

K152 - STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI BEBAN, WAKTU DAN TEMPERATUR PENDINGINAN TERHADAP COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP) PADA SPLIT AIR CONDITIONING

Eqwar Saputra¹, Marwan Effendy¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: eqwar_s@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini melakukan studi experimental analisis performa AC tipe split dengan menggunakan refrigerant R-22. Parameter yang dilakukan untuk melakukan analisis performa dengan perhitungan (kapasitas refrigerasi, COP, daya kompresor) yang mana dilakukan dengan variasi beban, waktu dan temperatur pendinginan. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan beban pendingin yang diperoleh dengan menempatkan bola lampu dengan ukuran 100 watt, 200 watt, 300 watt, 400 watt, dan 500 watt didalam ruang pendingin. Pengambilan data dalam pengujian mesin pendingin AC split ½ PK. Data analisis yang dilakukan berdasarkan eksperimental dengan menentukaakan kondisi refrigerant pada setiap titik siklus, kapasitas refrigerasi, dan COP sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan beban pendinginan menyebabkan koefisien prestasi membentuk kurva parabolik, dengan performa optimun yang diperoleh dengan beban 5 menit terjadi pada beban 300 watt yaitu sebesar 15,09. Sedangkan waktu pendinginan paling lama diperoleh dengan beban paling tinggi bola lampu 500 watt. Kenaikan daya kompresor juga mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya beban pendinginan dengan daya tertinggi pada beban tertinggi sebesar 0,229 kW.

Kata kunci: beban pendinginan; COP; daya lampu; efek refrigerasi; refrigerant

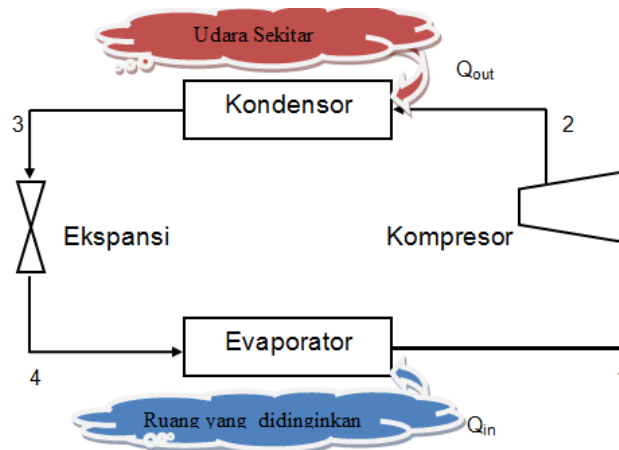
Pendahuluan

Sistem pendingin udara (AC) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengkondisikan udara sesuai dengan batas kemampuannya. Penggunaan AC untuk mendapatkan udara yang dingin dan sejuk bagi kita. Perkembangan AC lebih banyak digunakan pada wilayah yang beriklim tropis dengan temperatur udara yang relatif tinggi seperti di Indonesia (mukhtiamirulhaq, 2015). Awal mula refrigerasi muncul pada abad ke-19 Mechanics Journal oleh penulis anonim. Kemudian untuk paten pertama kali mesin refrigerasi yang tercatat namanya adalah Thomas Harris dan John Long yang dipublikasikan di Great Britain pada tahun 1790. Sejak itu sistem pendingin berkembang pesat, orang tidak hanya menggunakan untuk keperluan refrigerasi sebagai media pendingin makanan tetapi juga digunakan untuk pendingin udara (AC).

Seiring dengan perkembangan teknologi sistem pendingin udara atau yang biasa disebut dengan *Air Conditioner* (AC) merupakan serangkaian alat yang mempunyai fungsi utama untuk mendinginkan zat sehingga temperaturnya lebih rendah dari temperatur lingkungan. Penggunaan AC lebih banyak digunakan pada wilayah yang beriklim tropis guna mendapatkan udara dingin dan sejuk yang nyaman bagi tubuh seperti di Indonesia. Pengkondisian udara juga mencakup dalam proses pemanasan atau penghangatan suatu ruangan. Pengkondisian udara menyangkut pada pengaturan terhadap kelembaban, aliran dan kebersihan udara didalam suatu ruang. Untuk aplikasinya sistem pendingin udara banyak dijumpai pada pusat perbelanjaan, rumah tinggal, perhotelan, sekolah, swalayan, perkantoran dan rumah sakit. Sistem pendingin ruang saat ini didominasi oleh penggunaan siklus refrigerasi kompresi uap dan refrigerant sebagai bahan pendinginnya. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *Coefficient Of Performance* (COP) dan daya listrik pada kompresor dengan bahan alternatif refrigerant R-22 dengan variasi beban pendinginan.

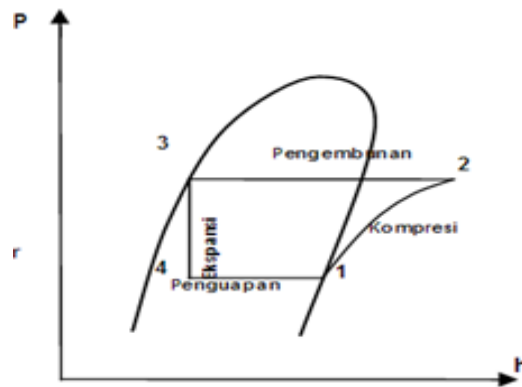
Tinjauan Pustaka

Mesin pendingin merupakan merupakan salah satu alat yang berfungsi untuk mendinginkan suatu zat sehingga didapatkan temperature yang lebih rendah dari pada temperatur lingkungan. Siklus kompresi uap standar pada dasarnya terdiri dari empat komponen utama yaitu Kompresor, Kondensor, Alat ekspansi, dan Evaporator. Seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem kompresi uap standar

Diagram Tekanan (P) terhadap enthalpi (h) dapat dilihat pada siklus kompresi Uap Standar dibawah ini pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram P-h

1-2 Sistem Kompresi

Proses kompresi secara isentropik pada kompresor. Pada proses ini temperatur, tekanan dan entalpi refrigeran naik. Refrigeran mengalami perubahan fase dari uap kering menjadi uap panas lanjut. Pada daerah ini refrigeran dikompresi hingga tekanan dan temperaturnya bertambah tinggi. Maka didapatkan daya kompresor, dengan persamaan sebagai berikut:

$$w_k = (h_1 - h_2) \quad \text{kJ/kg} \quad (1)$$

2-3 Sistem Kondensasi

Merupakan proses pelepasan kalor secara isobarik, menyebabkan penurunan panas lanjut dan pengembunan refrigeran. Pada proses ini temperatur dan entalpi refrigeran turun dan refrigeran mengalami perubahan fase dari uap panas lanjut menjadi cair.

Selanjutnya, refrigeran mengalir melalui kondensor, dimana refrigeran mengembun dan memberikan panas ke udara dan memberikan panas ke udara sekitar yang lebih rendah temperaturnya. Untuk volume atur melingkupi refrigeran di kondensor, laju perpindahan panas dari refrigeran adalah :

$$Q_c = (h_2 - h_3) \quad \text{kJ/kg} \quad (2)$$

3-4 Proses Ekspansi

Proses ekspansi dilakukan secara isentalpi, dari fase cair menuju tekanan evaporator. Proses ini tekanan dan temperatur refrigeran turun, mengalami perubahan fase dari cair menjadi uap jenuh. Proses pengecilan (*throttling*

process) pada sistem pendingin terjadi di dalam pipa kapiler atau alat ekspansi. Secara termodinamika besarnya perpindahan panas yang terjadi pada pipa kapiler di mesin pendingin, yaitu :

$$Q = h_3 - h_4 \quad \text{kJ/kg} \quad (3)$$

4-1 Proses Evaporasi

Proses penyerapan kalor dan penguapan pada tekanan konstan (isobarik). Pada proses ini temperatur dan entalpi refrigeran naik dan refrigeran mengalami perubahan dari fase uap campuran ke fase uap jenuh. Pada saat refrigeran mengalir melalui evaporator, perpindahan panas dari ruangan yang didinginkan menyebabkan refrigeran menguap. Dengan mengambil refrigeran pada evaporator sebagai volume atur, dari keseimbangan massa dan hukum Termodinamika I maka didapatkan perpindahan panas sebesar :

$$Q_e = (h_1 - h_4) \quad \text{kJ/kg} \quad (4)$$

Berdasarkan hasil diatas, maka akan didapat prestasi daur kompresi uap aktual atau yang biasa disebut dengan COP (*coefficient of performance*) sistem. Perhitungan Koefisien Prestasi (COP) dari siklus uap :

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (5)$$

Metode Penelitian

Pada penelitian ini adapun alat-alat yang digunakan untuk pelaksanaan pengujian antara lain:

Instalasi alat pengujian, dimana refrigerant yang digunakan R22 dengan disirkulasikan dengan sistem kompresi uap aktual. Spesifikasi alat uji sebagai berikut

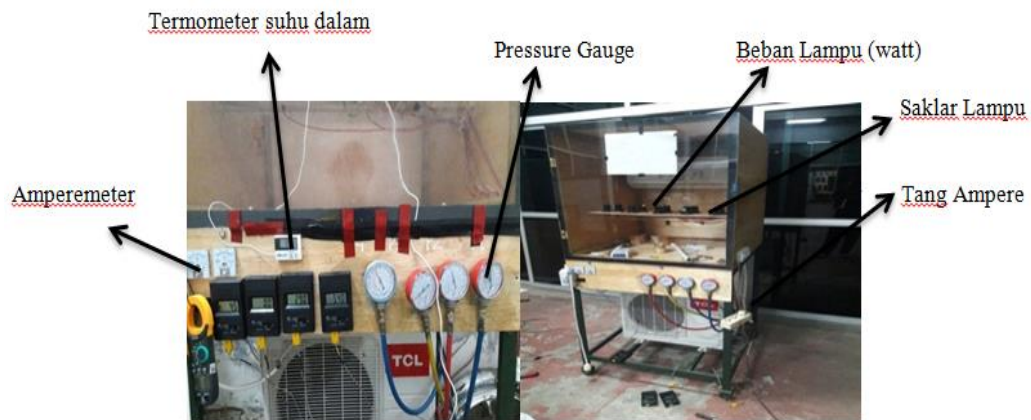
Tabel 1. Spesifikasi Alat Penelitian

Model	TAC-06CS/BU
	Pendinginan
Jenis	AC SPLIT
Arus Maksimal	1,91 A
Daya Masuk Maks	420 Watt
Kapasitas	6000 BTU/h
Merk	TCL
Tegangan	220 -240 V
Refrigerant	R22

Alat Ukur

- Pressure Gauge: Tipe Z dengan jangkauan pengukuran -1 - 35 Bar atau -30 - 500 Psi dengan jumlah 3 buah, Tipe HUB dengan jangkauan 0 - 250 Psi atau 0 - 10 Bar 1 buah
- Manifold Gauge: Untuk pengisian freon (1buah)
- Anemometer Merk : Lutron, Type : Type K, Seri : LM 8000
- Digital Clamp Tester (Tang Ampere) Merk : VIP Skala : 200 mV - 600 V, 2A - 400 A dan 200Ω - 20 mΩ
- Alat Ukur Kelembaman (*Humidity*) Merk : HTC-2
- Stopwatch, Merk : XL-010
- Digital Termometer ST-1A, merk elitech, akurasi: +2,5°C (-50°C~-20°C),+1°C (-20 °C~-80 °C)
- Digital thermometer, merk: Lutron TM-902 C

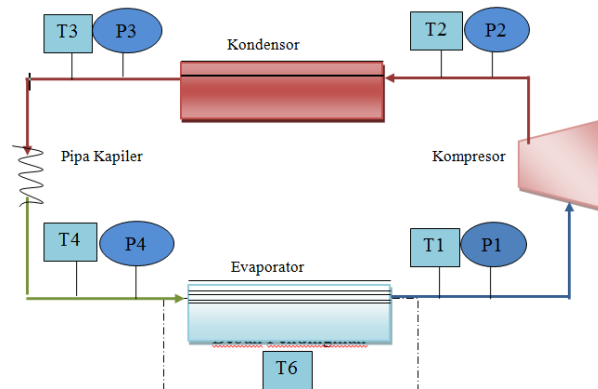
- Vacum Pump
- Refrigerant: R-22
- Beban Pendinginan (lampu bolam). Dengan variasi daya lampu 100 watt, 200 watt, 300 watt, 400 watt dan 500 watt.



Gambar 3. Alat uji penelitian

Penempatan Alat Ukur

- Pressure Gauge dan Termometer dipasang pada tiap-tiap jalur masuk dan jalur keluar kompresor, kondensor dan evaporator.



Gambar 4. Skema pemasangan alat ukur

Data yang diambil dari alat uji antara lain:

- T_{kabin} = Temperatur simulasi ruang kabin ($^{\circ}C$)
- T_1 = Temperatur Masuk Kondensor ($^{\circ}C$)
- T_2 = Temperatur Keluar Kondensor ($^{\circ}C$)
- T_3 = Temperatur Masuk Evaporator ($^{\circ}C$)
- T_4 = Temperatur Keluar Evaporator masuk Kompresor ($^{\circ}C$)
- P_1 = Tekanan Keluar Kompresor (Bar)
- P_2 = Tekanan Keluar Kondensor (Bar)
- P_2 = Tekanan Masuk Evaporator (Bar)
- P_2 = Tekanan Keluar Evaporator (Bar)
- V = Voltase (Volt)
- I = Arus listrik (Ampere)
- RH = Kelembaman (%),

Prosedur pengujian

Pengujian kebocoran pada instalasi

- Untuk pengujian kebocoran pada instalasi uji mesin pendingin, terlebih dahulu dikompres hingga 500 Psi dengan menggunakan kompresor yang dilengkapi dengan indikator pada pressure gauge. Kemudian dihentikan dan ditunggu hingga 1 hari jika terjadi penurunan tekanan maka dalam peralatan uji masih terdapat kebocoran.
- Untuk mendeteksi tempat yang terjadi kebocoran maka digunakan air sabun dengan busa halus yang dioleskan pada permukaan instalasi.
- Apabila masih terdapat kebocoran pada instalasi pada sambungan-sambungan berulir, sambungan alat ukur maka dikencangkan lagi dengan kuat, apabila terjadi pada sambungan las maka perlu dilepas dari instalasi dan dilas kembali.
- Apabila sudah aman semua maka bisa digunakan untuk pengujian dan pengambilan data yang diperlukan.

Pemvakuman Instalasi mesin pendingin

Sebelum sistem diisi refrigeran dengan refrigeran yang digunakan maka perlu dilakukan proses pemvakuman udara pada instalasi terlebih dahulu. Hal ini untuk memastikan bahwa tidak ada kotoran-kotoran, uap air, dan udara pada kompresor maupun pipa-pipa refrigeran yang dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pipa kapiler dan sistem instalasi.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk pemvakuman sistem dapat dilakukan sebagai berikut:

- Memasang alat ukur *manifold gauge* pada sistem alat uji prestasi
- Menghubungkan selang kedalam saluran isi/buang dan ke pompa vakum yang terdapat pada sistem instalasi
- Menghubungkan selang ke tabung refrigerant
- Menutup rapat pada selang yang mengalir ke refrigerant
- Menghidupkan kompresor vakum, kemudian membuka katup pada manifold gauge, biarkan selama ± 30 menit sampai mencapai tekanan pada manifold gauge mencapai -30 inHg.
- Menutup semua katup pada manifold gauge setelah kondisi vakum tercapai, dan mematikan pompa vakum.
- Mengamati kondisi ini selama beberapa menit untuk mengetahui apakah terjadi penurunan tekanan apa tidak pada manifold gauge.
- Jika terdapat kenaikan tekanan maka pada prosedur sebelumnya maka berarti masih terdapat kebocoran pada sistem, lakukan pemeriksaan ulang dan membaikinya.
- Mengulangi langkah-langkah prosedur diatas sampai tidak terdapat lagi kebocoran

Pengisian Refrigerant

Pengisian refrigerant R-22 dapat dilakukan dengan pengisian refrigeran berdasarkan tekanan maksimal yang dianjurkan 60-80 Psi dan arus maksimal pada spesifikasinya. Adapun langkah-langkah pengisiannya sebagai berikut:

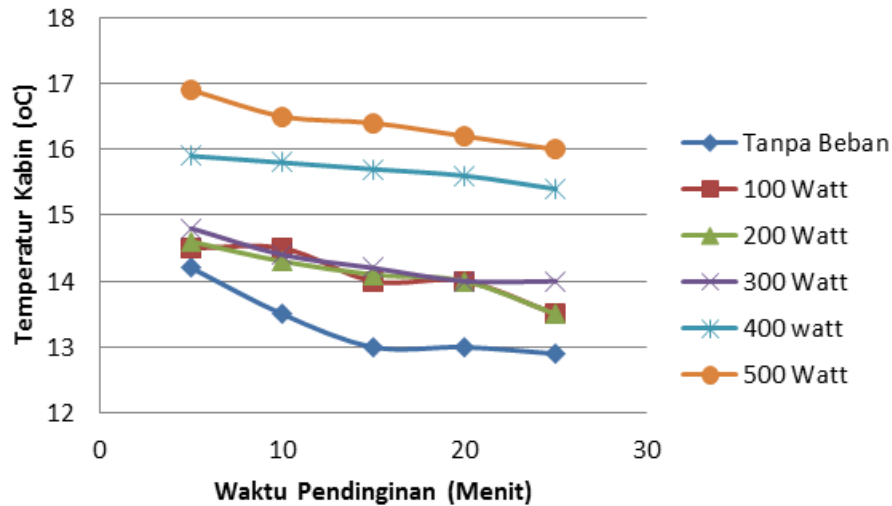
- Melakukan pemvakuman terlebih dahulu seperti yang sudah tertera diatas
- Setelah pemvakuman selesai, rangkaian selang pada manifold gauge, kompresor dilepas pada instalasi.
- Melihat tekanan awal pada kompresor.
- Menghidupkan kompresor setelah selesai divakum untuk proses pengisian.
- Melanjutkan langkah membuka keran dengan pada tabung refrigerant kemudian dilanjutkan dengan membuka keran pada manifold gauge, perhatikan ampere yang diukur dengan ampere meter yang menunjukkan jumlah refrigerant yang sudah masuk dikompresor. Banyaknya refrigerant yang sudah masuk dikompresor tidak boleh melebihi dengan tekanan kompresor yang dimiliki oleh instalasi.
- Menutup keran jika jumlah pengisian dirasa sudah cukup.
- Menutup keran tabung refrigerant dan melepas semua selang dari kompresor yang menempel pada instalasi uji.

Pengambilan data yang dilakukan

- Menentukan pengamatan ke posisi cool
- Beban Pendinginan (pada ruang tertutup)
- Menunggu beberapa saat sampai tercapai kondisi steady/ajeg
- Mengambil data pada:
 - Temperatur pada titik yang diberi alat ukur yaitu, T1, T2, T3, T4, dan T5
 - Tekanan refrigeran yang berada pada titik P1, P2, P3, dan P4
 - Kelembaman pada ruang instalasi uji
 - Mencatat data yang tertera pada peralatan uji
 - Menambah beban pendingin dengan menghidupkan lampu bolam menggunakan variasi 100 watt, 200 watt, 300 watt, 400 watt dan 500 watt dengan menggunakan saklar lampu.

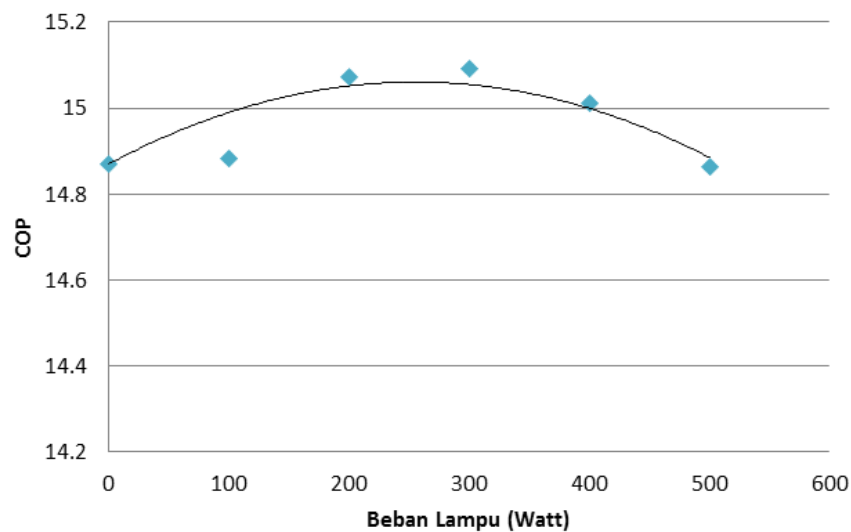
Hasil dan Kesimpulan

Pada pembahasan pertama akan disampaikan terkait hubungan antara waktu dan temperatur di dalam ruang kabin, untuk setiap variasi pembebanan. Pengujian ini dilakukan dan dicatat setiap 5 menit sampai 25 menit. Grafiknya terdapat pada gambar 5.



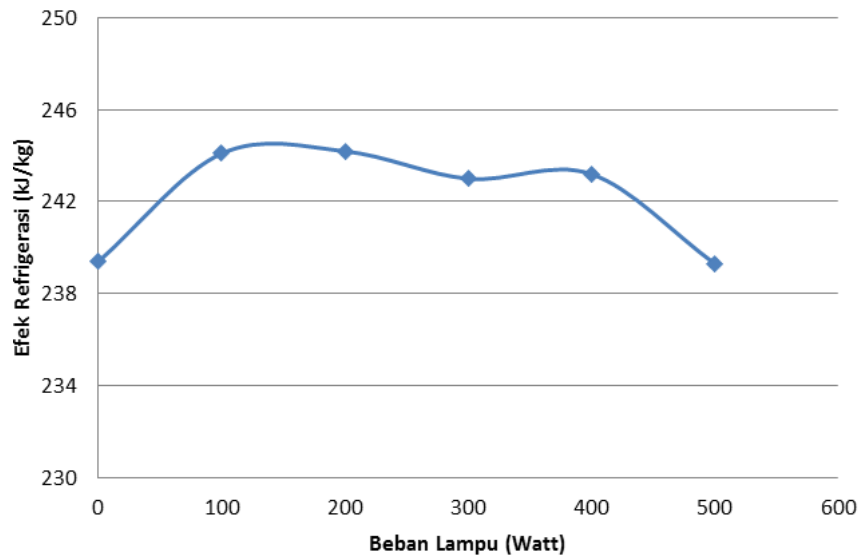
Gambar 5. Hubungan waktu pendinginan terhadap temperatur kabin pada setiap variasi pembebanan

Dari gambar 5. Dari data terlihat bahwa penurunan temperatur ruang seiring dengan bertambahnya waktu meskipun ada perbedaan pada masing-masing pembebanan. Untuk waktu yang sama pada menit ke 25 temperatur yang dicapai adalah pada pengujian tanpa beban adalah 12,9 °C, beban 100 watt sebesar 13,5 °C, beban 200 watt sebesar 13,5 °C, beban 300 watt sebesar 14 °C, beban 400 watt sebesar 15,4 °C dan beban 500 watt sebesar 16 °C. Hal ini disebabkan karena semakin besar beban pendinginan maka akan melepaskan kalor ke udara yang lebih besar pula sehingga temperatur udara pada ruangan menjadi semakin tinggi. Sehingga menyebabkan penurunan temperatur akibat pendinginan didalam kabin instalasi akan lebih kecil.



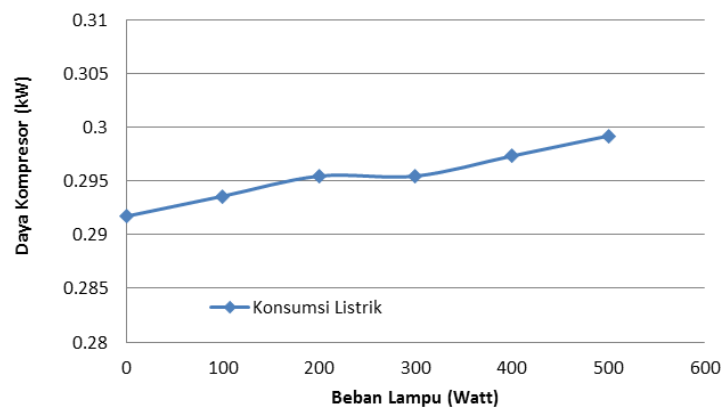
Gambar 6. Hubungan beban lampu (watt) terhadap koefisien prestasi dalam waktu 5 menit.

Dari gambar hubungan antara beban lampu dengan koefisien prestasi mesin membentuk kurva parabolik dimana posisi COP terbesar berada pada beban 300 watt yaitu sebesar 15,09 dan selanjutnya COP sistem pendinginan mengalami penurunan. Penurunan koefisien prestasi ini disebabkan karena rendahnya nilai efek refrigerasi. Sedangkan untuk COP terendah didapatkan pada beban 500 watt.



Gambar 7. Hubungan daya lampu (watt) terhadap daya kompresor (kW) dalam waktu 5 menit.

Dari gambar 5 diatas, dapat dilihat bahwa kenaikan efek refrigerasi dari pengujian yang dilakukan dengan beban 100 watt kemudian menurun pada beban 200 watt dan 300 watt kemudian naik lagi pada beban 400 watt dikarenakan temperatur yang mengalami kenaikan. Kemudian naik turunnya nilai efek refrigerasi dipengaruhi karena sifat refrigerant dapat menguap secara maksimal pada kondisi tertentu.



Gambar 8. Hubungan beban lampu (watt) terhadap daya kompresor (kW) dalam waktu 5 menit

Dari gambar 8. dapat kita lihat bahwa daya kompresor mengalami kenaikan seiring dengan naiknya beban pendinginan. Namun terjadi kenaikan daya kompresor pada puncaknya yang mana terdapat pada beban maksimal yang diberikan yaitu 500 watt. Hal ini disebabkan karena meningkatnya temperatur didalam ruang kabin dan tekanan refrigerant yang terdapat didalam sistem.

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas mengenai studi *coefficient of performance* (COP) terhadap variasi beban dan waktu pendinginan dengan refrigerant alternatif r22 pada split air conditioning. Maka dapat disimpulkan:

1. Pendinginan didalam ruang kabin simulasi akan semakin lama seiring dengan penambahan beban pendinginan yang diberikan.
2. Hubungan antara beban pendinginan dan COP yang ditunjukkan dalam kurva parabolik, dimana posisi terbesar terdapat pada beban 300 watt (sebesar 15.09) dan selanjutnya COP berangsur mengalami penurunan yang disebabkan karena menurunnya efek refrigerasi.
3. Kenaikan Kerja kompresor mengalami kenaikan seiring dengan penambahan beban pendinginan yang diberikan.

Daftar Pustaka

- Aris Munandar, W., H. Saito. (2002), *Penyegaran Udara*. Edisi ke enam. PT. Prandya Paramita, Jakarta.
- Anwar., Khairil. Efek beban pendinginan terhadap performa Sistem Mesin Pendingin. *Jurnal SMARTek*. Vol. 8 No.3. Agustus 2010: 203-214.
- Mastur., Setiyawan, K., Sugiantoro, B. Pengaruh Variasi Beban , Waktu Pendinginan dan Temperatur Ruang Terhadap Performansi Mesin Pendingin. *Techno*. ISSN 1410-8607. Vol 17 No.1. 2016.
- M Ashok, C., M.L.S Deva, K. Experimental Investigation of an alternate Refrigerant for R-22 in Window Air Conditioning System. *IJSRP*, Volume 2, Issue 10, October 2012 ISSN 2250-3153.
- Shan K,W. *Handbook of air Conditioning and Refrigeration*. Second Edition. Mc Graw Hill. 2001.
- S. Venkataiah., & G. Venkata Rao. Analysis of Alternate Refrigerants to R22 for Air Conditioning Applications at Various Evaporating Temperatures. *IJERA*, ISSN: 2248-9622, Vol. 4, Issue 3(Version 2). March 2014, pp.39-46
- Stoecker,W., Jones.(1992), *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Edisi kedua. Erlangga. Jakarta.