dari tahapan sebelumnya dibuat dalam bentuk laporan hasil penelitian. Laporan hasil penelitian ini juga dapat dipublikasikan di jurnal-jurnal ilmiah terakreditasi, atau dipublikasikan di seminar-seminar yang relevan, sehingga dapat diperoleh masukan-masukan untuk kesempurnaan penelitian selanjutnya.

4.1 Peralatan Pengujian

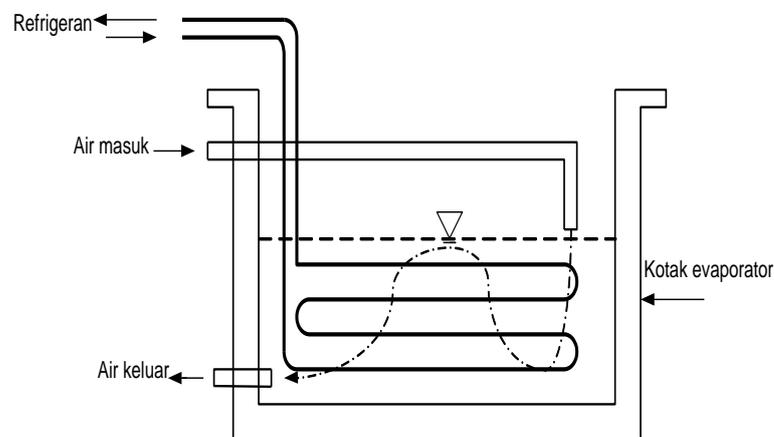
Instalasi alat uji Mesin Pendingin Kompresi Uap Hibrida mempunyai komponen-komponen utama yaitu kompresor, kondensor, pipa kapiler, meja alat uji, pompa air sirkulasi, serta instrumen pengukuran.



Gambar 4.1 Siklus Kompresi Uap Ideal dengan Pendingin Air

4.1.1 Evaporator

Evaporator adalah alat penukar kalor yang dalam proses perpindahan panasnya fluida kerjanya, dalam hal ini refrigeran mengalami perubahan fasa. Seperti halnya alat penukar kalor lainnya, evaporator memiliki banyak jenis. Dari hasil perancangan yang digunakan adalah evaporator jenis tabung dan pipa (shell and tube) dimana refrigeran mendidih dalam pipa dan air sebagai fluida pendingin dan masih didalam cangkang. Lualan pipa di dalam tabung dibuat berselang-seling yang tujuannya untuk meningkatkan koefisien perpindahan panas evaporator ini.



Gambar 4.2 Skema aliran air dalam kotak evaporator

4.1.2 Kondensor

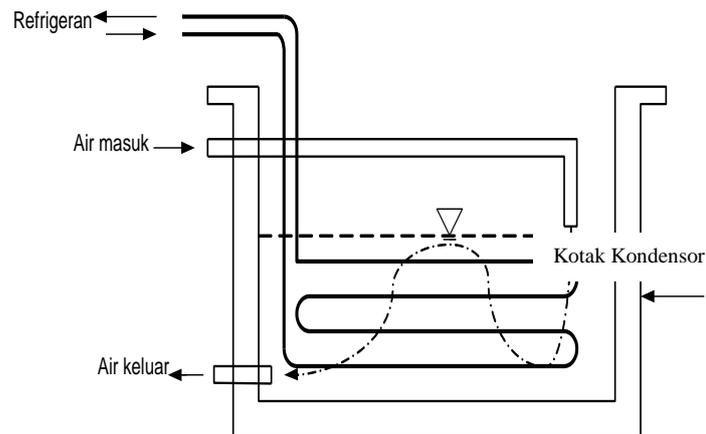
Bentuk kondensor direncanakan sama dengan bentuk evaporator yaitu jenis tabung dan pipa (*Shell and Tube*) tetapi fenomenanya berbeda dengan evaporator karena refrigeran mengembun didalam pipa dan air sebagai fluida pendingin mengalir diluar pipa dan masih di dalam cangkang. Lualan pipa didalam tabung dibuat berselang seling yang tujuannya untuk meningkatkan koefisien perpindahan panas kondensor ini.

4.1.3 Alat ekspansi

Salah satu komponen pengatur aliran dalam sistem pendingin adalah alat ekspansi. Alat ini secara umum memiliki dua fungsi yaitu mengekspansikan cairan

refrigeran dari tekanan kondensor menjadi tekanan evaporator dan mengatur suplai cairan refrigeran ke evaporator pada laju aliran yang sesuai dengan beban pendinginan.

Alat penurun tekanan yang digunakan pada pengujian ini adalah jenis pipa kapiler, yaitu pipa tembaga dengan diameter dalam yang sangat kecil hanya beberapa milimeter atau kecil dari satu milimeter.



Gambar 4.3 Skema aliran air pada kondensor

4.1.4 Filter

Alat ini berfungsi untuk mengurangi kandungan air yang tercampur di dalam refrigeran, ini diperlukan mengingat pengaruh kandungan air pada pipa refrigeran sangat buruk yaitu :

- Membentuk zat yang korosif jika bereaksi dengan refrigeran
- Menyumbat saluran refrigeran, pada katup ekspansi dan pipa kapiler.

Filter di pasang diantara kondensor dan pipa kapiler yang berfungsi untuk melindungi kapiler dari pengaruh air yang terbawa dalam refrigeran sehingga kapiler dapat bekerja dengan optimal.

4.1.5 Sight glass (kaca penduga)

Sight glass biasanya dipasang pada jalur cair pada sistem pendingin. Sight glass akan menunjukkan gelembung-gelembung udara jika jumlah refrigeran dalam sistem

sedikit. Jika jumlah refrigeran cukup maka sight glass akan penuh dengan cairan. Sight glass tidak akan memperlihatkan apapun jika tidak ada cairan pada saluran.

Sight glass mungkin akan menunjukkan beberapa gelembung ketika sistem ini pertama kali dijalankan atau pada saat sistem berhenti. Kondisi ini adalah kondisi normal, dimana tidak menunjukkan adanya kekurangan jumlah refrigeran pada sistem.

4.1.6 Pompa Sirkulasi Air

Untuk mensirkulasikan air pada evaporator dan kondensor dibuat pemipaan sederhana, dengan menggunakan beberapa katup. Instalasi pemipaan tidak terlalu panjang, namun diperlukan tinggi yang cukup agar air dapat bersirkulasi dengan baik. Pompa yang digunakan harus tahan terhadap temperatur rendah dan sedang. Agar laju air masuk ke evaporator dan kondensor mudah diukur, maka sistem sirkulasi air dilengkapi dengan katup-katup pengatur.

Untuk instalasi siklus refrigeran maka kompresor, *sight glass*, *filter*, pipa kapiler, evaporator dan kondensor, ditempatkan pada bagian atas meja dudukan alat. Koil pendingin, koil pemanas, pompa air sirkulasi, ditempatkan di bagian bawah meja dudukan alat.

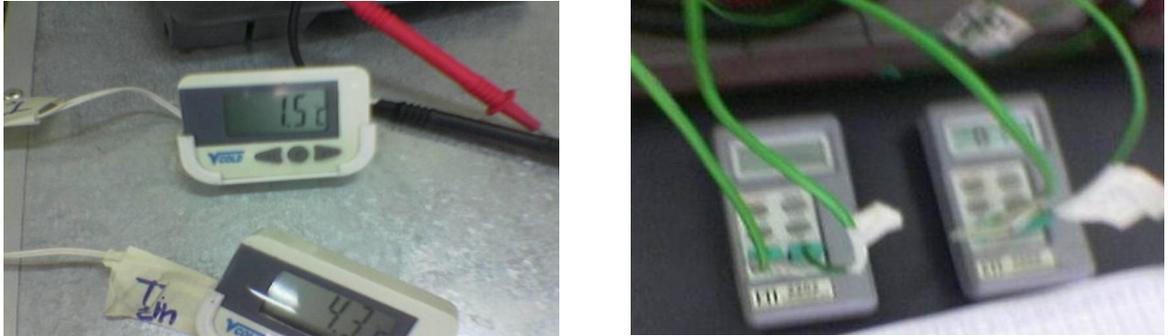
4.2 Alat Ukur

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.

4.2.1 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.



Gambar 4.4 Termometer dan termokopel dengan penunjuk digital

4.2.2 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.



Gambar 4.5 Pressure gauge

4.2.3 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)

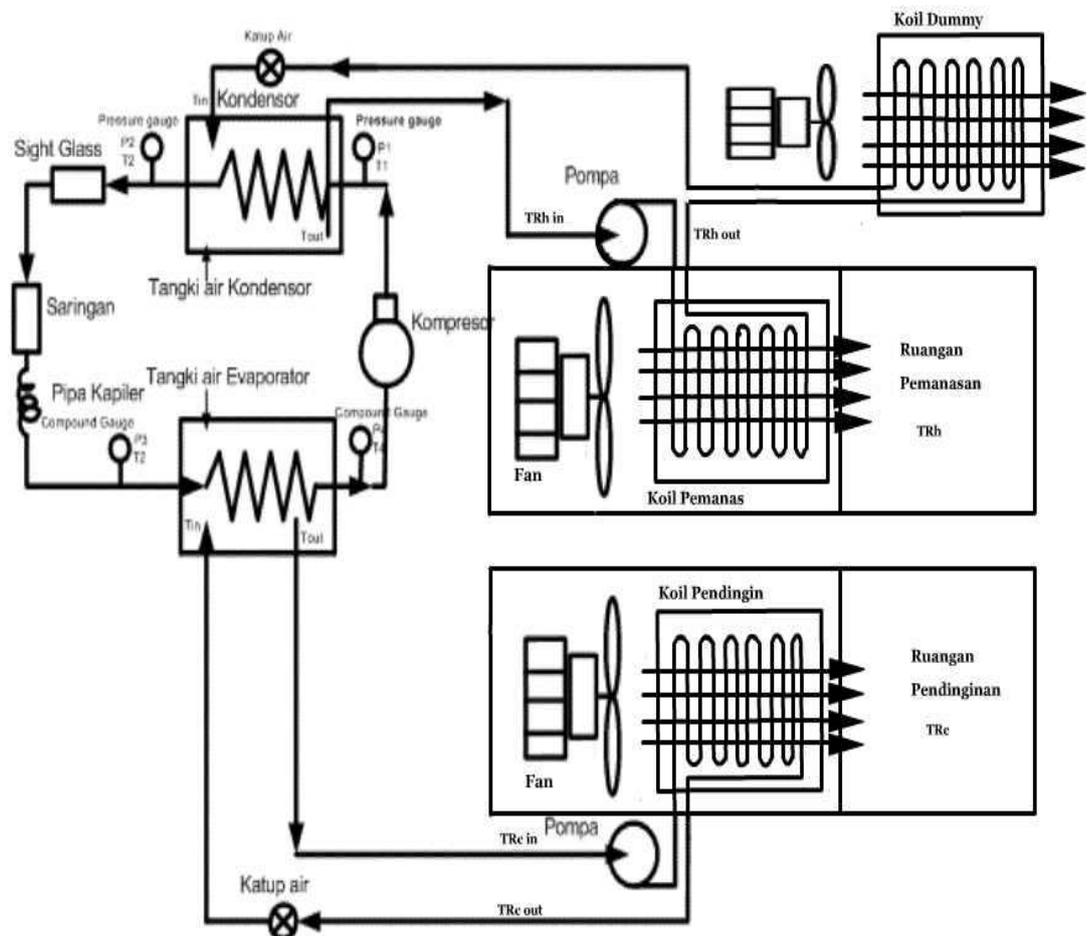
η_m = efisiensi motor = 0,7

$\cos\phi$ = faktor daya = 0,7

V = tegangan motor listrik (V)

I = arus motor listrik (A)

4.3 Instalasi Alat Uji



Gambar 4.6 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.

4.4 Refrigeran Uji

Refrigeran yang digunakan dalam sistem refrigerasi hibrida ini adalah 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.

4.5 Persiapan Perangkat Pengujian

Sebelum dilakukan pengujian untuk pengambilan data maka dilakukan persiapan perangkat pengujian yang meliputi :

1. Pengisian refrigeran uji

Pengisian refrigeran uji meliputi beberapa tahap kegiatan yaitu pengurusan, pemeriksaan kebocoran, pemvakuman dan pengisian refrigeran.

2. Pengisian air sebagai beban pendinginan dan pemanasan di kotak evaporator dan kotak kondensor.

3. Memasang alat ukur untuk mengukur temperatur, tekanan, kuat arus dan tegangan listrik kompresor pada titik-titik yang telah ditentukan (gambar 4.6)

4. Menjalankan perangkat pengujian (*running test*), untuk mengetahui bagaimana kerja perangkat pengujian sebelum dilakukan pengambilan data, untuk memastikan kondisi perangkat pengujian dan disesuaikan dengan proses pengambilan data pengujian nantinya.

4.6 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. Pengujian proses pendinginan dan pemanasan pada ruang pendingin, dilakukan untuk mengetahui karakteristik pendinginan termasuk pengaruhnya terhadap tekanan dan temperatur sistem primer.

4.6.1 Pengujian Massa Optimum

Massa optimum refrigeran adalah jumlah massa refrigeran tertentu yang diisikan kedalam sistem yang memberikan performansi (COP) yang terbaik.

Prosedur pengujian massa optimum :

1. Persiapkan alat-alat ukur yang akan digunakan.
2. Hubungkan kabel listrik mesin ke sumber arus listrik.
3. Pasangkan dan hidupkan alat ukur termometer digital di saluran masuk dan saluran keluar kotak evaporator dan kotak kondensor.
4. Pasangkan dan hidupkan termometer digital pada saluran masuk dan saluran keluar air pada kotak evaporator dan kotak kondensor.
5. Pastikan katup air panas dan dingin ke koil dalam keadaan terbuka.
6. Atur katup air panas dan dingin sesuai dengan laju aliran massa air yang diinginkan.
7. Hidupkan switch on kompresor
8. Hidupkan pompa air panas dan pompa air dingin
9. Lalu lihat temperatur air panas dan dingin yang terbaca pada alat ukur temperatur digital sampai kondisinya stabil (temperatur yang diinginkan).
10. Jika kondisi stabil telah dicapai lakukan pencatatan data dengan cara manual..
11. Tambahkan massa refrigeran kedalam sistem sebanyak 20-40 gram dan catat penambahan massa ini, kemudian lakukan lagi prosedur 3.

12. Lakukan prosedur 4 berulang-ulang hingga tidak terjadi lagi perubahan temperatur air dingin pada tangki evaporator dengan penambahan massa refrigeran atau arus listrik ke kompresor semakin besar dan bunyi kompresor semakin keras.

4.6.2 Pengujian Kinerja Mesin Pendingin Kompresi Uap Hibrid

Prosedur menjalankan mesin untuk pengambilan data pengujian kinerja mesin refrigerasi hibrida :

1. Persiapkan alat-alat ukur yang akan digunakan.
2. Hubungkan kabel listrik mesin ke sumber arus listrik.
3. Pasangkan dan hidupkan alat ukur termometer digital di saluran masuk dan saluran keluar kotak evaporator dan kotak kondensor.
4. Pasangkan dan hidupkan termometer digital pada saluran masuk dan saluran keluar air pada kotak evaporator dan kotak kondensor.
5. Pastikan katup air panas dan dingin ke koil dalam keadaan terbuka.
6. Atur katup air panas dan dingin sesuai dengan laju aliran massa air yang diinginkan.
7. Hidupkan switch on kompresor
8. Hidupkan pompa air panas dan pompa air dingin.
9. Lalu lihat temperatur air panas dan dingin yang terbaca pada alat ukur temperatur digital sampai kondisinya stabil (temperatur yang diinginkan).
10. Lalu hidupkan *switch fan (high/low)* untuk melakukan pengujian.
11. Setelah kondisinya stabil, catat temperatur air yang masuk dan keluar kotak evaporator dan kondensor, catat temperatur dan tekanan sistem yang masuk dan keluar evaporator dan kondensor, catat temperatur lingkungan, catat kuat arus dan tegangan listrik kompresor.
12. Lalu amati perubahan temperatur yang terjadi setiap 5 menit, lalu catat semua perubahan temperatur dan tekanan yang terjadi.

13. Lakukan beberapa kali pengambilan data
14. Setelah selesai percobaan dilakukan, mesin dimatikan.

Setelah pengujian selesai dilakukan matikan mesin sesuai prosedur berikut ini :

1. Matikan kompresor.
2. Matikan pompa/fan kondensor dan evaporator.
3. Cabut kabel listrik mesin dari sumber arus listrik.

4.7 Variabel-Variabel Yang di Ukur

1. Temperatur saat memasuki kompresor (T1)
2. Tekanan saat memasuki kompresor (P1)
3. Temperatur saat memasuki kondensor (T2)
4. Tekanan saat memasuki kondensor (P2)
5. Temperatur keluaran kondensor (T3)
6. Tekanan keluaran kondensor (P3)
7. Temperatur saat memasuki evaporator (T4)
8. Tekanan saat memasuki Evaporator (P4)
9. Temperatur air masuk koil pemanas pada ruang pemanas (Th in)
10. Temperatur air keluar koil pemanas pada ruang pemanas (Th out)
11. Temperatur air masuk koil pendingin pada ruang pendingin (Tc in)
12. Temperatur air keluar koil pendingin pada ruang pendingin (Tc out)
13. Temperatur udara keluar koil pendingin (Tout Coil)
14. Temperatur air tangki air panas (Tw Hot)
15. Temperatur air tangki air dingin (Tw Cold)
16. Temperatur air keluar ruang pendingin (Trc out)
17. Temperatur ruang pemanas (TR Hot)
18. Temperatur ruang pendingin (TR Cold)