

Design and Manufacture of Orifice Tube Car Air Conditioning System Simulator with R134a Cooling Fluid

Perancangan dan Pembuatan Simulator Sistem Pengkondisian Udara Mobil Jenis Orifice Tube Dengan Fluida Pendingin R134a

Andrizal^{1*}, Hendra Dani Saputra¹, Dedi Setiawan¹ and M. Yasep Setiawan¹

Abstract

Car air conditioning system simulator is a tool that can be used to learn the mechanism of action and the performance of the air conditioning system with certain treatments. The purpose of this research is to be able to design, make a simulator of air conditioning system type of orifice tube car with R134a cooling fluid to determine the mechanism of action, and analyze the performance of system using R134a cooling fluid. This research is a type of Research and Development (R & D), with the ADDIE model development procedure. Based on the results of research conducted, the final product is a valid and practical Car Air Conditioning System Simulator. Coefficiency Of Performance (COP) value = 4.88, and has a practical value of 93 %.

Key word

Design, Performance, Air Conditioning, R134a

Abstrak

Simulator sistem pengkondisian udara mobil merupakan alat yang dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme kerja dan unjuk kerja sistem pengkondisian udara dengan perlakuan tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah mampu merancang, membuat simulator sistem pengkondisian udara mobil jenis orifice tube dengan fluida pendingin R134a untuk mengetahui mekanisme kerja, dan menganalisa unjuk kerja sistem dengan menggunakan fluida pendingin R134a. Penelitian ini merupakan jenis Research and Development (R & D), dengan prosedur pengembangan model ADDIE. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dihasilkan produk akhir berupa Simulator Sistem Pengkondisian Udara Mobil yang valid dan praktis. Nilai Cooefficiency Of Performance (COP) = 4,88, dan memiliki nilai kepraktisan 93 %.

Kata Kunci

Perancangan, Unjuk kerja, Pengkondisian udara, R134a

¹ Jurusan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Kampus UNP, Fakultas Teknik, Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, Sumatera Barat, Indonesia

*andrizal_55@yahoo.co.id

Submitted : May 14, 2020. Accepted : May 21, 2020. Published : September 01, 2020.

PENDAHULUAN

Pengujian unjuk kerja sistem pengkondisian udara (AC) pada mobil sulit dilakukan karena adanya titik pengukuran yang mengharuskan alat ukur bersentuhan atau berhubungan langsung dalam cairan pendingin, sehingga ada bagian dari sistem yang harus dilobangi untuk menempatkan alat ukur. Untuk mengatasi hal tersebut kebutuhan akan simulator terutama dalam mempelajari mekanisme kerja dan unjuk kerja sistem pengkondisian udara sangatlah penting. Mekanisme kerja dan Coefficeence Of Performance (*COP*) merupakan indikator mendasar yang dapat disimulasikan pada simulator.

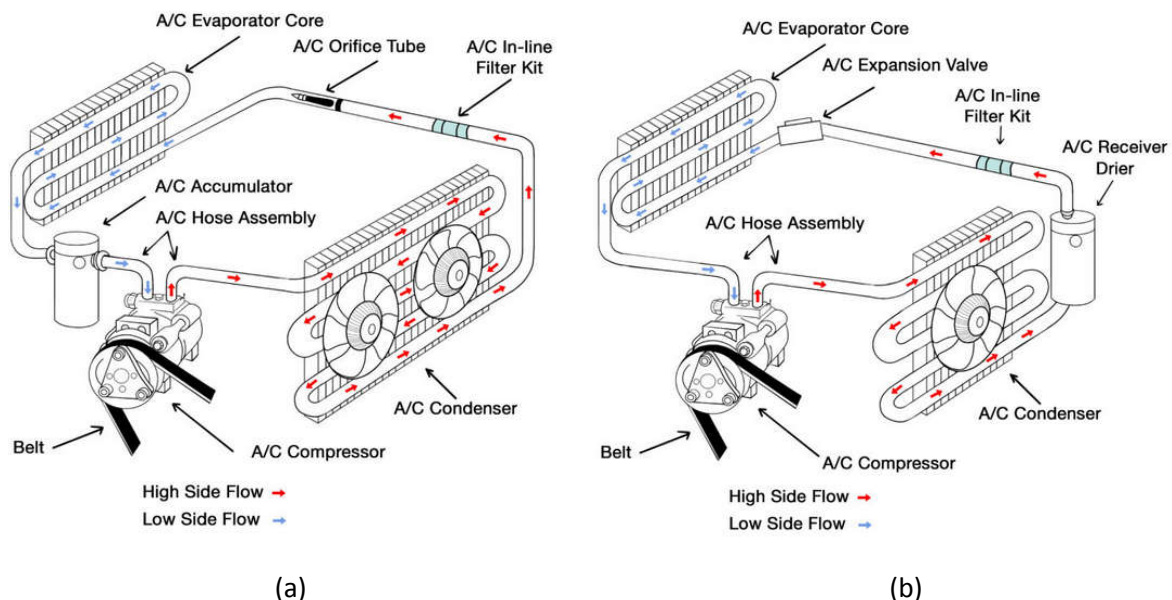
Simulator yang akan dihasilkan adalah rekayasa teknik sederhana yang dapat digunakan menyimulasikan mekanisme kerja unit pendingin, kelistrikan blower dan pendingin, pengujian tingkat kenyamanan udara pada output evaporator, dan pengujian unjuk kerja sistem AC.

Simulator ini dirancang dengan menggunakan tenaga penggerak dari mesin sepeda motor yang relatif lebih ringan dan persyaratan operasional lebih mudah dibandingkan dengan tenaga penggerak menggunakan mesin mobil ataupun tenaga penggerak menggunakan motor listrik tiga phase dengan inverter yang banyak digunakan saat ini. Dengan bobot yang lebih ringan dan persyaratan operasional yang lebih mudah, simulator ini akan menjadi lebih dinamis untuk dipindahkan dan digunakan pada berbagai tempat yang letaknya mungkin berjauhan.

Simulator

Simulator adalah merupakan salah satu bentuk media yang dapat digunakan untuk menghubungkan aspek teoritis dengan kondisi real dalam pembelajaran. Simulator harus divalidasi dan memenuhi persyaratan uji kelayakan agar semua informasi yang akan disampaikan dapat dipelajari secara utuh [1]. Simulator sistem pengkondisian udara mobil harus dapat mensimulasikan bagaimana fungsinya dalam mengatur temperatur, kelembaban, kejernihan, dan distribusi udara dalam kabin mobil [9].

Sistem pengkondisian pada mobil dibagi dua jenis yaitu "Orifice Tube and Accumulator System" dan "Expansion Valve and Receiver-Drier System" [2]



Gambar 1. (a) Orifice Tube and Accumulator System, (b) Expansion Valve and Receiver-Drier System [2]

Orifice Tube and Accumulator System memiliki sebuah orifice tube yang dipasang sebelum evaporator dan sebuah akumulator sebelum kompresor. Orifice tube membatasi aliran zat

pendingin, mengubah cairan tekanan tinggi menjadi kabut tekanan rendah sebelum memasuki evaporator. Akumulator adalah tangki penampung dengan kantong pengering untuk menghilangkan uap air dari pendingin sebelum mencapai kompresor [2]

Coefficient Of Performance (COP)

Coefficient Of Performance (COP) atau disebut juga dengan koefisien prestasi, adalah perbandingan antara Refrigerasi Effect (Re) atau efek pendinginan dengan kerja kompresor. Efek pendinginan dan COP dipengaruhi oleh enthalpy refrigeran yang bersirkulasi dalam sistem, dan enthalpy refrigerant itu sendiri diketahui dari table apendik berdasarkan temperatur dan tekanan refrigeran saat bersirkulasi [6]. Nilai Re dan dan COP dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Re = (h_1 - h_4) \quad [6]$$

Dimana Re adalah Efek refrigerasi, h_1 adalah *Enthalpy refrigerant* masuk kompresor, dan h_4 adalah *Enthalpy refrigerant* masuk evaporator.

$$COP = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \quad [6]$$

Dimana h_1 adalah *Enthalpy refrigerant* masuk kompresor, h_2 adalah *Enthalpy refrigerant* keluar kompresor, h_4 adalah *Enthalpy refrigerant* masuk evaporator.

Nilai COP sebuah sistem sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh kerja kompresor, pengambilan kalor oleh evaporator, pelepasan kalor oleh kondensor. Unjuk kerja (COP) merupakan besaran tanpa Dimensi. Semakin besar nilai COP semakin efisien sebuah mesin pendingin [8]. Penelitian [7] pada simulator jenis accumulator dengan penggerak menggunakan mesin mobil diperoleh COP 3,16, sementara penelitian [3] untuk R134a diperoleh nilai COP 4,88.

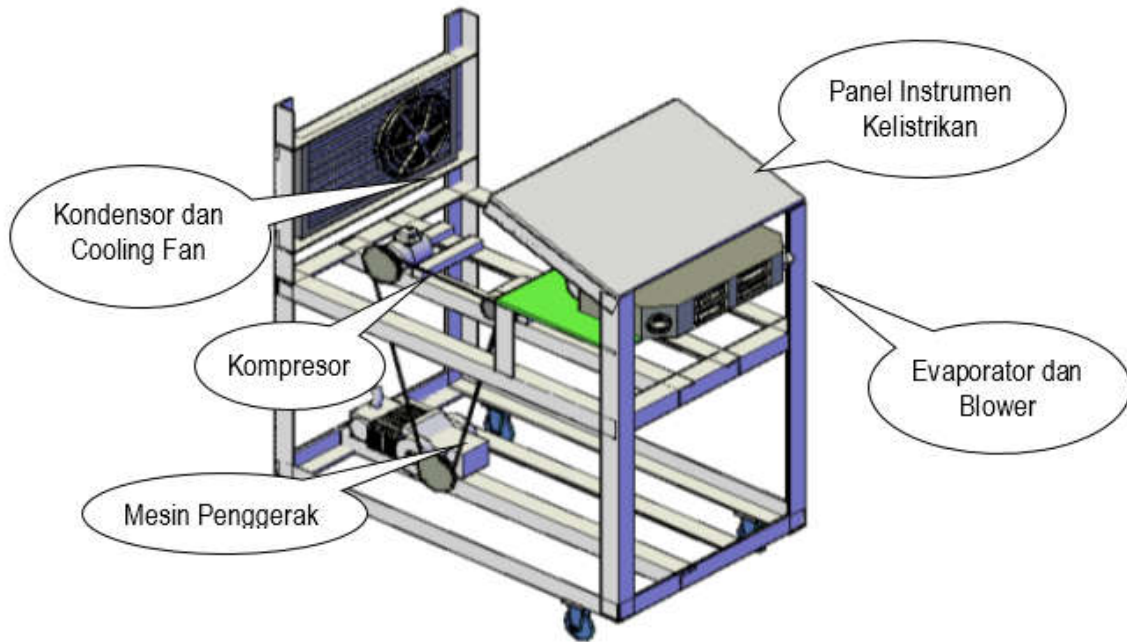
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis *Research and Development (R&D)* yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa simulator sistem pengkondisian udara mobil jenis orifice tube yang digerakkan oleh mesin sepeda motor. Gambar 2 memperlihatkan diagram tahap penelitian yang digunakan.

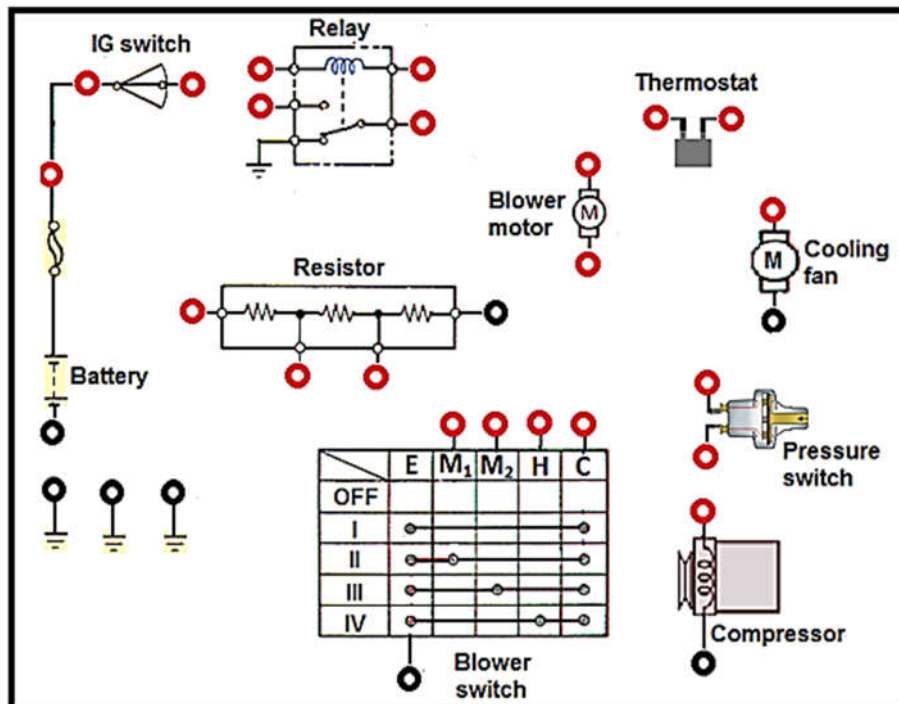


Gambar 2. Diagram tahap penelitian [1]

Proses disain dan pengembangan simulator dilakukan dalam 6 tahapan, yaitu : Membuat disain simulator (Gambar 3), menghitung dan pengadaan bahan, membuat rangka, instalasi sistem dan kelistrikan pendukung (Gambar 4), pengisian oil dan fluida pendingin, dan ujicoba, perbaikan dan penyetulan.

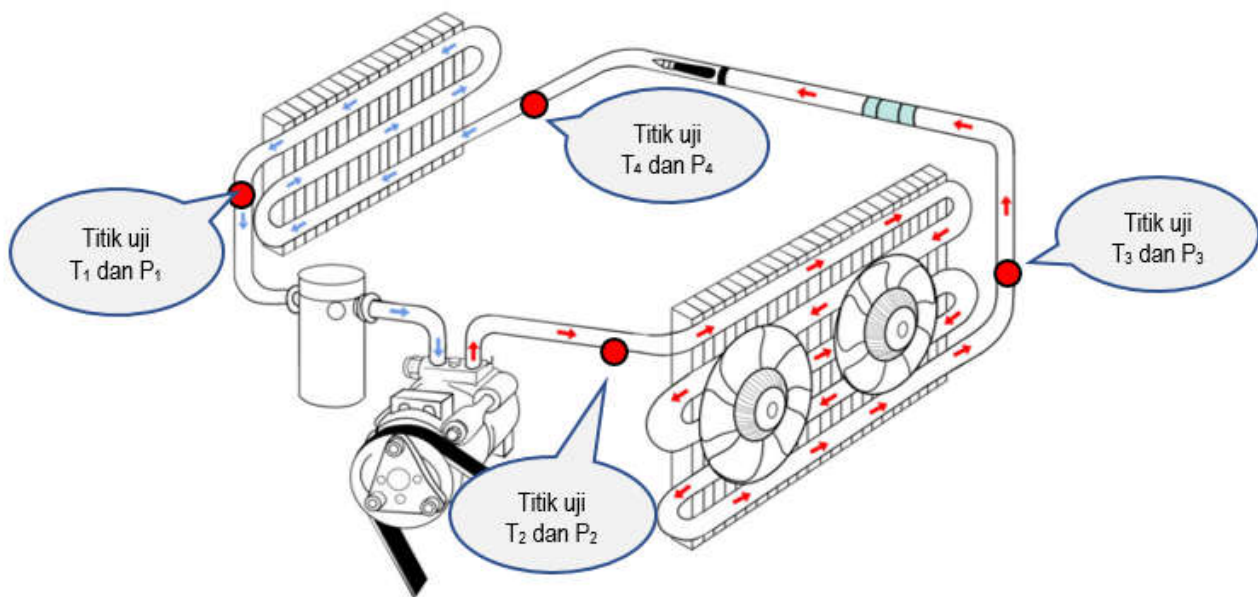


Gambar 3. Disain Simulator



Gambar 4. Rangkaian Kelistrikan Blower dan Pendingin

Data awal pengujian *COP* diperoleh melalui tiga kali pengukuran temperatur (T) dan tekanan (P) fluida pendingin di dalam pipa pada titik pengujian seperti terlihat pada gambar 5 dengan variasi putaran kompresor 1500, 1700, 1900, 2100, dan 2300 rpm.

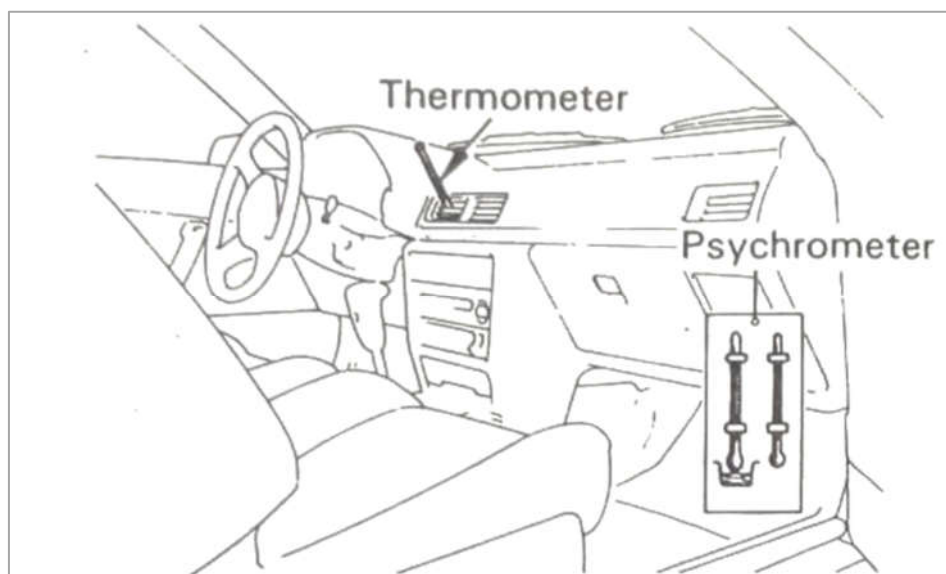


Gambar 5. Titik Penempatan Thermometer dan Pressure Gauge pada Simulator

Data rata-rata hasil pengukuran temperatur dan tekanan pada masing-masing putaran digunakan untuk menentukan nilai enthalpi dengan mengacu kepada Tabel Apendik Temperatur-Tekanan R134a. Selanjutnya nilai enthalpi yang diperoleh digunakan untuk menentukan *COP* simulator dengan persamaan

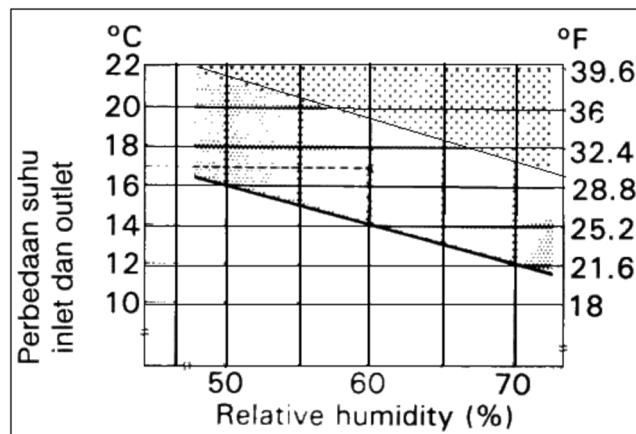
$$COP = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \quad [6]$$

Pengujian tingkat kenyamanan udara yang dihasilkan simulator dilakukan dengan mengukur temperatur udara masuk pada blower, dan temperatur dan kelembaban udara yang keluar dari evaporator.



Gambar 6. Pengukuran Temperatur dan Kelembaban Udara [2]

Analisis tingkat kenyamanan didasarkan kepada Diagram Garis Batas Kenyamanan [2]



Gambar 7. Diagram Garis Batas Kenyamanan [2]

Selanjutnya data pengujian kelayakan diperoleh melalui penyebaran angket dengan 15 item pernyataan kepada 10 orang responden. Sebelum pengisian angket, responden diberikan kesempatan menggunakan simulator yang telah dibuat. Analisis uji kelayakan dengan Pengelompokan hasil uji kelayakan (Hasil Rating/HR)' mengacu kepada rumus [4]

$$HR = \frac{\text{jumlah skor validator}}{\text{jumlah skor maksimum}} \times 100 \% \quad [4]$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Produk dihasilkan berupa simulator sistem pengkondisian udara mobil untuk pengujian unjuk kerja digerakkan oleh mesin sepeda motor 9,6 HP dan dilengkapi dengan sistem pengisian baterai.



Gambar 8. Produk Simulator Sistem Pengkondisian Udara

Dari simulator yang telah dihasilkan, kemudian dilakukan pengukuran untuk pengambilan data dalam menentukan COP, tingkat kenyamanan udara, dan uji kelayakan. Berikut pada tabel 1, table 2, dan table 3 disajikan data hasil pengujian yang diperoleh.

Tabel 1. Data Rata-Rata Hasil Pengujian Temperatur dan Tekanan Fluida Pendingin

Putaran (rpm)	Temperatur (°C)				Tekanan (Psi)			
	T1	T2	T3	T4	P1	P2	P3	P4
1500	9,60	61,47	50,60	13,73	44,33	230,00	223,33	51,33
1700	8,70	62,53	53,47	13,23	42,33	226,67	218,33	48,67
1900	7,40	63,90	60,80	11,73	35,33	221,67	211,67	42,00
2100	4,37	62,30	59,17	9,37	30,67	213,33	206,67	38,00
2300	0,73	62,67	58,43	7,27	28,67	211,67	196,67	34,33

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Temperatur pada Simulator

Temperatur	Putaran (rpm)										Rata-rata	
	1500		1700		1900		2100		2300		T	T ¹
	T	T ¹	T	T ¹	T	T ¹	T	T ¹	T	T ¹		
Inlet blower	31	-	31	-	30	-	30	-	30	-	30	-
Outlet blower	12	10	13	10	13	10	14	10	14	10	13	10
Beda	19	-	18	-	17	-	16	-	16	-	17	-

Keterangan : T = temperatur bola kering

T¹ = temperatur bola basah

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Kelayakan

Aspek Penilaian	Skor Rata-Rata dari Responden										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Desain	70	70	75	72	70	65	70	70	70	70	70.2
Teknis	66	65	67	73	67	68	70	68	73	65	68.2
Kemanfaatan	70	70	67	72	70	70	73	68	72	72	70.4

Pembahasan

Pengujian Coefficiencie Of Perfomance

Nilai enthalpi (h) fluida pendingin dari tabel 1 dapat dihitung dengan menggunakan tabel apendik temperatur-tekanan R134a, dengan hasil seperti tertera pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Enthalpy

Putaran (Rpm)	Enthalpy Rata-Rata kJ/kg			
	h1	h2	h3	h4
1500	256,40	284,89	122,40	101,61
1700	255,57	286,19	126,92	101,47
1900	255,88	287,86	138,77	101,06
2100	253,94	285,91	136,07	100,42
2300	251,13	286,35	134,88	99,84

Nilai COP dihitung dengan formula $COP = \frac{(h1 - h4)}{(h2 - h1)}$, dan diperoleh hasil seperti tertera pada Table 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Coefficiency Of Perfomance

No	Putaran Kompresor (Rpm)	COP rata-rata
1	1500	5,43
2	1700	5,03
3	1900	4,84
4	2100	4,80
5	2300	4,29
	Keseluruhan	4,88

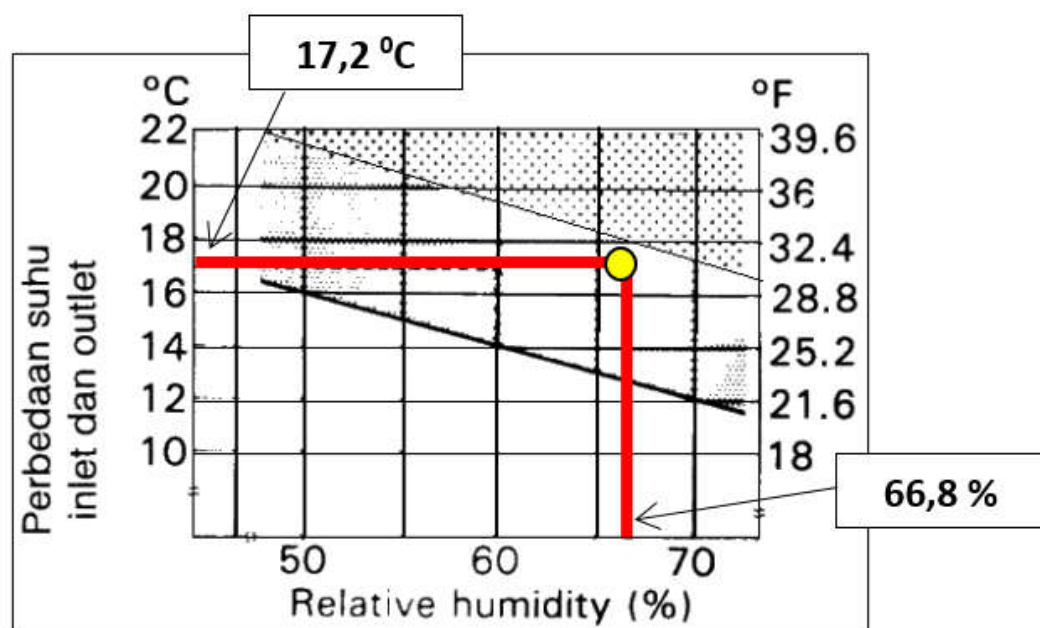
Rata-rata Cooefficiency Of Performance (COP) simulator sistem pengkondisian udara ini adalah 4,88. Ini berarti bahwa penggunaan mesin sepeda motor sebagai penggerak simulator ini tidak menimbulkan gangguan terhadap unjuk kerja simulator.

Pengujian Kenyaman

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Kenyaman

	Putaran Kompresor (Rpm)					Rata-rata
	1500	1700	1900	2300	2500	
Perbedaan temperatur inlet blower dengan outlet evaporator (°C)	19	18	17	16	16	17.2
Kelembaban udara (RH) pada outlet evaporator (%)	79.9	60.5	70	61.9	61.9	66.8

Data table 6 diinterpretasikan dengan Diagram Garis Batas Kenyaman, diperoleh hasil seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Posisi Titik Potong Garis Batas Kenyamanan Udara

Hasilnya menunjukkan bahwa perpotongan garis “perbedaan temperatur inlet blower dengan outlet evaporator (17,2^oC)” dengan “garis kelembaban udara (RH) pada outlet evaporator (%)” berada dalam garis batas kenyamanan, dengan kata lain udara yang dihasilkan dapat memberikan nyaman kepada orang yang ada dalam mobil.

Pengujian Kelayakan Simulator

Tabel 7. Hasil Uji Kelayakan

No	Aspek Penilaian	Nilai Kelayakan (%)	Keterangan
1	Desain	94%	Sangat layak
2	Teknis	91%	Sangat layak
3	Kemanfaatan	94%	Sangat layak
	Rata-rata	93%	Sangat layak

KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan sebuah simulator sistem pengkondisian udara mobil jenis orifice tube dengan fluida pendingin R134. Simulator ini mampu menghasilkan udara nyaman sesuai standar yang ditetapkan dan memiliki nilai *COP* 4,88. Simulasi pengujian unjuk kerja sistem dapat dilakukan dengan lebih mudah karena semua instrument alat ukur yang diperlukan telah terpasang pada simulator. Selanjutnya simulator juga layak digunakan sebagai dasar dalam memahami mekanisme kerja, analisis kerusakan, perawatan, dan perbaikan sistem pengkondisian udara.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Andrizar and A. Arif, “PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF PADA SISTEM E-LEARNING UNIVERSITAS NEGERI PADANG,” *INVOTEK J. Inov. Vokasional Dan Teknol.*, vol. 17, no. 2, pp. 1–10, Nov. 2017, doi: 10.24036/invotek.v17i2.75.
- [2] Denso, *Buku Pedoman Dasar Pengetahuan AC Mobil (HFC 134a)*. Jakarta: PT. Denso Indonesia, 2010.
- [3] R. Irawan, A. Andrizar, and I. Y. Basri, “PERBANDINGAN COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP) REFRIGERANT R-134a DENGAN REFRIGERANT MC-134 PADA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA MOBIL,” *Automot. Eng. Educ. J.*, vol. 1, no. 2, Mar. 2015, Accessed: May 23, 2020. [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/poto/article/view/1692>.
- [4] E. Mulyatiningsih, “PENGEMBANGAN MODEL PEMBELAJARAN.” Diakses dari <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pengabdian/dra-endang-mulyatiningsih-mpd/7cpengembangan-model-pembelajaran.pdf>, pada September 2016.
- [5] M. Potter and C. Somerton, “Termodinamika Teknik Edisi Kedua,” *Erlangga Jkt.*, 2008.
- [6] M. B. A. Riduwan, “Skala pengukuran variabel-variabel penelitian,” *Alf Bdg.*, 2007.
- [7] E. Saski, A. Andrizar, and T. Sugiarto, “PERBANDINGAN EFEK PENDINGINAN DAN PERFORMA AIR CONDITIONER MOBIL YANG MENGGUNAKAN ACCUMULATOR DENGAN AIR CONDITIONER MOBIL YANG MENGGUNAKAN RECEIVER DRYER,” *Automot. Eng. Educ. J.*, vol. 2, no. 2, Oct. 2014, Accessed: May 23, 2020. [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/poto/article/view/3170>.
- [8] L. Setyawan C, “PENINGKATAN COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE) SISTEM AC MOBIL DENGAN MENGGUNAKAN AIR KONDENSASI,” *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 02, Jan. 2014,

Accessed: May 23, 2020. [Online]. Available:
<https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/6536>.

- [9] W. F. Stoecker and J. W. Jones, "Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, terjemahan Supratman Hara," *Ed. Ketiga Penerbit Airlangga Jkt.*, 2000.