

RANCANG BANGUN MESIN MINI PENGKONDISIAN UDARA TIPE WATER COOLED CONDENSOR DENGAN PENGONTROLAN TEMPERATUR KABIN BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO

Ozkar F. Homzah^{1*)}, Haryanto²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang 30129.

²Program Studi Tekni Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Sekayu, Sumatera-Selatan

^{*)}E-mail: ozkarhomzah@univ-tridinanti.ac.id

Abstrak

Penelitian ini berupa rancang bangun sebuah prototipe mini pengkondisian udara tipe *water cooled condensor* serta melakukan pengujian prototipe dengan menggunakan variable berupa temperatur nyaman kabin yang dicapai 22,8°C~26,7°C. Dalam pengujian prototipe bertujuan mengkaji kinerja hasil rancang bangun berbasis mikrokontroler Arduino Uno untuk pengontrolan temperatur kabin yaitu sensor temperatur DS18B20 dan tanpa menggunakan Arduino Uno. Penelitian ini dilakukan selama satu jam dengan lima waktu pengujian yaitu pada menit 0 ke 10, menit 11 ke 20, menit 21 ke 30, menit 31 ke 40, menit 41 ke 50 dan menit 51 ke 60. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan mikrokontroler Arduino menghasilkan konsumsi rata-rata daya kompresor berkisar 247watt~264watt dan ketika temperatur minimum evaporator sebesar 8°C tercapai, maka konsumsi daya kompresor mengalami penurunan antara 70,22% sampai dengan 93,29%. Hal yang sama juga terjadi ketika temperatur maksimum evaporator tercapai (20°C), konsumsi daya kompresor juga mengalami penurunan diantara 59,77% hingga 72,02%. Sedangkan hasil pengujian tanpa menggunakan mikrokontroler Arduino konsumsi daya kompresor selalu cenderung konstan pada menit 10 hingga menit ke 60, dimana rata-rata konsumsi daya kompresor berurutan berkisar 267watt~ 275watt untuk tiap capaian temperatur evaporator. Dalam hasil pengujian berbasis mikrokontroler Arduino memberikan penghematan konsumsi energi listrik berupa daya kompresor sebesar 14,65 watt untuk tiap 10 menit pengujian. Hasil penelitian juga diketahui pengontrolan temperatur berbasis mikrokontroler perlu dilakukan agar koefisien kinerja (*coefficient of performance*) mesin dapat dijaga konstan serta salah satu cara agar kompresor tidak bekerja secara terus-menerus (*continuously*) pada saat temperatur kabin tercapai, dalam hal ini dapat menjaga umur pemakaian kompresor.

Kata kunci : mini pengkondisian udara, Arduino Uno, temperatur evaporator, koefisien kinerja (cop)

Abstract

This study is a design of a mini air conditioning type *water cooled condensor* prototype and perform-test using a variable in the form of an indoor air comfort between 22.8°C to 26.7°C. These prototype testing aims to examine the performance of the design results based on two conditions test. Firstly using the Arduino Uno microcontroller for controlling indoor air temperature, namely the DS18B20 temperature sensor and secondly without microcontroller. This research was conducted for one hour with five testing times, namely at 0 to 10 minutes, 11 to 20 minutes, 21 to 30 minutes, 31 to 40 minutes, 41 to 50 minutes and 51 to 60 minutes. The results showed by using microcontroller was produced energy consumption as compressor power with energy ranges from 247 watts to 264watt and when the minimum evaporator temperature is reached (8°C), the compressor of energy consumption has decreased from 70.22% to 93.29%. The same thing happened when the maximum evaporator temperature was reached (20°C), the energy consumption by compressor also decreased from 59.77% to 72.02%. While the results of testing without using an Arduino microcontroller, the energy consumption always tends to be constant at 10 to 60 minutes, where the average consecutive energy consumption varies from 267watt to 275watt for each evaporator temperature performance. Meanwhile from test results used Arduino microcontroller it provides savings in electrical energy consumption in the form of compressor power is 14.65 watts for every 10 minutes of testing. Also the results of known that microcontroller-based temperature control needs to be done so that the coefficient of performance of the machine can be kept constant and the compressor does not work continuously when the indoor air temperature is reached, in this case could be maintain the long-life of compressor.

Keywords: prototype mini air conditioning, Arduino microcontroller, temperature evaporator, coefficient of performance (cop)

PENDAHULUAN

Kenyamanan termal pada ruangan merupakan salah satu kebutuhan penting yang harus disediakan oleh mesin pengkondisian udara. kenyamanan termal didefinisikan sebagai kenyamanan fisik berupa perasaan dalam pikiran manusia yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termalnya. Berdasarkan [3] kenyamanan termal pada kondisi nyaman optimal terjadi saat temperature udara kering bagi tubuh manusia berkisar $22,8^{\circ}\text{C} \sim 26,7^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif udara pada kondisi padat seperti ruang pertemuan berkisar $55\% \sim 60\%$. Kondisi nyaman tersebut sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar yaitu kelembaban udara relatif, kecepatan aliran udara, dan temperatur udara kering.

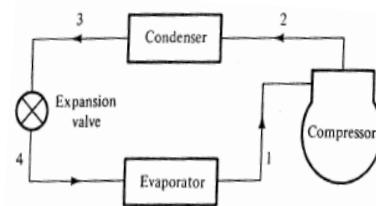
Mesin refrigerasi Siklus Kompresi Uap Standar (SKU) adalah salah satu jenis mesin konversi energi, dimana sejumlah energi dibutuhkan untuk menghasilkan efek pendinginan. Efek pendinginan dapat diperoleh di evaporator karena refrigerant (fluida kerja) di evaporator yang berada pada temperatur dan tekanan yang rendah akan menyerap panas dalam ruangan yang bertemperatur lebih tinggi dari evaporator (*indoor*). Menurut [4] Refrigeran di kondensor akan membuang panas yang diserap di evaporator ke udara luar (*outdoor*) yang bertemperatur lebih rendah sehingga seluruh refrigeran akan berada dalam fasa cair atau kondensasi.

Salah satu jenis mesin pengkondisi udara diberi nama *Air Conditioning (AC)*, berfungsi memindahkan kalor dari dalam keluar ruangan atau sebaliknya. Sebagai contoh pada daerah bertemperatur rendah seperti di Eropa, AC digunakan sebagai pemanas ruangan. Sedangkan pada daerah bertemperatur tinggi, AC digunakan sebagai penyejuk udara dan pengontrol uap air. Penggunaan mesin pengkondisi udara di Indonesia semakin meningkat baik untuk bangunan berukuran kecil, sedang, maupun besar mulai dari rumah tinggal, perkantoran, kendaraan, hotel dan industri. Pengkondisi udara yang dimaksudkan adalah untuk memberikan kenyamanan dan kesegaran ruangan yang dikondisikan. Setiap ruangan mempunyai beban kalor yang berbeda dan hal ini akan mempengaruhi spesifikasi mesin pengkondisi udara yang akan dipakai.

Penelitian sisten kompresi uap dan pengkondisian udara telah dilakukan seperti diketahui [5] perhitungan total beban mesin pendinginan ruangan jenis packaged unit dengan *all-air system* digerbong kereta api penumpang eksekutif malam pada KA. Gajayana, di ketahui bahwa beban pendinginan aktual terbesar terdapat pada beban penumpang, beban ventilasi dan beban infiltrasi. Dan juga penelitian [6] mengenai kinerja dari mesin pengkondisian udara tipe terpisah di gerbong penumpang kereta api ekonomi,

didapat bahwa kinerja mesin mengalami penurunan sangat signifikan sebesar 75% yaitu nilai *coefficient of performance* dari 4,4 turun menjadi 1,1 serta konsumsi listrik yang dibutuhkan meningkat sebesar 0,05 kW seiring bertambahnya jumlah penumpang.

Dalam penelitian ini memakai *water cooled condensor* yaitu air sebagai media pendingin dengan tipe kondensor yang digunakan ialah *shell and coil condenser*, dimana air mengalir di dalam koil pipa dingin dari refrigerant. Penelitian [4] ini menggunakan sistem kompresi uap yang diilustrasikan pada gambar 1. Siklus sederhana kompresi uap meliputi: 1-2 : Kompresi adiabatik dan reversible dari uap jenuh menuju tekanan kondensor. 2-3 : Pelepasan kalor reversible pada tekanan konstan menyebabkan penurunan panas lanjut dan pengembunan refrigeran. 3-4 : Ekspansi tidakreversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator. 4-1 : Penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh.



Gambar 1 Skema siklus sederhana kompresi uap [4]

COP (*coefficient of performance*) merupakan nilai dari unjuk kerja dari siklus kompresi uap. Nilai ini dapat menunjukkan tingkat kualitas dari sistem pendinginan kompresi uap. Nilai COP yang tinggi menunjukkan bahwa kualitas dari pendinginan sangat baik atau tinggi, sebaliknya COP yang rendah akan menunjukan kualitas yang kurang baik dalam sistem pendinginan.

Penelitian ini merancang temperatur evaporator bekerja pada 5°C sampai 10°C . Menurut [2] COP dapat dihitung dengan persamaan 1 sampai dengan 3 serta menurut [1] perhitungan total beban pendinginan dapat dicari dengan persamaan 4. Efek pendinginan dalam kilo joule per kilo gram adalah beban yang dilepas di evaporator

$$Q_{in} = \dot{m}x(h_1 - h_4) \dots\dots\dots (1)$$

Kerja kompresi adalah perubahan nilai entalpi dari proses 1-2

$$W = h_2 - h_1 \text{ atau } W = V \times I \times \cos \rho \dots\dots\dots (2)$$

Koefisien prestasi atau COP aktual yang dihasilkan

$$\text{COP}_{\text{aktual}} = \frac{Q_{\text{in}}}{W} \dots\dots\dots (3)$$

Total beban pendinginan ruangan ialah, pada persamaan (4)

$$\text{GTH} = \text{OASH} + \text{OALH} + \text{RSH} + \text{RLH}$$

Dimana:

GTH = Total beban pendinginan (*grand total heat*) (Watt)

OASH = Beban sensibel udara luar (*outdoor air sensible heat*) (Watt)

OALH = Beban laten udara luar (*outdoor air laten heat*) (Watt)

RSH = Beban sensibel ruangan (*room sensible heat*) (Watt)

RLH = Beban laten ruangan (*room laten heat*) (Watt)

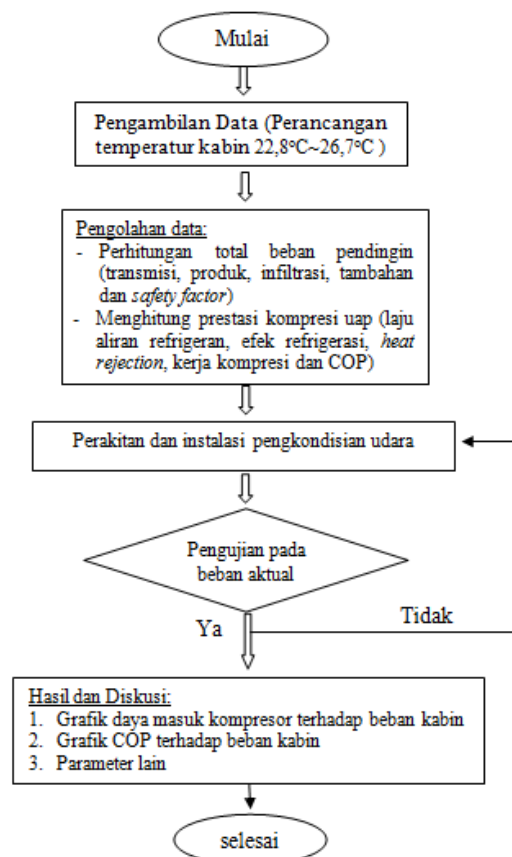
Penelitian ini berbasis mikrokontroler Arduino yang berfungsi mengontrol temperatur kabin/ruangan. Menurut [9] mikrokontroler adalah mikroprosesor yang dikhususkan untuk instrumentasi dan kendali. *Mikroprosesor* merupakan suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Dan [8] menjelaskan pengertian arduino sendiri adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Dalam pengambilan data, mikrokontroler Arduino digunakan untuk merekam data temperatur kabin serta mengontrol

temperature berdasarkan beban pendinginan aktual, dalam hal ini dapat mendapatkan data yang lebih akurat didalam pengujian kinerja dari mesin mini pengkondisian udara.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dengan melakukan rancang bangun dan pengujian hasil rancang bangun dengan data perancangan temperatur kabin berkisar 22,8°C~26,7°C.

Tahapan-tahapan yang dilakukan seperti pada gambar 2. Langkah pengerjaan penelitian ini dapat dijabarkan pada gambar 2. Dimana terdiri dari 4 proses yaitu (1) pengambilan data, yaitu studi literatur dan lapangan untuk mendapatkan beban produk, sehingga didapatkan data temperatur kabin berkisar 22,8°C ~ 26,7°C. Tahapan pengambilan data juga meliputi penentuan spesifikasi bahan dan alat, seperti pada tabel 1 dan 2.



Gambar 2 Skema penelitian

Tabel 1 Daftar bahan yang digunakan

No	Nama Komponen	Jenis komponen	Banyak (satuan)
1	Kompresor	Hermetic	1 (unit)
2	Kondensor	Sirip kondensor <i>water cooled</i>	1 (unit)
3	Pipa kapiler	0,32 inch	1,5 (meter)
4	Evaporator	Sirip evaporator	1 (unit)
5	Pipa tembaga	1/4" dan 3/16"	1 dan 1.5 (meter)
6	High Pressure	0-500 Psi atau 0-340 kpa	1 (buah)
7	Low Pressure	0-250 Psi atau 0-17,5kpa	1 (buah)
8	MCB	6A / 230 VAC	2 (buah)
9	Volt meter	0-300 VAC	1 (buah)
10	Ampere meter	0-25 A	1 (buah)
11	Mikrokontroler Arduino	UnoR3	1 (paket)

Tabel 2 Daftar alat yang digunakan

No	Nama Komponen	Jenis komponen	Banyak (satuan)
1	Plat Besi dan Aluminium	Konstruksi rangka	1 (Batang)
2	Polystyren sterofoam	Kabin	1 (Unit)
3	Elbow dan suflex	Pemipaan dan isolasi	1 (paket)
4	Las oxy-asetylen	Penyambungan pipa	1 tabung
5	Flaring dan swaging tool	Pemipaan	1 (Unit)
6	Bending tool	Konstruksi dan pemipaan	1 (Unit)
7	Tubing cutter	Pemipaan	1 (buah)
8	Manifold	Pemipaan	2 (Unit)
9	Pompa vakum	Pemipaan	2 (buah)
10	Tang ampere, Multimeter, testpen	Kelistrikan	1 (buah)

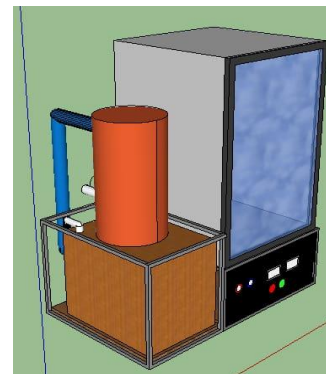
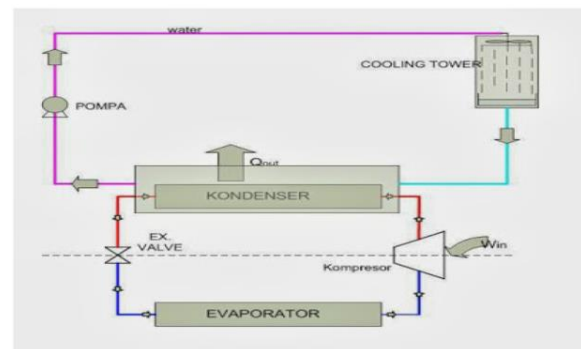
Langkah selanjutnya (2) proses pengolahan data mulai dari analisa masalah, konseptual desain, dan detailing. Analisa permasalahan hasil observasi meliputi:

1. Mini pengkondisian udara sederhana yang dapat mengontrol temperatur kabin dengan software tidak berbayar seperti Arduino.
2. Dengan menggunakan perangkat Arduino bisa didapat pengumpulan data secara *real-time* dan memungkinkan data yang didapat lebih akurat dibandingkan pengambilan data secara manual (*eye contact*).

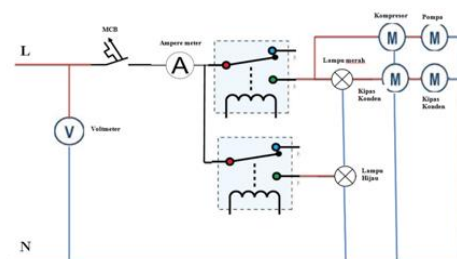
Berdasarkan analisa masalah yang ada, desain alat yang dirancang harus memenuhi spesifikasi sebagai berikut:

1. Dimensi ruang kabin yaitu dengan panjang 45 cm x lebar 50 cm x tinggi 90 cm
2. Temperatur evaporator yang di rencanakan yaitu 10°C sampai 15°C.
3. Temperatur kabin direncanakan berkisar 22,8°C ~ 26,7°C
4. Temperatur kondensasi 45°C
5. Temperatur lingkungan 32°C
6. Jenis material kabin/ruangan adalah plastik, polystyren, plat besi, kaca.

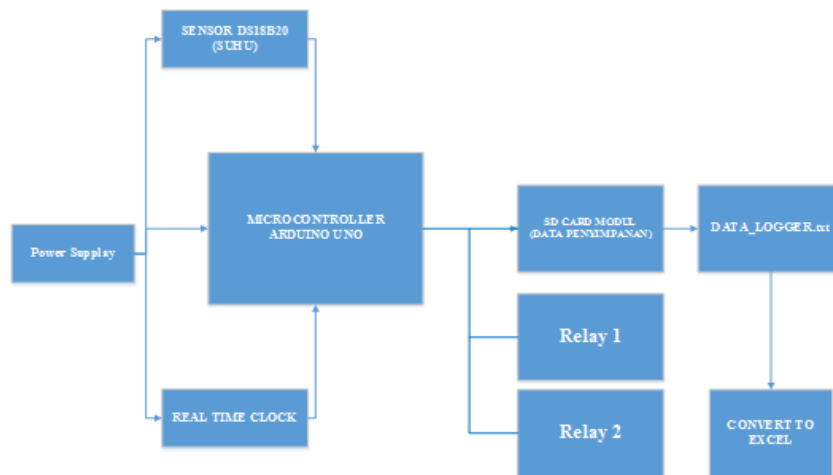
Dari analisa masalah dan desain alat maka didapat konsep alat yang dapat pada gambar 3.

Gambar 3 Perspektif rancangan mini pengkondisian udara tipe *water cooled condenser*

Gambar 4 Perspektif diagram pemipaan



Gambar 5 Perspektif diagram kelistrikan



Gambar 6 Skematik Blok Rangkaian Arduino pada Mesin Mini Pengkondisian Udara

Proses akhir dari pengolahan data selain gambar 4 ~ 6 yaitu perlu dilakukan perhitungan data [2], didapat spesifikasi alat sebagai berikut:

- Total beban pendingin rancangan sebesar 0,178 kWatt
- Kompresor jenis hermetik dengan daya sebesar ¼ Hp
- Temperatur evaporator berkisar $8^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$, dengan luas area penyerapan kalor $0,0014 \text{ watt/m}^2$
- Temperatur kondensasi berkisar 55°C , dengan luas area pelepasan kalor $0,0577 \text{ watt/m}^2$
- Perangkat Arduino Uno dengan mikrokontroler ATmega 328 dan sensor temperatur kabin DS18B20.

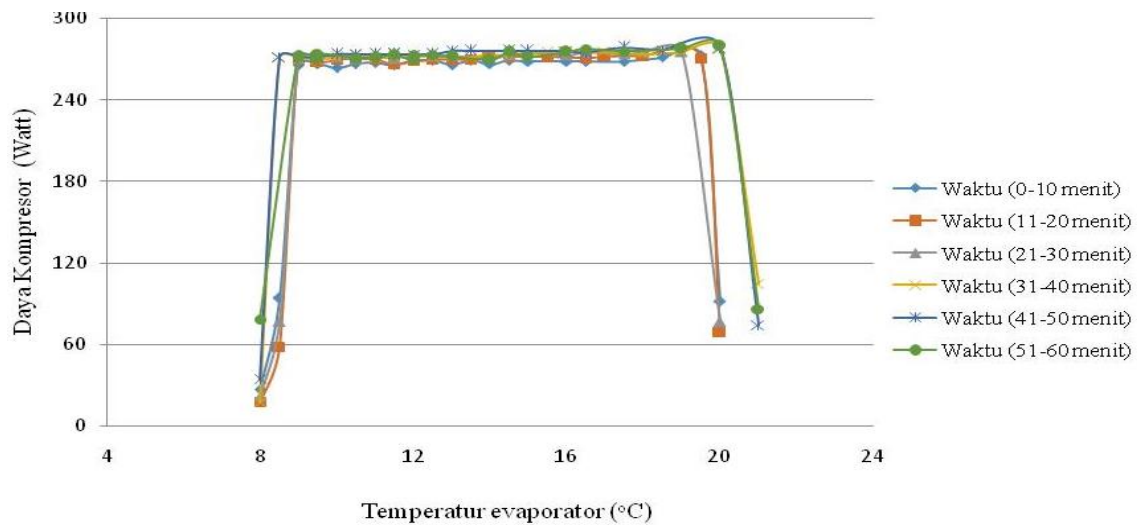
Setelah hasil pengolahan data, langkah selanjutnya adalah proses perakitan dan instalasi mesin mini pengkondisian udara dengan hasil seperti gambar 7.



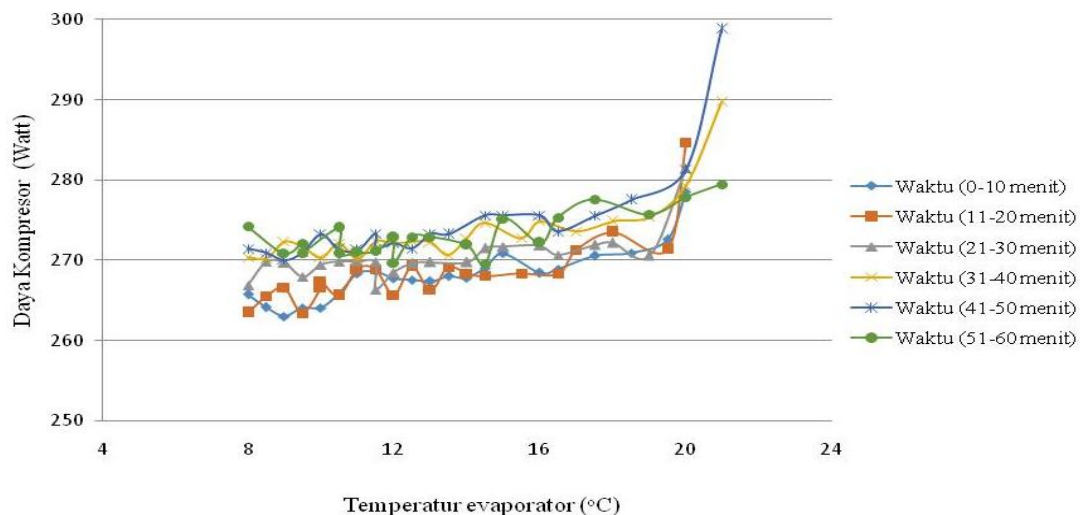
Gambar 7 Mesin mini pengkondisian udara tipe *water cooled condenser*

HASIL DAN DISKUSI

Setelah dilakukan pengambilan data dalam pengujian pada beban aktual yaitu terdapat 2 buah lampu pijar 5 watt di dalam kabin. Menurut [7] satu buah lampu pijar 5 watt memiliki kalor buangan sebesar 4437 Joule atau 1,233 watt.jam, dimana mikrokontroler Arduino bertugas mengatur temperatur kabin agar tetap diantara temperature nyaman $22,8^{\circ}\text{C} \sim 26,7^{\circ}\text{C}$. Hasil pengujian mesin, mikrokontroler Arduino memerintahkan kompresor on/off untuk memastikan temperature kabin tetap nyaman. maka data yang didapatkan tersebut diolah untuk mengetahui hasil dari pengujian mesin mini pengkondisian udara. Dalam pengambilan data menggunakan data temperatur lingkungan 32°C dan beban aktual berupa lampu pijar dengan kalor buangan sebesar 2,465 watt.jam. Pengukuran dilakukan selama 60 menit dengan rentang pengambilan data 10 menit.



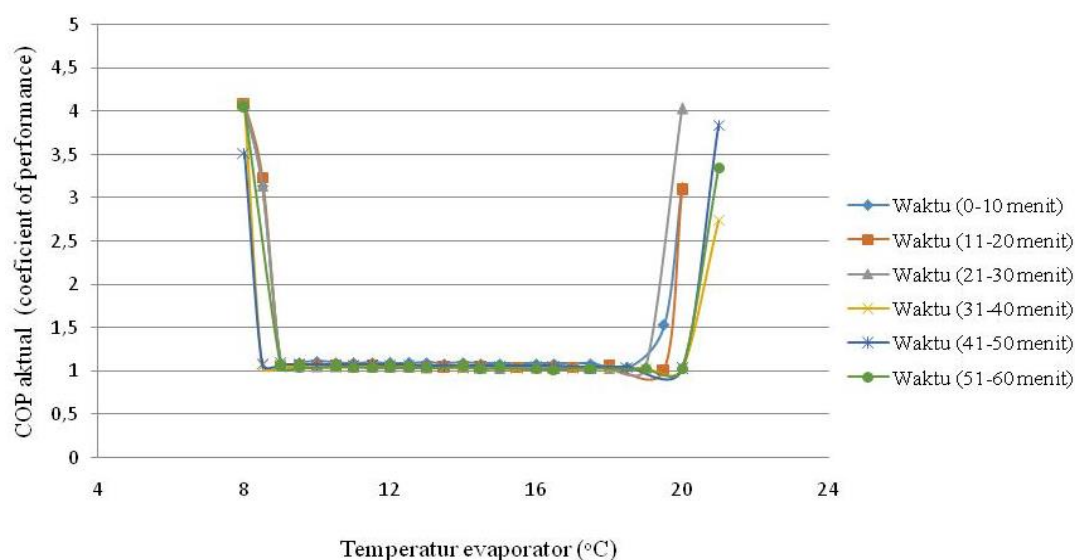
Gambar 8 Grafik nilai daya kompresor terhadap temperatur capaian evaporator, berbasis mikrokontroler selama 60 menit pengujian mesin



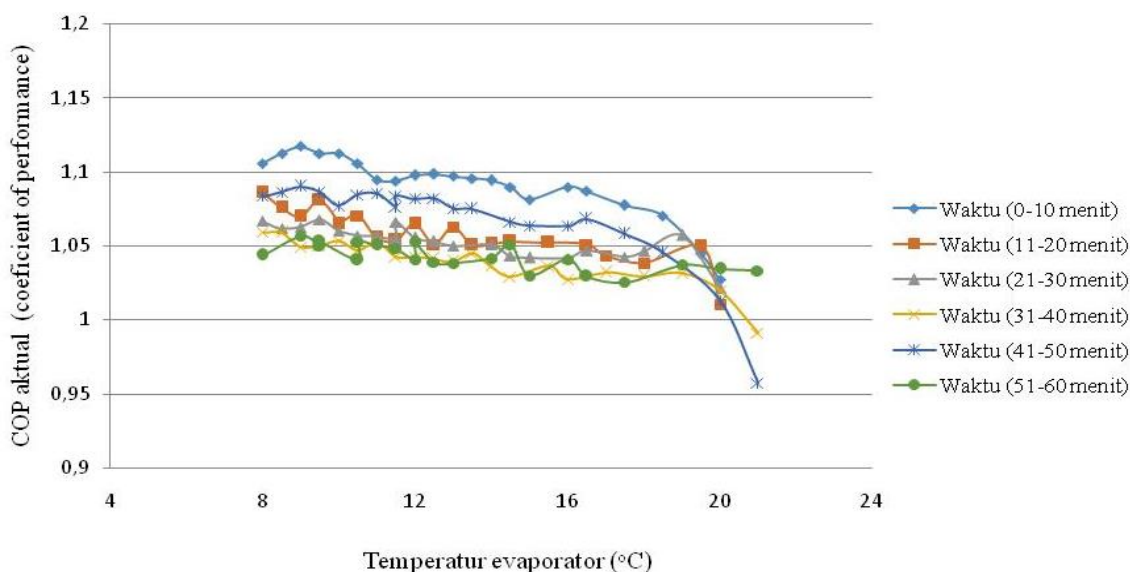
Gambar 9 Grafik nilai daya kompresor terhadap temperatur capaian evaporator, Tanpa menggunakan mikrokontroler selama 60 menit pengujian mesin

Pada gambar 8 dan 9 menunjukkan nilai konsumsi daya kompresor selama 60 menit tiap 10 menit pengujian mesin. Dimana pada kondisi mesin mini pengkondisian udara tipe *water cooled condenser* menggunakan mikrokontroler Arduino menghasilkan konsumsi rata-rata daya kompresor berkisar 247watt ~ 264watt dan ketika temperatur minimum evaporator sebesar 8°C tercapai, maka konsumsi daya kompresor mengalami penurunan antara 70,22% sampai dengan 93,29%. Hal yang sama juga terjadi ketika temperatur maksimum evaporator tercapai (20°C), konsumsi daya kompresor juga mengalami penurunan diantara 59,77% hingga 72,02%. Sedangkan hasil pengujian tanpa menggunakan mikrokontroler Arduino konsumsi daya

kompresor selalu cenderung konstan pada menit 10 hingga menit ke 60, dimana rata-rata konsumsi daya kompresor berurutan berkisar 267watt ~ 275watt untuk tiap capaian temperatur evaporator.



Gambar 10 Grafik nilai koefisien kinerja (COP) terhadap temperatur capaian evaporator, berbasis mikrokontroler selama 60 menit pengujian mesin



Gambar 11 Grafik nilai koefisien kinerja (COP) terhadap temperatur capaian evaporator, Tanpa menggunakan mikrokontroler selama 60 menit pengujian mesin

Gambar 10 menunjukkan *coefficient of performance* atau koefisien kinerja dari tiap rentang waktu pengujian mesin, diketahui pengontrolan temperature kabin ($22,8^{\circ}\text{C} \sim 26,7^{\circ}\text{C}$) berbasis mikrokontroler Arduino ATmega 328 melalui pembacaan sensor DS18B20, didapatkan nilai kinerja dari mesin ketika temperatur minimum evaporator tercapai memerintahkan kompresor *off* begitu juga jika nilai temperatur maksimum evaporator tercapai, dimana nilai COP diberikan berkisar 3~4. Lalu, dari gambar juga didapat, sensor DS18B20

memerintahkan kompresor *on* pada kondisi temperatur evaporator belum tercapai $8^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$, sehingga nilai koefisien kinerja mesin mengalami penurunan berkisar 30~35%. Sedangkan gambar 11 menjelaskan nilai COP dari pengujian mesin pengkondisian udara mengalami penurunan untuk setiap rentang waktu pengujian. Hal ini disebabkan, kompresor bekerja secara terus-menerus walaupun temperatur evaporator telah tercapai.

KESIMPULAN

Rancang bangun prototipe dan kajian tentang penerapan mesin mini pengkondisian udara tipe *water cooled condenser* telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien kinerja mesin (*COP*) memberikan perbedaan yang signifikan dari kedua kondisi pengujian (menggunakan pengontrolan temperatur kabin berbasis mikrokontroler dan tanpa pengontrolan). Hasilnya menunjukkan pengontrolan temperatur kabin ($22,8^{\circ}\text{C} \sim 26,7^{\circ}\text{C}$) perlu dilakukan guna mendapatkan kinerja mesin yang baik/konstan serta dapat mempertahankan kinerja kompresor untuk tidak secara terus-menerus (*continuously*) bekerja dan juga dapat menjaga umur pemakaian kompresor. Pengontrolan berbasis mikrokontroler Arduino juga memberikan keuntungan lain yaitu energi listrik yang dikonsumsi berupa daya kompresor dapat dihemat sebesar 14,65 watt untuk tiap 10 menit pengujian. Sedangkan tanpa menggunakan pengontrolan temperatur menggunakan Arduino nilai unjuk kinerja (*coefficient of performance*) mengalami penurunan berkisar 30~35% serta kompresor tetap berkerja walaupun temperatur kabin sudah tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carrier Air Conditioning Company, 1956. *Handbook of Air Conditioning System Design*, Newyork: McGraw-Hill Book Company.
- [2] Boyle, G. 2002. *Australian Refrigeration and Air Conditioning Vol 1*. WestOne Services Companies inc: West Perth.
- [3] Badan Standar Nasional, 2001. *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*, SNI 6572-2001.
- [4] Stoecker W.F and Jones, J.W, 1982. *Refrigeration And Air Conditionong*, 3rd., Butterworth-Heinemann, New delhi.
- [5] Nuraeni, Tanty, 2010. *Perhitungan Ulang Sistem Pengkondisi Udara pada Gerbong Kereta Api Penumpang Eksekutif Malam (KA.GAJAYANA)*. Skripsi, ITS, Surabaya.
- [6] Ozkar F. Homzah, *Studi Kinerja Mesin Pengkondisi Udara Tipe Terpisah (Ac Split) Pada Gerbong Penumpang Kereta Api Ekonomi*, Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta, Vol. II, No. 2, November 2016, hal. 37-44, ISSN: 2407-7852
- [7] Agam, Bima Brilliando dkk. Pengaruh Jenis Dan Bentuk Lampu Terhadap Intensitas Pencahayaan Dan Energi Buangan Melalui Perhitungan Nilai Efikasi Luminus, Jurnal Pembelajaran Fisika Universitas Jember, Vol.3 No.4, Maret 2015, hal. 384-389, ISSN: 2301-9794.
- [8] Syahwil, Muhammad. 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [9] Sumardi. 2013. *Mikrokontroler Belajar AVR Mulai Dari Nol*. Yogyakarta: Graha Ilmu.