

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 PERALATAN PENGUJIAN

Sistem *cascade* yang digunakan dalam pengujian ini terdapat di gedung P2M (Salemba). Sebelumnya sistem ini dimanfaatkan untuk mendinginkan komponen pesawat di IPTN dengan menggunakan refrigeran R502 pada sistem HS dan R503 pada sistem LS. Untuk melakukan pengujian ini maka dilakukan beberapa modifikasi. Modifikasi yang dilakukan meliputi komponen kompresor, fan kondenser, alat ukur (*pressure gage* dan termometer digital), *filter dryer*, akumulator dan *oil separator*.

3.1.1 Kompresor

- HS

| | |
|--------------------|---|
| Merek/model | : Tecumseh/ AJB5515EXD |
| <i>Horse Power</i> | : 1 |
| <i>Voltage/Hz</i> | : 230/50 |
| <i>Refrigeran</i> | : R22 |
| <i>Lubricant</i> | : <i>Alkylbeneze</i> |
| Dimensi | : panjang 23 cm, lebar 15 cm dan tinggi 30 cm |



Gambar 3.1 Kompresor R22

- LS

Merek/model : Tecumseh/ AJA7494ZXD

Horse Power : 1

Voltage/Hz : 230/50

Refrigeran : R404A

Lubricant : Alkylbenzene

Dimensi : panjang 23 cm, lebar 15 cm dan tinggi 30 cm



Gambar 3.2 Kompresor R404A

3.1.2 Cascade Heat Exchanger

Tipe : *double pipe*

Material : pipa tembaga

Dimensi : panjang 60 cm, diameter 2,375 in



Gambar 3.3 Cascade heat exchanger

3.1.3 Kondenser

- HS

| | |
|----------|---|
| Tipe | : <i>tubes & fins air cooled evaporator</i> |
| Material | : pipa tembaga |
| Fan | : 1300 rpm-0.5A |
| Dimensi | : panjang 31 cm, lebar 9 cm dan tinggi 31 cm |



Gambar 3.4 Kondenser

3.1.4 Alat Ekspansi

Alat ekspansi yang digunakan adalah pipa kapiler, karena pada saat pembuatan alat tersebut pipa kapiler merupakan alat ekspansi yang umum digunakan. Hal tersebut menjadi keterbatasan pada eksperimen dikemudian hari karena pada sistem HS dan LS sebelumnya alat ini digunakan pada refrigeran R502 dan R503, oleh sebab itu penggunaan refrigeran yang berbeda dari konfigurasi awal dapat menyebabkan sistem berjalan tidak optimal.

| | |
|----------|----------------|
| Tipe | : pipa kapiler |
| Material | : tembaga |
| Panjang | : 3 m |



Gambar 3.5 Pipa kapiler

3.1.5 Filter Dryer

Filter dryer merupakan suatu alat yang berfungsi untuk menyaring partikel-partikel kecil seperti serpihan logam, plastik dan debu yang dapat membahayakan bagi kerja kompresor. Selain itu alat ini juga bermanfaat untuk menangkap uap air yang dapat menghambat proses perpindahan kalor serta membahayakan kompresor. *Filter dryer* ditempatkan setelah kondenser dan sebelum alat ekspansi.

Jenis yang digunakan:

- Merek/model : Emerson/EK 163
- Refrigeran : CFC, HCFC dan HFC
- Dimensi : panjang 17,46 cm dan diameter 6,67 cm



Gambar 3.6 *Filter dryer*

3.1.6 Akumulator

Akumulator merupakan *vessel* yang menjadi tempat penampungan refrigeran setelah melewati evaporator sebelum memasuki *suction line* kompresor. Umumnya memiliki diameter 10 kali dari diameter pipa. Fungsinya adalah untuk memastikan tidak ada cairan yang masuk ke kompresor yang dapat menyebabkan kerusakan karena cairan merupakan fluida *incompressible*. Akumulator ditempatkan sebelum *suction line* kompresor dan setelah alat ekspansi. Kapasitas akumulator diharuskan minimal 50% dari kapasitas refrigeran dalam sistem.

Akumulator yang dipakai adalah:

- Merek/model : Emerson/A-AS 464
- Refrigeran : CFC, HCFC dan HFC
- Dimensi : Tinggi 15,95 cm dan diameter 10,16 cm



Gambar 3.7 Akumulator

3.1.7 Oil Separator

Oil separator berfungsi untuk memastikan pelumas yang digunakan kompresor untuk kembali ke *crankcase* kompresor sebelum masuk ke kondenser. Campuran pelumas dengan refrigeran masuk ke inlet *oil separator* dan melalui serangkaian *baffle* yang menyebabkan partikel pelumas terkumpul dan jatuh ke bagian bawah *oil separator*. Pelumas tersebut kembali ke *crankcase* karena tekanan pada *oil separator* yang lebih tinggi dibandingkan pada *crankcase*. Jika tekanan pelumas lebih rendah, terdapat katup khusus akan menutup untuk mencegah refrigeran masuk ke *crankcase*. Alat ini diletakkan setelah *discharge line* kompresor dan sebelum kondenser. Pada alat uji ini digunakan 2 unit *oil separator* agar oli dari kompresor tidak ikut melewati sistem pemipaan yang panjang tetapi dapat kembali ke kompresor untuk melumasi piston. *Oil separator* yang digunakan adalah:

- Merek/model : Asian First Brand
- Refrigeran : CFC, HCFC dan HFC
- Dimensi : tinggi 26,035 cm, diameter 10,16 cm



Gambar 3.8 Oil separator

3.1.8 Box Pendingin

Box pendingin yang menjadi tempat penyimpanan barang yang akan didinginkan memiliki dimensi panjang 169 cm, lebar 46 cm dan tinggi 70 cm.



Gambar 3.9 Box pendingin

3.2 ALAT UKUR

3.2.1 Temperatur

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Merek/model | : Kin & BNT/TPM900 |
| Kisaran temperature | : -30°C-110°C |
| Accuracy | : +/- 1°C |
| Power consumption | : <3W (AC) |
| Environment temperature range | : 0°C-60°C |
| Environment humidity range | : 20%-85% |
| Tipe probe | : NTC |



Gambar 3.10 Termometer digital

Titik pengukuran temperatur diletakkan di 8 tempat , yakni :

Tabel 3.1 Penempatan termometer

| | <i>High-stage</i> | <i>Low-stage</i> |
|-----------------------|-------------------|------------------|
| <i>discharge line</i> | 1 | 1 |
| <i>suction line</i> | 1 | 1 |
| <i>ekpansion out</i> | 1 | 1 |
| <i>condenser out</i> | 1 | 1 |

3.2.2 Tekanan

High pressure : 0-35 bar atau 0-500 psi

Low pressure : 0-17.5 bar atau 0-250 psi

Titik pengukuran tekanan diletakkan di 4 tempat, yakni :

Tabel 3.2 Penempatan pressure gage

| | <i>High-stage</i> | <i>Low-stage</i> |
|-----------------------|-------------------|------------------|
| <i>discharge line</i> | 1 | 1 |
| <i>suction line</i> | 1 | 1 |



Gambar 3.11 Pressure gage

3.2.3 Kelembaban

Kelembaban diukur dengan menggunakan higrometer digital

Model : BT-2

Temperature range : -50°C-70°C

Humidity range : 20%-99%

Resolution : temperatur : 0.1°C
Humidity : 1% RH



Gambar 3.12 Higrometer digital

3.2.4 Daya Listrik

Amperemeter/tipe : 0-10 A/analog
Voltmeter/tipe : 0-500 V/analog



Gambar 3.13 Voltmeter



Gambar 3.14 Amperemeter

3.3 PROSEDUR PENGUJIAN

3.3.1 Pengisian Refrigeran

Untuk memastikan seluruh bagian pipa terisi dengan refrigeran maka seluruh sistem divakum terlebih dahulu. Selain itu proses pemvakuman dilakukan dengan tujuan mencegah masuknya kandungan uap air yang dapat mengakibatkan kerusakan pada kompresor dan meningkatkan tekanan kerja sistem.

Setelah proses pemvakuman, sistem HS terlebih dahulu *dicharge* dengan R22, kegiatan ini dilakukan saat kondisi sistem tidak bekerja. Kemudian *charging* dilanjutkan dengan menghidupkan kompresor hingga tekanan sistem menjadi 140 psi.

Proses selanjutnya adalah pengisian R404A pada sistem LS. Pada prinsipnya pengisian refrigeran ini sama dengan R22 yakni *charging* pada saat kondisi kompresor tidak bekerja dan *charging* pada saat kompresor bekerja hingga tekanannya mencapai 42 psi. Perbedaannya adalah pada saat *charging* tabung refrigeran posisinya dibalik dan melewati sebuah pipa kapiler terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan R404A merupakan campuran *near zeotrope* sehingga untuk memastikan bahwa refrigeran yang mengalir mengandung komposisi R125, R143A, dan R134A, maka sebaiknya refrigeran harus berada dalam fase cair, karena pada fase gas, salah satu unsur dari ketiganya bisa saja tidak terdapat didalamnya. Namun karena pada *suction line* kompresor refrigeran yang mengalir sebaiknya berfase gas, maka dibuat saluran pipa kapiler yang berfungsi untuk mengubah fase refrigeran tersebut dari cair menjadi gas.



Gambar 3.15 Proses charging R22

Jumlah massa refrigeran yang masuk kedalam sistem diatur *berdasarkan trial and error*, semakin banyak refrigeran mengalir dalam sistem, maka tekanan sistem akan semakin besar. Tekanan didalam pipa tidak boleh melewati 25 bar yang pada umumnya menjadi batas aman. Jika pada saat sistem dinyalakan tekanan menjadi lebih besar dari itu maka refrigeran harus dikeluarkan melalui pentil yang dipasang, dengan demikian tekanan didalam pipa dapat berkurang.

3.3.2 Kalibrasi Alat Ukur

Sebelum proses pengujian dilakukan, alat ukur terlebih dulu dikalibrasi untuk mengukur ketepatan angka yang ditunjukkan oleh alat ukur. Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan es sebagai bahan yang dicatat temperaturnya dengan membandingkannya pada saat es tersebut mencair, dimana temperatur pada saat es mencair adalah 0°C . Hasil dari proses kalibrasi menunjukkan bahwa untuk menghitung temperatur pada titik yang sudah ditentukan perlu menambah selisih temperatur yang ditunjukkan oleh termometer digital dengan temperatur es mencair (0°C). Hasil dari kalibrasi adalah :

Tabel 3.3 Hasil kalibrasi termometer

| | <i>High-stage</i> | <i>Low-stage</i> |
|-----------------------|-------------------|------------------|
| <i>discharge line</i> | 4°C | 2,8 °C |
| <i>Suction line</i> | 1,9°C | 0,8 °C |
| evaporator | 4,6°C | 0 °C |
| condenser out | 0,3 °C | 0 °C |

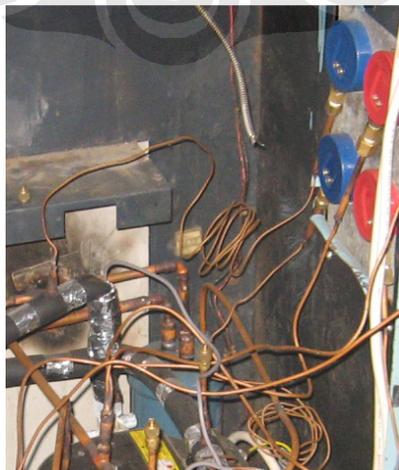
3.3.3 Pemasangan Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan, yakni *pressure gage* dan termometer digital, dipasang dengan metode khusus. Probe termometer digital dipasang miring pada pipa dan diisolasi dengan menggunakan thermoflex.



Gambar 3.16 Pemasangan probe termometer digital

Sedangkan *pressure gage* dihubungkan dengan pipa kecil menuju ke pipa yang dilalui sistem. Pada bagian sambungan *pressure gage* dengan pipa juga diisolasi dengan *seal tape*.



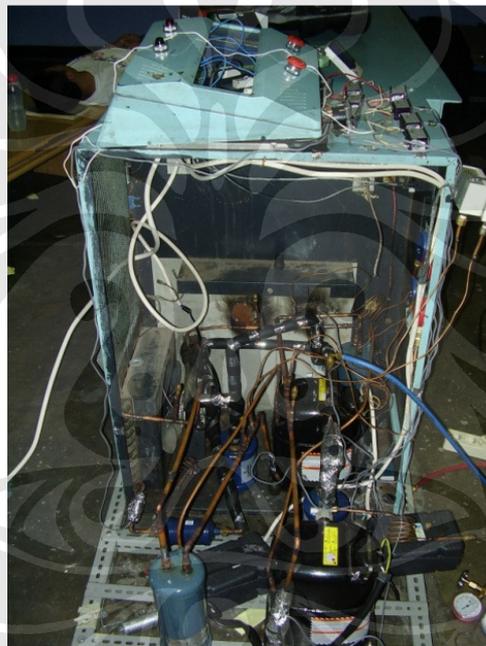
Gambar 3.17 Pemasangan *pressure gage*

3.4 KONDISI PENGUJIAN

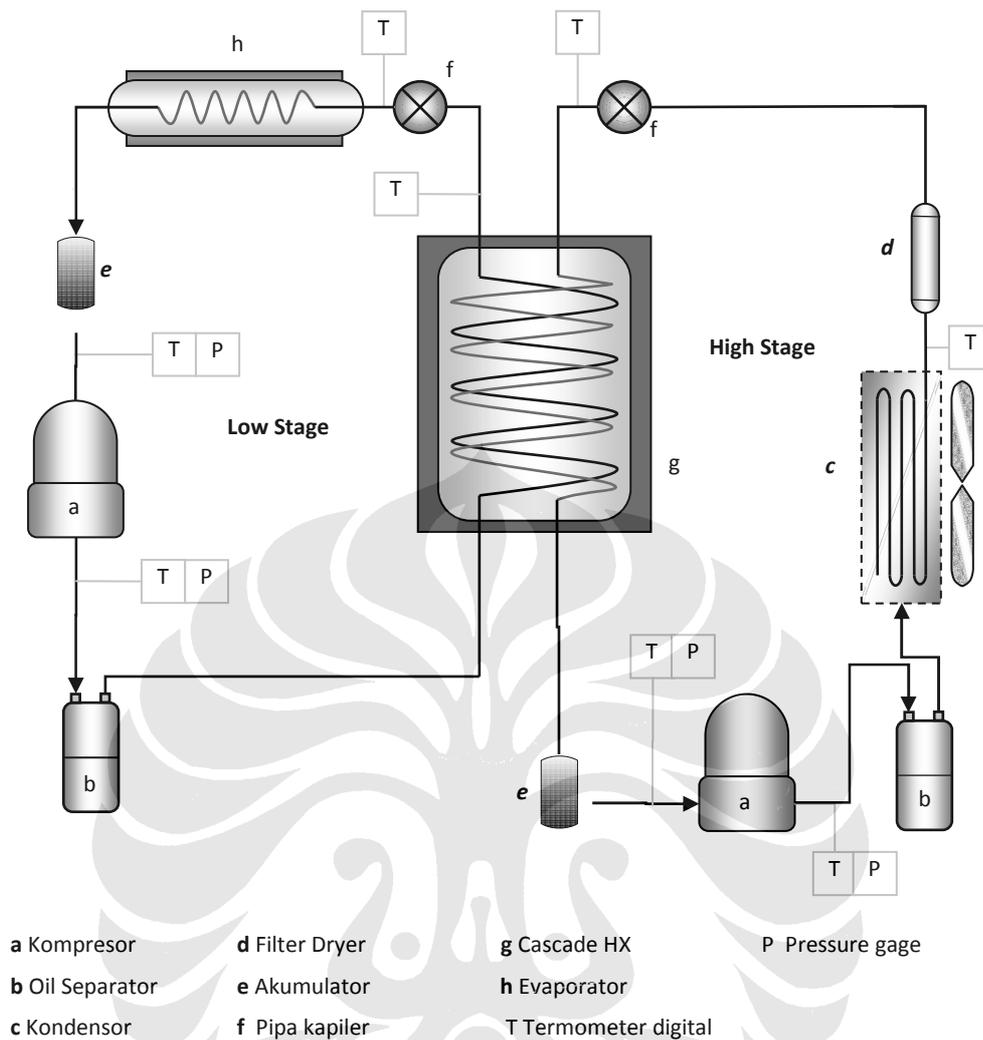
Kondisi pengujian dilakukan dengan temperatur lingkungan rata-rata sebesar 29-31°C dan RH 77%. Jarak tersebut dianggap wajar dan tidak mengakibatkan selisih temperatur yang signifikan pada termometer pada saat melakukan pengujian.

3.5 SKEMA PENGUJIAN

Pengujian sistem refrigerasi *cascade* yang dilakukan menggunakan alat sebagai berikut :



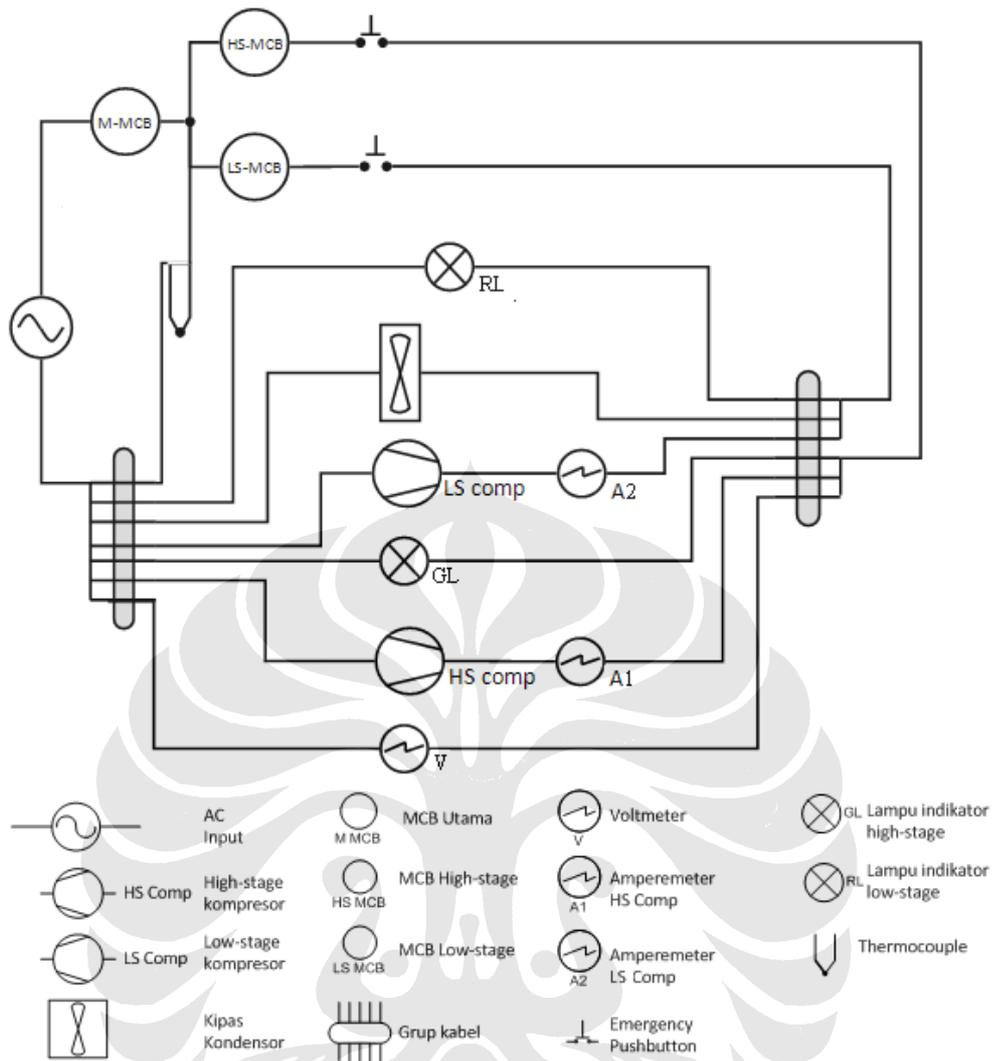
Gambar 3.18 Sistem refrigerasi *cascade*



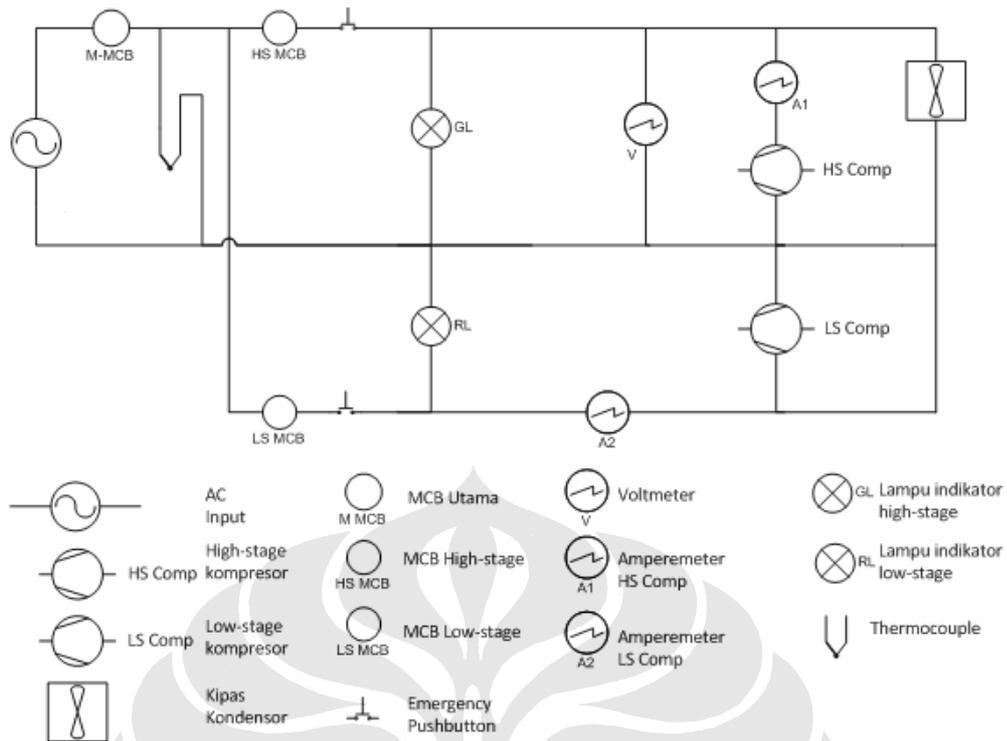
Gambar 3.19 Skema sistem refrigerasi cascade

3.6 SKEMA SUPLAI ARUS LISTRIK

Sumber listrik yang digunakan untuk melakukan pengujian berasal dari listrik P2M. Skema diatas menunjukkan adanya kombinasi antara sirkuit paralel dengan seri. Beberapa alat tidak dapat menyala jika sebelumnya terdapat alat yang disusun secara seri dan salah satunya mengalami kerusakan. Sebagai contoh, kompresor dan kipas kondenser tidak dapat menyala jika ternyata amperemeter yang digunakan rusak. Perancangan sistem elektriknya menggunakan skema sebagai berikut:



Gambar 3.20 Wiring diagram



Gambar 3.21 Sistem listrik alat pengujian

3.7 PROSES PENGAMBILAN DATA

Data yang diambil dalam pengujian ini merupakan nilai yang terukur disetiap termometer dan *pressure gage* tiap satuan waktu tertentu. Kedua nilai tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan nilai entalpi yang nantinya akan digunakan untuk mencari performa sebuah refrigeran dalam suatu sistem dengan persamaan-persamaan yang ada pada bab 2.

Pengambilan data divariasikan dengan mengatur massa refrigeran yang mengalir didalam sistem HS dengan cara membuang sedikit demi sedikit massa refrigeran melalui sebuah pentil sehingga didapat nilai suatu aliran massa yang menghasilkan COP optimum dengan memperhatikan temperatur dan tekanan pada alat ukur. Proses pengaturan massa refrigeran yang masuk ke sistem dilakukan sampai :

- Temperatur evaporator HS mencapai minimal.
- Tekanan pada *suction line* yang lebih besar dari 1 bar. Pada umumnya, tekanan *suction line* yang semakin rendah akan menghasilkan temperatur evaporator yang semakin rendah, namun apabila tekanan terlalu rendah hingga mendekati vakum akan mengakibatkan perbedaan temperatur

antara *discharge line* dengan *suction line* terlalu tinggi dan juga beresiko menguapkan oli yang digunakan sebagai pelumas didalam kompresor.

- Setelah mendapatkan konfigurasi optimal untuk sistem HS, pengujian dilanjutkan dengan menyalakan sistem LS. Kemudian mencari titik tekanan tertentu untuk membandingkan kinerjanya dengan konfigurasi tekanan lainnya. Pengaturan tekanan juga dilakukan dengan cara mengatur massa refrigeran yang masuk kedalam sistem.

