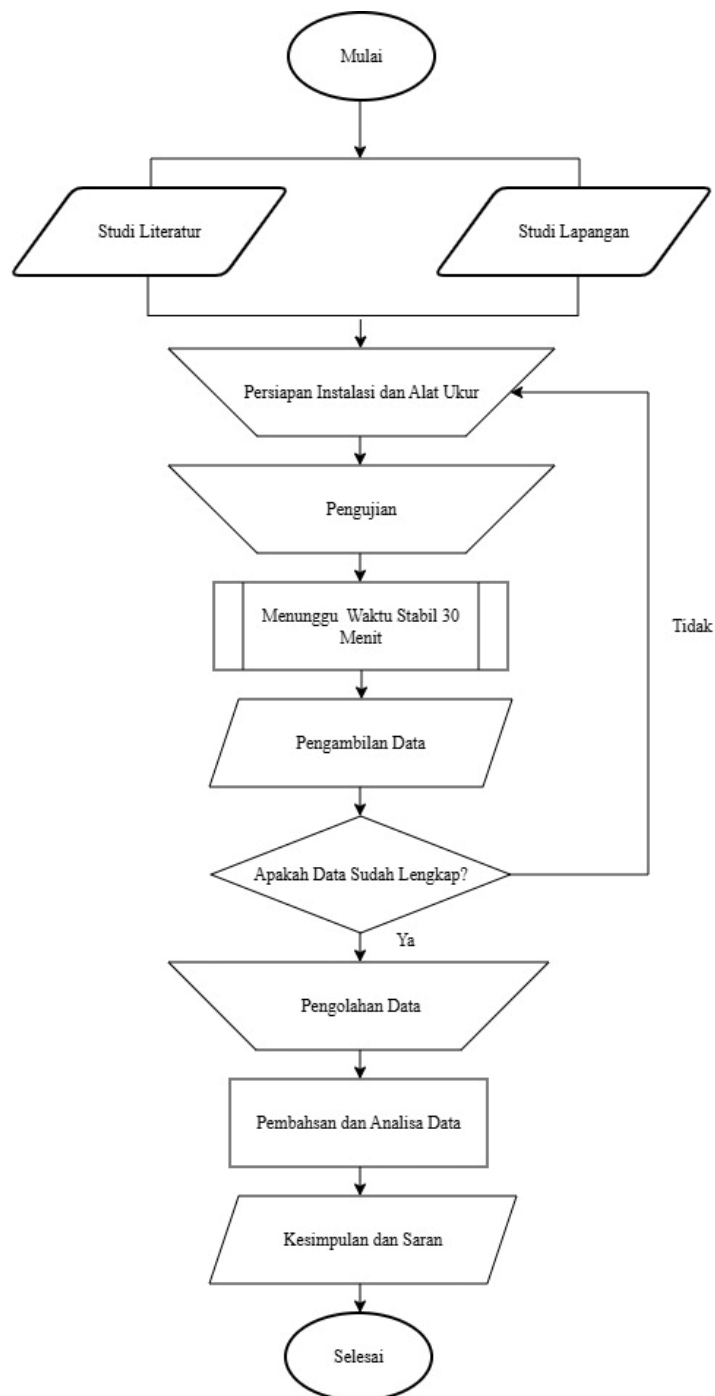


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

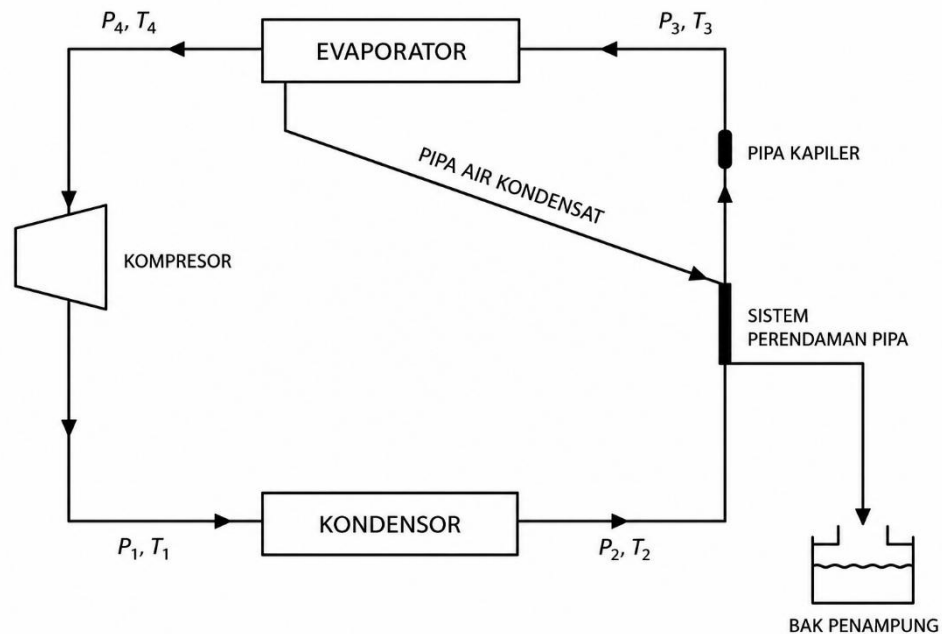


Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian studi eksperimental pengaruh pendinginan air kondensat pada kondensor terhadap kinerja AC *split* ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Tridinanti pada bulan Juni 2026.

3.3 Skema Alat Uji



Gambar 3. 2 Skema Alat Uji

Alat uji modifikasi ini menggunakan wadah perendaman yang dipasang pada pipa *liquid line*. Wadah dibuat dari bahan pipa tembaga dengan diameter 3 cm dan panjang 14 cm. Air kondensat dari evaporator diarahkan ke bagian atas wadah. Untuk menjaga ketinggian air agar pipa selalu terendam, digunakan sistem *overflow* pasif berupa pipa vertikal (*standpipe*) yang dihubungkan ke saluran pembuangan di dasar wadah. Ketinggian pipa vertikal ini disesuaikan dengan elevasi yang diinginkan agar pipa refrigeran terendam sepenuhnya.

3.4 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada saat penelitian antara lain sebagai berikut :

3.4.1 Alat Pengujian

1. Sistem Refrigerasi

Dalam penelitian eksperimental ini menggunakan 1 unit AC *Split* dengan spesifikasi teknis yang ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Spesifikasi ac split ½ Pk

No	Parameter	Spesifikasi
1	Merek/Model	CHANGHONG/CSC-05J/D011A1
2	Kapasitas Pendinginan	5500 Btu/h
3	Input Daya	530 W
4	Tegangan/Frekuensi	220V/50Hz
5	Kuantitas Sirkulasi Udara (Indoor)	390 m ³ /h
6	Kompresor Terkunci Pada Arus	13,5 A
7	Kebisingan (Indoor/Outdoor)	37/49 dB(A)
8	Desain Tekanan (Rendah/Tinggi)	0,69 MPa/2,65 MPa
9	Tekanan Maksimum Operasi (Indoor/Outdoor)	2.4MPa/2.4MPa
10	Kuantitas Pengisian Refrigeran	0,42kg
11	Berat Bersih (Dalam/Luar)	6,5/21 kg

2. Pemotong Pipa (*Tube Cutter Tool*)

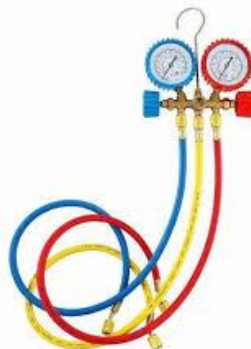
Pemotong pipa berfungsi untuk memotong pipa kapiler yang berbahan tembaga. Hasil pemotongan yang didapatkan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan alat potong biasa seperti gergaji besi atau lainnya.



Gambar 3. 3 Pemotong Pipa (*Tube Cutter Tool*)

3. *Manifold Gauge*

Mainfold gauge digunakan untuk mengukur tekanan refrigeran dalam sistem refrigerasi baik saat pengisian maupun saat beroperasi.



Gambar 3. 4 *Manifold Gauge*

4. Alat Las

Alat las yang digunakan untuk menyambung pipa kapiler yang telah dipotong ke sambungan evaporator. Alat las yang digunakan dalam penelitian ini ialah alat las *portabel*.



Gambar 3. 5 Alat Las *Portabel*

5. Bahan Las

Bahan las yang digunakan sebagai bahan tambahan perekat las biasanya berjenis tembaga dan disatukan dengan boraks.



Gambar 3. 6 Bahan Las

6. Multimeter

Pada penelitian ini, multimeter digunakan untuk mengukur besar tegangan listrik kompresor pada saat pengujian pengambilan data.



Gambar 3. 7 *Multimeter*

7. *Clamp* Meter

Clamp meter atau tang amper digunakan untuk mengukur besaran arus listrik kompresor saat pengambilan data.



Gambar 3. 8 *Clamp* Meter

8. *Thermocouple Type K*

Termometer digital *thermocouple type K* digunakan untuk mengukur temperatur refrigeran pada sisi masuk dan keluar komponen utama sistem AC *split*. Alat ini menampilkan data temperatur secara *realtime* dengan rentang pengukuran -50°C hingga 1300°C dan akurasi $\pm 1^{\circ}\text{C}$ sampai $\pm 2^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3. 9 *Thermocouple Type K*

9. Voltmeter

Voltmeter analog digunakan untuk mengukur tegangan listrik AC yang masuk ke unit AC *split* selama pengujian. Alat ini memiliki rentang pengukuran 0 hingga 500 V AC sehingga sesuai untuk jaringan listrik rumah tangga 220 V.



Gambar 3. 10 Voltmeter

10. Ampermeter

Amperemeter analog digunakan untuk mengukur arus listrik yang dikonsumsi kompresor AC *split* selama pengujian, dengan rentang pengukuran 0 hingga 5 A.



Gambar 3. 11 Ampermeter

11. *Pressure Gauge*

Pressure gauge analog digunakan untuk mengukur tekanan refrigeran pada sisi suction dan discharge sistem refrigerasi. Penelitian ini menggunakan empat *pressure gauge* (P_1 sampai P_4) dengan rentang pengukuran bar yang sesuai untuk refrigeran R32.



Gambar 3. 12 *Pressure Gauge*

3.4.2 Bahan Pengujian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi komponen utama sistem refrigerasi dan material pendukung modifikasi sebagai berikut:

1. Pipa tembaga yang digunakan sebagai jalur utama aliran refrigeran pada sisi *liquid line* setelah keluar dari kondensor. Pipa ini dirancang untuk melewati bagian dalam wadah perendaman agar dapat melepaskan panas ke media air kondensat secara efektif. Material tembaga tetap dipertahankan karena memiliki konduktivitas termal yang sangat baik untuk mempercepat proses perpindahan panas dari refrigeran ke media air. Wadah perendaman dibuat dengan diameter 3 cm dan panjang 14 cm menggunakan tembaga yang tahan terhadap kondisi lembap, serta dilengkapi dengan sistem *overflow* pasif untuk menjaga volume genangan air secara konstan selama proses pengambilan data.



Gambar 3. 13 Pipa Tembaga

2. Refrigeran R32. Fluida kerja yang digunakan adalah refrigeran jenis R32 (*Difluorometana*) murni tanpa campuran. Pemilihan R32 didasarkan pada karakteristik kapasitas pendinginan yang besar dan nilai GWP (*Global Warming Potential*) yang lebih rendah dibandingkan dengan refrigeran jenis lain.



Gambar 3. 14 Refrigeran R-32

3. Air kondensat media pendingin untuk proses *subcooling* murni berasal dari hasil pengembunan uap air di evaporator unit AC *split* itu sendiri. Penggunaan air kondensat ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah operasional AC tanpa memerlukan suplai air tambahan dari luar.
4. Isolasi pipa (*Armaflex*) digunakan untuk membungkus pipa saluran *liquid* dan lilitan pipa tambahan. Isolasi ini berfungsi mencegah perpindahan panas dari lingkungan ke pipa (*gain heat*) agar proses penurunan suhu refrigeran tetap terjaga stabil sebelum masuk ke katup ekspansi.



Gambar 3. 15 Isolasi Pipa

3.5 Parameter Pengujian

1. Tekanan kerja (*suction & discharge*)
2. Temperatur pipa di beberapa titik
3. Arus listrik (Ampere)

4. COP

5. Derajat *Subcooling*

3.6 Prosedur Pengujian

3.6.1 Prosedur Keselamatan Kerja (K3)

1. Memastikan seluruh kabel dalam kondisi baik dan mematikan sumber listrik sebelum melakukan perbaikan komponen.
2. Menghindari sumber api terbuka di dekat sistem karena refrigeran R32 mudah terbakar, serta melakukan pengisian refrigeran di area yang berventilasi baik.
3. Tidak menyentuh pipa yang baru dilas dan menjaga area kerja tetap bersih dan rapi.

3.6.2 Tahap Persiapan

1. Mempersiapkan unit AC *split* dan memastikan semua komponen (kompresor, kondensor, evaporator, fan) berfungsi normal.
2. Mempersiapkan wadah perendaman yang akan dipasang pada pipa saluran cair (*liquid line*) yang terletak setelah keluar dari kondensor.
3. Mempersiapkan alat ukur pada sistem: manifold *gauge* pada katup servis untuk membaca tekanan tinggi dan rendah.
4. Sensor termometer digital pada pipa masukan dan keluaran setiap komponen utama.
5. *Tang ampere* dan *wattmeter* pada jalur kabel utama sumber daya AC.

3.6.3 Kalibrasi Alat

Sebelum pengujian dilakukan, seluruh alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini dikalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan akurasi dan keandalan data yang diperoleh:

1. Thermocouple Type K: Diverifikasi pembacaannya pada titik referensi suhu ruang ($\pm 28^{\circ}\text{C}$) dan suhu air mendidih ($\pm 100^{\circ}\text{C}$) sebelum pengujian dimulai.
2. Kalibrasi *pressure gauge* dilakukan dengan memeriksa posisi jarum penunjuk pada kondisi tidak terhubung ke sistem. Jarum penunjuk harus berada tepat pada posisi nol sebelum pengujian dimulai.
3. Kalibrasi voltmeter dilakukan dengan membandingkan pembacaannya dengan multimeter digital pada sumber tegangan yang sama. Selisih pembacaan tidak boleh melebihi $\pm 5\text{V}$.
4. Kalibrasi amperemeter dilakukan dengan membandingkan pembacaannya terhadap *clamp meter* pada jalur kabel yang sama. Selisih pembacaan tidak boleh melebihi $\pm 0,2\text{A}$.

3.6.4 Tahap Pelaksanaan Eksperimen

- a. Pengujian Kondisi Standar (Tanpa Pendinginan Air Kodensat)
 - a. Pastikan katup saluran air kondensat dalam posisi tertutup atau dialirkan langsung ke drain (*bypass*), sehingga air tidak mengalir melalui lilitan pipa (*coil*).
 - b. Nyalakan unit AC *Split*
 - c. Seting temperatur pada 18°C .

- d. Tunggu hingga sistem mencapai kondisi stabil (*steady state*) selama 20-30 menit. Kondisi stabil ditandai dengan tidak adanya perubahan signifikan pada tekanan *manifold* dan fluktuasi arus listrik yang minimal.
 - e. Setelah kondisi stabil tercapai, catat data pengamatan ke dalam tabel setiap 5 menit selama 60 menit.
 - f. Ulangi langkah c-e untuk variasi temperatur 20°C dan 22°C.
 - g. Pengujian pada setiap variasi beban diulang sebanyak 3 kali untuk memperoleh data yang lebih representatif. Data akhir yang dilaporkan merupakan nilai rata-rata dari seluruh pengulangan tersebut.
2. Pengujian Kondisi Modifikasi (Dengan Pendinginan Air Kondensat)
- a. Pastikan saluran air kondensat dari evaporator diarahkan masuk ke wadah perendaman, dan pastikan pipa pembuangan (*standpipe*) terpasang dengan benar untuk menjaga ketinggian genangan air di dalam wadah.
 - b. Nyalakan unit AC *Split*
 - c. Seting temperatur pada 18°C.
 - d. Tunggu hingga sistem mencapai kondisi stabil (*steady state*) selama 20–30 menit. Kondisi stabil ditandai dengan tidak adanya perubahan signifikan pada tekanan *manifold* dan fluktuasi arus listrik yang minimal.

- e. Setelah kondisi stabil tercapai, catat data pengamatan ke dalam tabel setiap 5 menit selama 60 menit
- f. Ulangi langkah c-e untuk variasi temperatur 20°C dan 22°C.
- g. Pengujian pada setiap variasi beban diulang sebanyak 3 kali untuk memperoleh data yang lebih representatif. Data akhir yang dilaporkan merupakan nilai rata-rata dari seluruh pengulangan tersebut.

3.7 Metode Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan secara eksperimental dengan mencatat langsung hasil pengukuran pada instrumen yang telah dipasang. Setelah melakukan beberapa tahapan penelitian di atas, akan didapat data-data yang telah dimasukkan ke dalam tabel. Data yang didapat tadi akan menentukan nilai dari kinerja *AC split*.

Tabel 3. 2 Data Pengujian

No	Temperatur setting (°C)	Tekanan (Bar)				Temperatur (°C)				Tegangan (V)	Arus (A)
		P_1	P_2	P_3	P_4	T_1	T_2	T_3	T_4		
1	18										
2	20										
3	22										

3.8 Metode Analisis Data

Data hasil pengujian selanjutnya diolah dan dianalisis secara manual melalui beberapa tahapan. Penentuan nilai entalpi pada setiap titik pengukuran

(h_1-h_4) dilakukan berdasarkan data temperatur dan tekanan yang diperoleh selama pengujian dengan mengacu pada tabel sifat termodinamika refrigeran R32 serta diagram P-h dan T-s. Derajat *subcooling* ditentukan dari selisih antara temperatur saturasi pada tekanan kondensasi dan temperatur refrigeran cair setelah melewati sistem perendaman pipa (*immersion*).

Tahap berikutnya meliputi perhitungan kerja kompresor, kalor yang dilepas kondensor, efek refrigerasi, serta nilai aktual *Coefficient of Performance* (COP) menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada Bab II. Konsumsi daya listrik sistem dihitung berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan arus listrik selama proses pengujian.

Perbandingan antara kondisi standar dan kondisi modifikasi dilakukan dengan menganalisis persentase peningkatan nilai COP serta penurunan konsumsi daya listrik pada variasi beban pendinginan 18°C, 20°C, 22°C. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai media perbandingan.