

PENGARUH *ICE BLOCK* TERHADAP MESIN PENYEJUK UDARA DENGAN DAYA LISTRIK RENDAH

THE EFFECT OF ICE BLOCK ON AIR CONDITIONING MACHINE USING LOW ELECTRIC POWER

Wibowo Kusbandono^{1*}, Petrus Kanisius Purwadi²

^{1,2}Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

^{1*}kusbowo@yahoo.co.id, ²pkpurwadi1966@gmail.com

*penulis korespondensi

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui (a) pengaruh *ice block* terhadap kondisi udara keluar ruang pendingin dari mesin penyejuk udara (b) karakteristik mesin penyejuk udara yang meliputi: kalor yang diserap evaporator, kalor yang dilepas kondensor, kerja kompresor, kinerja mesin (COP) dan daya listrik total. Mesin penyejuk udara bekerja dengan siklus kompresi uap, dengan komponen utama meliputi: kompresor, evaporator, kondensor, dan pipa kapiler. Daya kompresor yang dipergunakan sebesar 1/6 HP, sedangkan komponen utama yang lain, ukurannya menyesuaikan dengan besarnya daya kompresor. Variasi penelitian dilakukan terhadap jumlah *ice block* yang dipergunakan: (a) 8 *ice block* dan (b) 16 *ice block*. Penelitian memberikan hasil (a) *ice block* mampu menurunkan suhu udara keluar dari ruang pendingin dengan baik, bila ada 8 *ice block*, mesin penyejuk mampu menghasilkan suhu udara dibawah 23°C selama 4,5 jam, dan bila ada 16 *ice block*, mampu selama 6 jam (b) mesin penyejuk udara memiliki karakteristik sebagai berikut : kalor yang diserap per satuan massa refrigeran sebesar 118,01 kJ/kg, kerja kompresor per satuan massa refrigeran sebesar 44,37 kJ/kg, kalor yang dilepas kondensor per satuan massa refrigeran sebesar 162,38 kJ/kg, COP sebesar 2,66 dan total daya listrik total 140 watt.

Kata kunci : mesin penyejuk udara, siklus kompresi uap, COP, daya listrik rendah

Abstract

The purpose of this study was to determine (a) the effect of ice block on the condition of the air out of the cooling chamber of the air conditioning machine (b) the characteristics of the air conditioning machine which include: heat absorbed by the evaporator, heat released by the condenser, compressor work, engine performance (COP), and total electric power. The air conditioning machine works with a vapor compression cycle, with the main components including: compressor, evaporator, condenser, and capillary pipes. The compressor power used is 1/6 HP, while the other main components, its size adjusts to the size of the compressor power. Variations of research were carried out on the number of ice-blocks used: (a) with 8 ice blocks and (b) with 16 ice blocks. The research gives results (a) ice block can reduce the temperature of air out of the cooling room well, if there are 8 ice blocks, the conditioning machine is able to produce temperatures below 23°C for 4.5 hours, and if there are 16 ice blocks, able for 6 hours (b) air conditioning machines have the following characteristics: heat absorbed per unit mass of refrigerant is 118.01 kJ/kg, compressor work per unit mass of refrigerant is 44.37 kJ/kg, heat released by condenser per unit mass of refrigerant is 162.38 kJ/kg, COP is 2.66 and total electric power is 140 watts..

Keywords: air conditioning machine, vapor compression cycle, COP, low electric power

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, untuk mengkondisikan udara, masyarakat diberi banyak pilihan dalam membeli mesin penyejuk udara. Di pasaran, selain ada banyak mesin penyejuk udara dengan daya listrik yang cukup tinggi seperti mesin *air conditioner* (AC), ada pula mesin penyejuk dengan daya listrik rendah, seperti *air cooler*. Daya listrik terendah mesin AC sekitar 0,5 PK, sedangkan daya listrik *air cooler*, ada yang lebih rendah dari 100 watt. Bagi masyarakat kelas bawah, daya listrik 0,5 PK tergolong tinggi. Tidak heran bila masyarakat kelas bawah memilih *air cooler*, daripada AC.

Dalam penggunaannya, *air cooler* masih memiliki kelemahan. Tidak praktis, karena pengguna secara berkala harus mengisinya dengan air. Selain itu juga suhu udara yang dihasilkannya tidak begitu rendah atau tidak sedingin yang dihasilkan AC. Kemampuan menurunkan suhu udara hanya sekitar 3-4°C. Bersifat lokal, artinya, aliran udara dingin hanya diarahkan ke pemakainya saja. *Air cooler* tidak mendinginkan keseluruhan udara yang ada di dalam ruangan. Meski demikian, *air cooler* memiliki keuntungan lain, selain memiliki daya listrik rendah, *air cooler* bersifat ramah lingkungan, tidak merusak lapisan ozon, karena fluida kerjanya hanya air. Prinsip kerja yang dipergunakan berbeda, AC memakai siklus kompresi uap, dan *air cooler* memakai *evaporative cooling*. *Air cooler* cocok untuk dipergunakan di daerah yang memiliki suhu udara luar tinggi (di atas 30°C) dengan kelembaban udara yang rendah. Semakin tinggi suhu udara luar, kemampuan *air cooler* dalam menurunkan suhu udara semakin besar.

Inovasi terhadap mesin penyejuk daya listrik rendah masih terus-menerus dilakukan. Berangkat dari persoalan ini, penulis tertarik ikut terlibat melakukan inovasi. Mempergunakan prinsip mendinginkan udara lokal dengan daya listrik rendah. Bagaimana memperoleh mesin penyejuk udara yang: (a) bekerja dengan daya listrik rendah, (b) tidak ribet (c) dapat menghasilkan suhu udara yang lebih rendah dari yang dihasilkan *air cooler*.

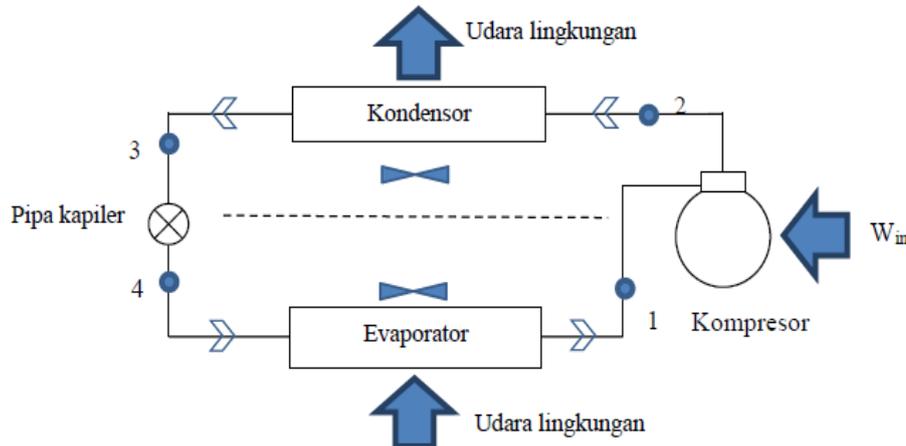
2. DASAR TEORI DAN METODOLOGI PENELITIAN

2.1 DASAR TEORI

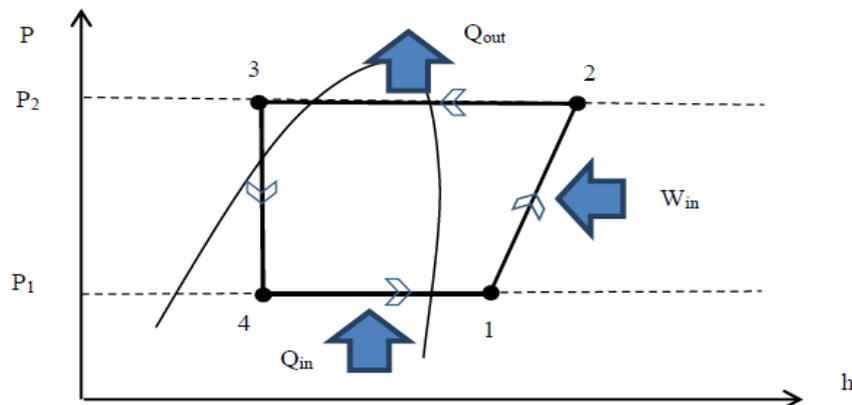
Mesin penyejuk udara yang dirancang dan diteliti berfungsi untuk menyejukkan udara secara lokal. Tetapi cara kerjanya berbeda dengan *air cooler*. Kalau penyejuk udara *air cooler* mempergunakan prinsip *evaporative cooling*, maka mesin penyejuk yang dipergunakan dalam penelitian ini mempergunakan siklus kompresi uap. Prinsip kerjanya sama dengan AC ruangan. Kalau AC ruangan dipergunakan untuk menyejukkan udara seluruh ruangan, maka mesin penyejuk udara dalam penelitian ini difungsikan untuk penyejuk udara lokal. Untuk mendapatkan suhu udara yang lebih rendah, mesin penyejuk udara diberi tambahan *ice-block*. Pada saat mesin tidak difungsikan untuk menyejukkan udara, mesin difungsikan untuk mendinginkan *ice-block* yang berada di ruang pendingin.

Komponen utama mesin siklus kompresi uap meliputi: kompresor, kondensor, pipa kapiler dan evaporator. Komponen tambahan pada mesin siklus kompresi uap adalah filter dan kipas. Filter dipergunakan untuk membersihkan kotoran-kotoran yang ada pada refrigeran sebelum refrigeran masuk ke pipa kapiler. Kipas dipergunakan untuk mengalirkan udara melewati evaporator atau kondensor. Siklus kompresi uap tersusun beberapa proses utama: (a) proses evaporasi refrigeran yang berlangsung di evaporator, (b) proses kompresi yang berlangsung di kompresor, (c) proses kondensasi yang berlangsung di kondensor dan (d) proses penurunan tekanan yang berlangsung di pipa kapiler. Rangkaian komponen utama mesin siklus kompresi uap tersaji pada Gambar 1, dengan refrigeran sebagai fluida kerjanya, dan siklus kompresi uap bila digambarkan pada diagram p-h, seperti tersaji pada Gambar 2. Beberapa peneliti lain juga telah mempergunakan siklus

kompresi uap ini di dalam penelitiannya.[1-10]. Untuk menaikkan kinerja, kadang pada siklus kompresi ditambahkan proses pemanasan lanjut (*superheating*) dan proses pendinginan lanjut (*subcooling*)



Gambar 1. Rangkaian komponen utama siklus kompresi uap



Gambar 2 Siklus kompresi uap pada diagram P-h

Besarnya kalor yang diserap evaporator persatuan massa refrigeran (Q_{in}) dapat dihitung dengan mempergunakan Persamaan (1). Besarnya kerja yang dilakukan kompresor persatuan massa refrigeran (W_{in}) dapat dihitung dengan Persamaan (2). Besarnya kalor yang dilepas kondensator persatuan massa refrigeran (Q_{out}) dapat dihitung dengan Persamaan (3). Besarnya kinerja mesin siklus kompresi uap (COP) dapat dihitung dengan Persamaan (4). Pada Persamaan (1), (2), (3), h_1 , h_2 , h_3 , dan h_4 , berturut turut adalah entalpi refrigeran masuk kompresor, entalpi refrigeran keluar kompresor, entalpi refrigeran masuk pipa kapiler dan entalpi refrigeran masuk evaporator.

$$Q_{in} = h_1 - h_4 \quad (1)$$

$$W_{in} = h_2 - h_1 \quad (2)$$

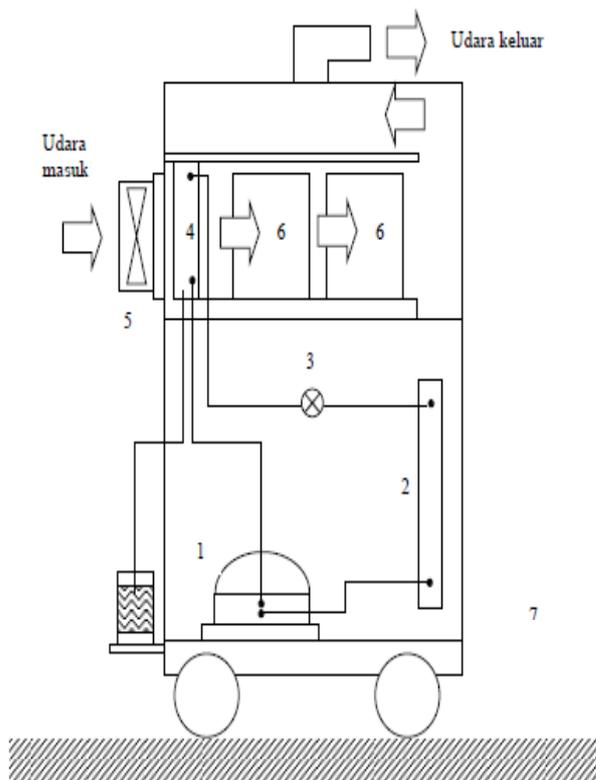
$$Q_{out} = h_2 - h_3 \quad (3)$$

$$COP = Q_{in} / W_{in} \quad (4)$$

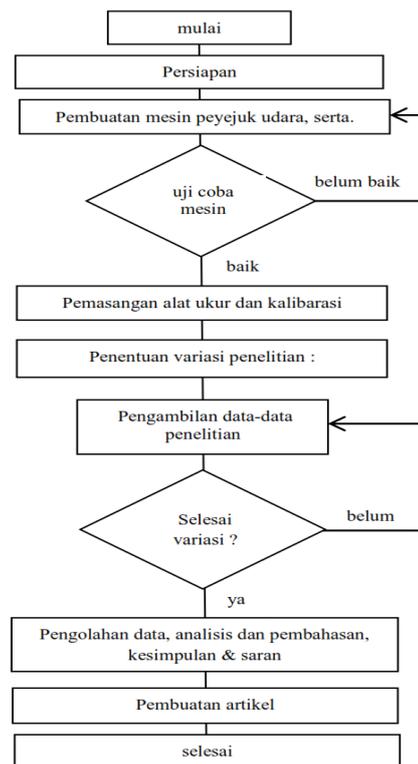
Daya listrik total yang diperlukan mesin penyejuk udara lokal adalah daya kompresor ditambah dengan daya kipas evaporator.

2.2 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimen. Objek penelitiannya adalah mesin penyejuk udara yang bekerja dengan siklus kompresi uap dan *ice block*. Gambar 3 menyajikan skematik mesin penyejuk udara yang diuji. Alur penelitian mengikuti diagram alir penelitian seperti tersaji pada Gambar 4. Penelitian dilakukan, dengan memvariasikan jumlah *ice block*: (a) dengan 8 *ice block* (b) dengan 16 *ice block*. *Ice block* ditempatkan di ruang pendingin udara. Ukuran *ice-block* berukuran : 14 cm x 25 cm x 1,5 cm, diperoleh di pasaran. Udara luar dimasukkan ke ruang pendingin melalui saluran udara masuk, setelah melewati evaporator dan *ice block*, udara dialirkan keluar dari ruang pendingin dan dapat dipergunakan untuk menyejukkan pemakai. Pengambilan data dimulai setelah mesin bekerja dalam keadaan stabil, dan *ice-block* di dalam ruangan sudah dalam keadaan beku (-15°C). Gambar 3, menyajikan skematik mesin penyejuk udara, dengan komponen : (1) kompresor (2) kondensator (3) pipa kapiler (4) evaporator (5) kipas (6) *ice block*.



Gambar 3 Skematik alat uji



Gambar 4 Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin penyejuk udara ini dirancang dengan cara kerja sebagai berikut, bila mesin tidak dipergunakan untuk menyejukkan udara, saluran udara masuk ke ruang pendingin dan saluran udara keluar ruang pendingin ditutup. Tidak ada aliran udara masuk dan keluar dari ruang pendingin. Pada saat mesin penyejuk tidak dipergunakan, mesin tetap dinyalakan. Mesin siklus kompresi uap dan kipas evaporator tetap bekerja untuk membekukan *ice block*. *Ice block* dapat

membeku karena aliran udara dingin yang disirkulasikan kipas evaporator, melewati semua *ice block* yang berada di dalam ruang pendingin. Mesin penyejuk udara akan berhenti bekerja bila *ice block* sudah mencapai suhu terendah yang diinginkan.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, mesin siklus kompresi uap yang dipergunakan pada penelitian ini memiliki suhu kerja evaporator -15°C dan suhu kerja kondensor 50°C . Diasumsikan proses *superheating* dan *subcooling* diabaikan. Besarnya kalor yang diserap evaporator persatuan massa refrigeran (Q_{in}) sebesar 118,01 kJ/kg. Besarnya kalor yang dilepas kondensor persatuan massa refrigeran (Q_{out}) sebesar 162,38. Kerja kompresor persatuan massa refrigeran (W_{in}) sebesar 44,37. Kinerja mesin atau COP mesin siklus kompresi uap dari mesin penyejuk udara sebesar 2,66.

Tabel 1. Lama waktu mesin penyejuk udara menghasilkan kondisi udara berada dibawah suhu 23°C .

No	Variasi Penelitian	Kondisi Udara masuk		Kondisi udara keluar		Lama waktu suhu udara keluar $<23^{\circ}\text{C}$
		T_{db}	T_{wb}	T_{db}	T_{wb}	
1	Dengan 8 <i>ice block</i>	28	26	23	22	4,5 jam
2	Dengan 16 <i>ice block</i>	28	26	23	22	6 jam

Catatan : tanpa *ice block*, untuk mencapai suhu 23°C dari kondisi awal 28°C , diperlukan waktu 45 menit

Kondisi udara yang dihasilkan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1. Jika sejumlah *ice block* diletakkan di dalam ruang pendingin, mesin penyejuk udara mampu membuat kondisi udara keluar dari ruang pendingin memiliki suhu di bawah 23°C untuk beberapa lama. Kondisi awal awal *ice block* di dalam ruang pendingin sebelum dilakukan pengambilan data, berada pada suhu sekitar -15°C . Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa kondisi udara yang dihasilkan oleh mesin penyejuk udara dipengaruhi oleh banyaknya *ice block*. Bila ada 16 *ice block* di dalam ruang pendingin, lama waktu mesin penyejuk udara mampu bekerja untuk menghasilkan kondisi udara keluar ruang pendingin di bawah suhu 23°C , sekitar 6 jam. Bila ada 8 *ice block*, lama waktu mesin penyejuk udara mampu bekerja untuk menghasilkan kondisi udara keluar ruang pendingin di bawah suhu 23°C , sekitar 4,5 jam. Bila tidak ada *ice block*, mesin penyejuk udara tidak mampu menghasilkan kondisi udara keluar dari ruang pendingin di bawah suhu sekitar 23°C . Batas suhu udara terendah keluar dari ruang penyejuk udara yang mampu dicapai mesin penyejuk udara tanpa *ice block* sekitar 23°C . Untuk mencapai suhu udara keluar dari ruang pendingin udara sekitar 23°C , mesin penyejuk udara memerlukan waktu. Waktu yang diperlukan sekitar 45 menit, untuk menurunkan suhu udara masuk sekitar 28°C menjadi suhu udara sekitar 23°C . Pengambilan data untuk mesin penyejuk udara dimulai dari kondisi mesin mulai dinyalakan, dengan kondisi awal mesin penyejuk mati.

4. KESIMPULAN

Penelitian memberikan hasil: (a) *ice-block* mampu menurunkan suhu udara keluar dari ruang pendingin, bila ada 8 *ice block*, mesin penyejuk mampu menghasilkan udara keluar dibawah suhu 23°C , selama 4,5 jam, dan bila ada 16 *ice block*, selama 6 jam (b) mesin penyejuk udara memiliki karakteristik: Q_{in} sebesar 118,01 kJ/kg, Q_{out} sebesar 162,38 kJ/kg, W_{in} sebesar 44,37 kJ/kg, COP sebesar 2,66 dan daya listrik total sebesar 140 watt. Penelitian dapat dikembangkan dengan

mempergunakan suhu kerja evaporator yang lebih rendah dengan suhu kerja kondensor yang diturunkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mitsunori T, et al., 2013, Dehumidifying and heating apparatus and clothes drying machine using the same, European Patent specification, EP 2 468 948 B1, 27.11.2013
- [2] Balioglu, et al., 2013, *Heat Pump Laundry Dryer Machine*, Patent Application Publication, Pub. No: US 2013/0047456 A1, Apr.
- [3] Bison, et al., 2012, *Heat Pump Laundry Dryer and a Method for Operating a Heat Pump Laundry Dryer*, Patent Application Publication, Pub. No: US 2012/0210597 A1.
- [4] Kusbandono, W dan Purwadi, PK. 2016. *Pengaruh adanya kipas yang mengalirkan udara melintasi kondensor terhadap COP dan efisiensi mesin pendingin showcase*, <https://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/472>
- [5] Kusbandono, W dan Purwadi, PK. 2015. *COP Mesin pendingin refrigeran sekunder*, <https://e-journal.usd.ac.id/index.php/JP/article/view/995>.
- [6] Wijaya, K dan Purwadi, PK. 2016. *Mesin pengering handuk dengan energi listrik*, <https://mekanika.ft.uns.ac.id/index.php/mk/article/view/455>
- [7] Purwadi, PK dan Kusbandono, W. 2015. *Mesin pengering pakaian energi listrik dengan mempergunakan siklus kompresi uap*, <http://eprints.ulm.ac.id/770/>
- [8] Purwadi, PK dan Kusbandono, W. 2015. *Inovasi mesin pengering pakaian yang praktis, aman dan ramah lingkungan*, <http://jurnal.wima.ac.id/index.php/teknik/article/view/915>
- [9] Purwadi, PK dan Kusbandono, W. 2016. *Pengaruh kipas terhadap waktu dan laju pengeringan mesin pengering pakaian*, <https://www.neliti.com/publications/132305/pengaruh-kipas-terhadap-waktu-dan-laju-pengeringan-mesin-pengering-pakaian>.
- [10] Purwadi, PK dan Kusbandono, W. 2016. *Peningkatan waktu pengeringan dan laju pengeringan pada mesin pengering pakaian energi listrik*, <https://scholar.google.com/citations?user=4T0J8I0AAAAJ&hl=id&oi=sra>