

Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Durasi Pemvakuman terhadap Performansi AC berdasarkan Metode CSPF

Risma Septiyan^{1,*}, Andriyanto Setyawan², Luga Martin³, Hafid Najmudin⁴

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : ^{1,*}risma.septiyan.tptu419@polban.ac.id; ²andriyanto@polban.ac.id; ³lugamartin@polban.ac.id

⁴ Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bahan dan Barang Teknik, Bandung, Indonesia

E-mail : ⁴hafidnajmudin@gmail.com

ABSTRAK

Menghilangkan udara, uap air serta gas-gas tidak terkondensasi lain yang mungkin terperangkap pada sistem selama proses instalasi berlangsung adalah tujuan utama dari proses pemvakuman unit AC *split*. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya serta kondisi di lapangan, ditemukan adanya variasi pada durasi pemvakuman. Hal ini tidak hanya berdampak pada jumlah udara, uap air serta gas-gas tidak terkondensasi lain yang dihilangkan oleh pompa vakum, tapi juga performansi dari sistem itu sendiri. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya, dilakukan uji performansi pada suatu unit AC *split* dengan memvariasikan durasi pemvakuman mulai dari 0, 15, 30, 45 hingga 60 menit. Selama pengujian, *indoor chamber* dipertahankan pada TDB 27°C dan TWB 19°C sementara *outdoor chamber* pada TDB 35°C dan TWB 24°C. Adapun metode perhitungan yang digunakan yaitu *Cooling Seasonal Performance Factor* (CSPF) berdasarkan standard ISO 16358-1. Hasil pengujian menunjukan bahwa sistem yang tidak divakum menghasilkan performansi terendah dengan nilai CSPF 3,72. Sedangkan sistem yang divakum menunjukan hasil yang lebih baik dengan nilai CSPF tertinggi sebesar 3,85 pada variasi 60 menit. Artinya, proses pemvakuman dapat meningkatkan performansi suatu unit AC hingga 3,5%. Selain itu juga ditunjukkan bahwa pemvakuman dengan durasi 15 menit menghasilkan kenaikan performansi yang signifikan jika dibandingkan dengan unit yang tidak divakum.

Kata Kunci

Pemvakuman, AC *split*, CSPF, ISO 156358-1

1. PENDAHULUAN

Sistem refrigerasi maupun tata udara dirancang untuk beroperasi dengan refrigeran yang tersirkulasi pada sistem pemipaan. Namun udara, uap air, maupun gas-gas tidak terkondensasi lain bisa saja masuk ke dalam sistem saat proses instalasi ataupun perbaikan berlangsung. Dalam jangka pendek, uap air akan mengalami pembekuan di bagian alat ekspansi dan menghambat aliran refrigeran ke evaporator. Akibatnya jumlah refrigeran yang masuk ke evaporator berkurang dan kapasitas pendinginan pun menurun. Sedangkan keberadaan udara ataupun gas tidak terkondensasi lain di dalam sistem akan menyebabkan kerja kompresor semakin berat. Kedua hal ini akan berpengaruh terhadap nilai performansi dari suatu sistem.

Untuk memastikan bahwa di dalam sistem pemipaan hanya tersirkulasi refrigeran dan tidak ada lagi udara, uap air ataupun gas tidak terkondensasi, perlu dilakukan proses pemvakuman dengan durasi yang tepat. Pemvakuman (*evacuation*) sendiri merupakan gabungan dari proses pengeluaran udara atau gas-gas tidak terkondensasi yang dikenal

dengan istilah *degassing* serta proses pengeluaran uap air yang dikenal dengan istilah *dehydration* [1].

Pada penelitian mengenai pengaruh variasi beban, waktu dan temperatur pendinginan terhadap COP AC *split*, dilakukan proses pemvakuman dengan durasi sekitar 30 menit [2]. Untuk mesin pendingin berkapasitas 1 PK, pemvakuman dilakukan dengan durasi minimal 30 menit [3]. Perbedaan ini juga terjadi di lapangan, dengan durasi pemvakuman yang dilakukan oleh para teknisi biasanya bervariasi mulai dari 15 hingga 60 menit, tergantung kapasitas dari unit itu sendiri.

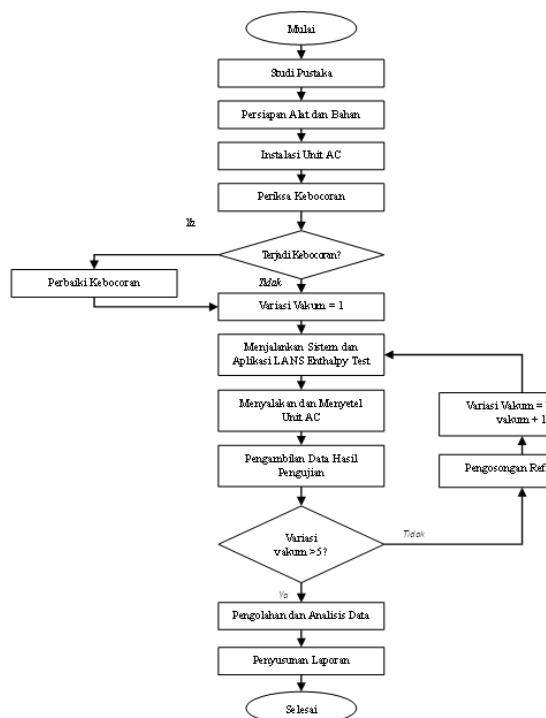
Mengingat adanya variasi dengan durasi tersingkat selama 15 menit dan durasi terlama 60 menit sebagaimana yang dipaparkan sebelumnya, maka pada penelitian ini akan dilakukan uji performansi terhadap suatu unit AC dengan durasi pemvakuman yang divariasikan mulai dari 0, 15, 30, 45 hingga 60 menit. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis bagaimana pengaruh durasi pemvakuman terhadap performansi AC menggunakan metode CSPF berdasarkan ISO 16358-1. Metode CSPF dipilih karena dapat digunakan untuk menentukan performansi unit sesuai dengan kondisi lingkungan yang

sebenarnya, dimana temperatur dan kelembaban udara bervariasi [4]. Selain itu, belum ada penelitian yang mengkaji secara khusus mengenai pengaruh variasi durasi pemvakuman terhadap performansi AC *split non-inverter* menggunakan metode perhitungan CSPF.

2. METODOLOGI

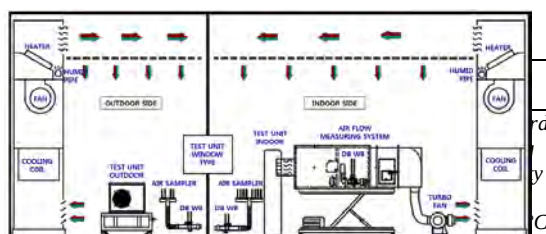
2.1 Pengaturan Eksperimen

Pada penelitian ini dilakukan uji performansi terhadap suatu unit AC *split non-inverter* berkapasitas 1 PK atau setara dengan 735,5 watt dengan refrigeran R410A yang tersirkulasi di dalamnya.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Proses pengujian akan berlangsung di ruang *Psychrometric Chambers* menggunakan metode *air enthalpy test* [5] seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Sketsa Ruang *Psychrometric Chambers*

Sumber : Sumber : (Yoon dkk, 2019)

Psychrometric Chambers tersebut akan dikondisikan sesuai dengan ketentuan

yang terdapat pada ISO 5151 [6] sebagaimana tertera pada Tabel 1.

Tabel 1 Kondisi Peringkat Kapasitas Pendinginan

Sumber : (ISO, 2017)

Parameter	Kondisi Peringkat Standard		
	T1	T2	T3
Temperatur udara masuk pada indoor side ▪ Temperature Dry Bulb (TDB) ▪ Temperature Wet Bulb (TWB)	27°C 19°C	21°C 15°C	29°C 19°C
Temperatur udara masuk pada outdoor side ▪ Temperature Dry Bulb (TDB) ▪ Temperature Wet Bulb (TWB)^a	35°C 24°C	27°C 19°C	46°C 24°C
Frekuensi pengujian ^b	50 Hz		
Tegangan Pengujian	220 Volt		
Keterangan			
T1 = Standard kondisi peringkat kapasitas pendinginan untuk iklim sedang			
T2 = Standard kondisi peringkat kapasitas pendinginan untuk iklim dingin			
T3 = Standard kondisi peringkat kapasitas pendinginan untuk iklim panas			
a = Kondisi temperatur bola basah hanya diperlukan ketika pengujian menggunakan kondensor berpendingin udara yang menguapkan kondensat			
b = Peralatan dengan frekuensi ganda harus diuji pada masing-masing frekuensi			

Terdapat lima variasi pengujian yang akan diujikan selama proses penelitian berlangsung, mulai dari 0, 15, 30, 45 hingga 60 menit. Dari hasil pengujian tersebut akan dilakukan analisis terhadap kapasitas pendinginan, daya masukan serta performansi AC yang dinyatakan dengan nilai CSPF. Adapun perhitungan nilai CSPF untuk pendinginan pada T1 dengan kondisi iklim sedang perlu disesuaikan dengan kondisi pada Tabel 2.

Tabel 2 *Temperature and Humidity conditions and default values for cooling at T1 moderated climate condition of ISO 5151, ISO 13253, and ISO 15042*

Sumber : (ISO, 2013)

Characteristic	Fixed	Two-stage	Multi-stage	Variable	Default value
Full capacity $\Phi_{ful}(35)$ (W)	▪	▪	▪	▪	-
Full power input $P_{ful}(35)$ (W)	▪	▪	▪	▪	-
Half capacity $\Phi_{half}(35)$ (W)	▪	▪	▪	▪	$\Phi_{half}(29)$ /1,077
Half power input $P_{half}(35)$ (W)	-	-	°	▪	$P_{half}(29)$ /0,914

	Minimum capacity $\phi_{min}(35)$ (W)					$\phi_{min}(29)$ /1,077
	Minimum power input $P_{min}(35)$ (W)					$P_{min}(29)$ /0,914
▪ Required test ◦ Optional test NOTE 1 If the minimum capacity test is measured, min (29) test is conducted first. Min (35) may be measured or may be calculated by using default value. NOTE 2 Voltage(s) and frequency(ies) are as given in the three referenced standard.						

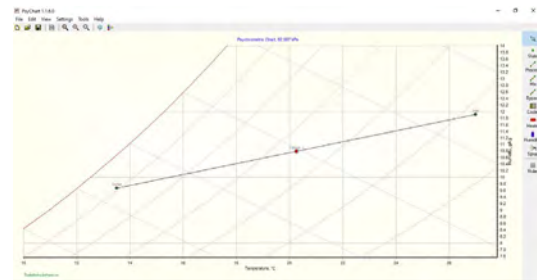
2.2 Pemvakuman

Pemvakuman merupakan salah satu tahapan pada proses instalasi suatu unit AC *split*. Proses yang terjadi pada tahap ini bukan hanya pengeluaran udara atau gas tidak terkondensasi lainnya yang dikenal dengan istilah *degassing*, tapi juga pengeluaran uap air yang dikenal dengan istilah *dehydration* [1]. Hal ini perlu dilakukan karena udara, uap air serta gas-gas tidak terkondensasi lain dalam sistem dapat mengganggu performansi dari suatu unit, tidak tercapainya kenyamanan termal, hingga kerusakan unit. Proses pemvakuman dapat dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

1. Memasang *manifold gauge* pada unit AC dengan selang biru dihubungkan ke sisi hisap (*low pressure*); merah ke sisi tekan (*high pressure*), bila ada dan tidak ditutup; dan kuning ke pompa vakum. Pastikan sambungan-sambungan tersebut terisolasi dengan baik
2. Buka *valve* merah dan biru (*high* dan *low pressure*).
3. Jalankan pompa vakum.
4. Setelah kondisi vakum tercapai, tutup semua katup pada *manifold gauge* kemudian matikan pompa vakum.
5. Amati kondisi sistem selama 15-30 menit. Jika level mikron tidak mengalami kenaikan diatas 500 mikron, artinya proses pemvakuman selesai. Namun jika terjadi kenaikan tekanan artinya terdapat kebocoran pada sistem.
6. Lakukan pemeriksaan ulang dan perbaikan apabila diperlukan.
7. Ulangi langkah-langkah di atas hingga tidak terdapat lagi kebocoran.

2.3 Pemrosesan Udara

Data hasil pengujian yang telah didapat kemudian diplot ke dalam diagram psikrometrik seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Pemrosesan udara pada unit AC *split*
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Dengan menggunakan dua parameter udara berupa TDB dan TWB *inlet* maupun *outlet* didapatkan beberapa parameter udara lain seperti entalpi, densitas, serta debit udara yang kemudian akan digunakan dalam proses perhitungan. Gambar 3 juga menunjukkan bahwa pada unit AC yang diuji terjadi proses pendinginan (*cooling*) dan penurunan uap air (*dehumidifying*).

2.4 Perhitungan Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendingin menyatakan kemampuan suatu mesin pendingin untuk menyerap kalor dari objek yang didinginkan [7]. Besarnya kapasitas pendinginan dapat dihitung menggunakan persamaan (II.1).

$$Q_{cc} = \dot{m} (h_{inlet} - h_{outlet}) \quad (II.1)$$

Dimana:

- Q_{cc} = Kapasitas pendinginan (Watt)
 $\dot{m}$ = Laju aliran massa udara (kg/s)
 h_{inlet} = Entalpi udara di titik *inlet* (kJ/kg)
 h_{outlet} = Entalpi udara di titik *outlet* (kJ/kg)

2.5 Perhitungan Daya Masukan

Daya masukan merupakan energi listrik yang dibutuhkan untuk menjalankan suatu sistem. Pada penelitian ini digunakan merupakan daya nyata yang dihasilkan dari hasil perkalian antara daya semu dengan faktor daya [8] seperti pada persamaan (II.2).

$$P_i = V \times I \times \cos \varphi \quad (II.2)$$

Dimana:

- P_i = Daya masukan (Watt)
 V = Tegangan listrik (Volt)
 I = Kuat arus listrik (Ampere)
 $\cos \varphi$ = Faktor daya

2.6 Perhitungan Nilai CSPF

CSPF merupakan suatu metode perhitungan yang digunakan untuk menentukan performansi unit AC berdasarkan keadaan lingkungan yang sebenarnya, dimana temperatur dan kelembaban lingkungan bervariasi [4]. Besarnya nilai CSPF dari suatu unit AC *split* dinyatakan oleh variabel F_{CSP} [9], yaitu hasil bagi antara total beban

pendinginan musiman dengan konsumsi energi musiman yang dinyatakan dalam persamaan (II.3).

$$F_{CSP} = \frac{L_{CST}}{C_{CSE}} \quad (II.3)$$

Total beban pendinginan musiman (L_{CST}) merupakan jumlah kalor yang dapat diserap oleh AC dari udara suatu ruangan ketika proses pendinginan berlangsung [10]. Besaran beban total musiman dapat dihitung menggunakan persamaan (II.4).

$$L_{CST} = \sum_{j=1}^m L_c(t_j) \times n_j + \sum_{j=m+1}^n \phi_{ful}(t_j) \times n_j \quad (II.4)$$

Sedangkan besarnya konsumsi energi musiman (C_{CSE}) dapat dihitung menggunakan persamaan (II.5).

$$C_{CSE} = \sum_{j=1}^n X(t_j) \times P_{ful}(t_j) \times \frac{n_j}{F_{PL}(t_j)} \quad (II.5)$$

Dimana:

$L_c(t_j)$ = beban pendinginan untuk masing-masing temperatur bin

n_j = frekuensi jumlah jam

t_j = temperatur luar masing-masing temperatur bin

$\phi_{ful}(t_j)$ = Kapasitas Pendinginan pada Temperatur Luar

$X(t_j)$ = Faktor Operasi

$P_{ful}(t_j)$ = Daya Masukan pada Temperatur Luar

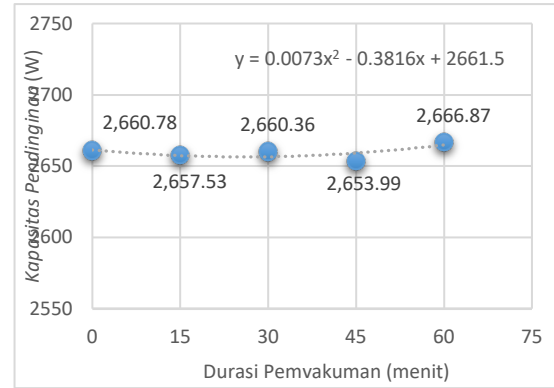
F_{PL} = Faktor Beban Parsial

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas mengenai performansi AC meliputi kapasitas pendinginan, daya masukan, serta nilai CSPF yang dihitung berdasarkan ISO 16358-1.

3.1 Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan menyatakan kemampuan suatu sistem untuk menyerap kalor dari ruangan yang didinginkan. Besarnya kapasitas pendinginan yang diperoleh pada setiap variasi pengujian terlihat pada Gambar 4.

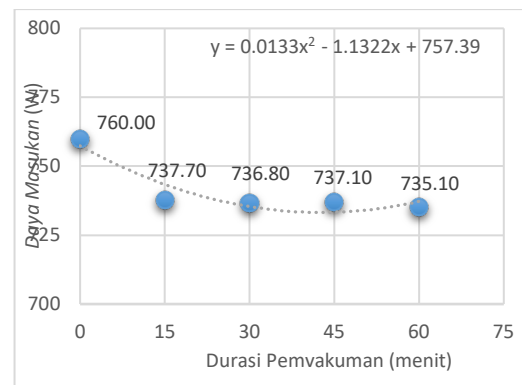


Gambar 4 Grafik Kapasitas Pendinginan terhadap Durasi Pemvakuman

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa pengaruh durasi pemvakuman terhadap kapasitas pendinginan dalam jangka pendek tidak terlalu signifikan. Hal ini dibuktikan dengan besaran kapasitas pendinginan yang diperoleh antara satu variasi dengan variasi lainnya cenderung konstan pada kisaran nilai tertentu dengan perbedaan kurang dari 0,5%. Dari lima variasi pengujian yang dilakukan selama penelitian tugas akhir ini, kapasitas pendinginan tertinggi sebesar 2.666,87 watt diperoleh pada variasi pengujian terlama dengan durasi 60 menit. Nilai tersebut naik sebesar 0,485% dari nilai yang diperoleh pada variasi sebelumnya. Sedangkan besaran kapasitas pendinginan terendah diperoleh saat terjadi penurunan sebesar 0,239% dari 2.660,36 watt menjadi 2.653,99 watt.

3.2 Daya Masukan

Daya masukan merupakan daya listrik yang dibutuhkan oleh suatu sistem, dalam hal ini AC split untuk beroperasi. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh besaran daya masukan pada setiap variasinya sebagaimana terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Daya Masukan terhadap Durasi Pemvakuman

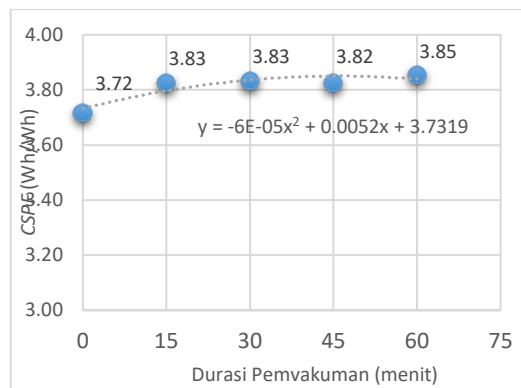
Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa durasi pemvakuman suatu unit

AC berpengaruh terhadap daya masukan (UUT power). Pada variasi 0 menit diperoleh daya masukan terbesar yaitu 760 watt, nilai tersebut 2,7% lebih tinggi daripada daya yang tertera pada *nameplate*. Hal ini terjadi karena udara dan uap air yang terperangkap dalam sebuah sistem yang tidak divakum akan menyebabkan kerja dari kompresor meningkat. Peningkatan kerja kompresor ini tidak hanya menyebabkan peningkatan temperatur kerja, namun juga arus kerja. Karena tegangan sistem dibuat konstan pada 220 volt, maka peningkatan arus kerja ini akan mengakibatkan terjadinya peningkatan daya input.

Setelah sistem divakum dengan durasi 15 hingga 60 menit, daya input yang diperoleh cenderung konstan pada kisaran nilai tertentu. Hal ini dibuktikan dengan selisih tertinggi yang diperoleh antara satu variasi dengan variasi lain hanya sebesar 0,27%. Dari semua variasi pengujian yang dilakukan, besaran daya input terendah yang diperoleh adalah 735,10 watt, atau 0,66% lebih rendah dari daya pada *nameplate*. Nilai tersebut diperoleh pada variasi pengujian terlama dengan durasi 60 menit.

3.3 Nilai CSPF

Performansi suatu unit tata udara dapat juga dinyatakan dalam besaran nilai CSPF yang diperoleh dari hasil bagi antara beban total musiman dengan konsumsi energi musiman. Besarnya nilai CSPF yang diperoleh dari masing-masing variasi pengujian tergambar pada



Gambar 6 Grafik Nilai CSPF terhadap Durasi Pemvakuman

Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa nilai CSPF cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya durasi pemvakuman. Nilai CSPF terendah sebesar 3,72 diperoleh pada variasi pengujian dengan durasi 0 menit. Nilai tersebut kemudian meningkat sebesar 2,9% menjadi 3,83 pada variasi pengujian dengan durasi 15 menit. Sedangkan nilai CSPF tertinggi sebesar 3,85 diperoleh pada variasi pengujian terlama dengan durasi pemvakuman

60 menit. Pada variasi pemvakuman lainnya, antara 15 hingga 45 menit, nilai CSPF cenderung konstan dengan selisih tertinggi sebesar 0,76%.

Sama halnya dengan metode COP/EER yang menggunakan bintang untuk menunjukkan performansi dan tingkat hemat energi suatu unit AC, pada metode CSPF pun digunakan standard seperti yang tertera pada Tabel 3.

Tabel 3 Standard Peringkat Label Energi berdasarkan ISO 16358-1

Peringkat Label Energi	Persyaratan Label Tanda Hemat Energi
Tidak lolos	CSPF < 3.10
* 1 bintang	3.10 ≤ CSPF < 3.40
** 2 bintang	3.40 ≤ CSPF < 3.80
*** 3 bintang	3.80 ≤ CSPF < 4.20
**** 4 bintang	4.20 ≤ CSPF < 5.00
***** 5 bintang	CSPF ≥ 5.00

Berdasarkan standard pada Tabel 3, peringkat label energi unit AC yang diuji dengan lima variasi berbeda dijelaskan pada Tabel 4 Nilai CSPF terendah yang diperoleh pada variasi 0 menit tergolong ke dalam kategori bintang dua. Lain halnya dengan hasil perhitungan nilai CSPF pada variasi lain yang tergolong ke dalam kategori bintang tiga. Artinya, suatu unit dapat tergolong ke dalam kategori yang berbeda jika diuji dalam keadaan berbeda.

Tabel 4 Nilai CSPF dan Peringkat Label Energi Hasil Pengujian pada Setiap Variasi

Parameter	Satuan	Variasi Durasi Pemvakuman (Menit)				
		0	15	30	45	60
CSPF	Wh/Wh	3,72	3,83	3,83	3,82	3,85
Peringkat label energi	Bintang	2	3	3	3	3

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya.

1. Dalam jangka pendek, pengaruh durasi pemvakuman terhadap kapasitas pendinginan tidak begitu signifikan. Besarnya kapasitas pendinginan cenderung konstan dengan penurunan tertinggi sebesar 0,49%.

2. Daya masukan suatu sistem yang divakum cenderung konstan dibuktikan dengan selisih tertinggi hasil pengujian pada variasi 15 hingga 60 menit sebesar 0,27%.
3. Proses pemvakuman menyebabkan performansi unit AC menjadi lebih baik. Dibuktikan dengan nilai CSPF yang diperoleh pada variasi 0 menit sebesar 3,72 sedangkan pada variasi lainnya nilai tersebut berada di kisaran 3,82 hingga 3,83 dengan selisih tertinggi sebesar 0,76%.
4. Proses pemvakuman dengan durasi 15 menit menunjukan peningkatan performansi AC yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan AC yang tidak divakum, dengan selisih mencapai 2,9%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Uji AC Balai Besar Standardisasi Pelayanan dan Jasa Industri Bahan dan Barang Teknik serta Politeknik Negeri Bandung yang telah menunjang proses penelitian ini dengan berbagai sarana maupun prasarana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Bergmann, "System Evacuation and Vacuum Training," *RSES J.*, no. September, 2012.
- [2] M. E. Saputra, Eqwar, "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Beban, Waktu dan Temperatur Pendinginan Terhadap Coefficient of Performance (COP) Pada Split Air Conditioning," *Univ. Muhammadiyah Surakarta*, pp. 369–376, 2017.
- [3] L. D. Yuono, E. Budiyanto, and A. Ansori, "Analisa kerja alat uji prestasi mesin pendingin udara dengan kapasitas daya kompresor 1 PK," *UM Metro*, vol. 11, no. 1, 2022.
- [4] J. C. P. Lee, Hyung Won, Jeong Ho Moon, Yeong Don Bae, "Experimental Study on the Cooling seasonal Performance Factor of Room Air-conditioner.pdf," 1992.
- [5] M. S. Yoon, "Experimental study on comparison of energy consumption between constant and variable speed air-conditioners in two different climates," no. June 2018, 2019.
- [6] International Organization for Standardization, "Non-ducted Air Conditioners and Heat Pumps : Testing and and Rating for Performance," *Int. Organ. Stand.*, vol. 2017, 2017.
- [7] Z. Hanif, A. Setyawan, H. Najmudin, T. Refrigerasi, P. N. Bandung, and K. Kunci, "Pengaruh Panjang Pipa Suction Dan Liquid terhadap Kinerja A C Split," pp. 13–14, 2022.
- [8] N. ; Setiaji, ; S., and A. Sugiharto, "Analisis konsumsi daya dan distribusi tenaga listrik 1,2,3," *Anal. KONSUMSI DAYA DAN Distrib. TENAGA List.*, no. 1, 2022.
- [9] A. R. Irsyad, A. D. Pasek, and E. Philander, "Cooling Seasonal Performance Factor (CSPF) Application in Indonesia for Residential Air Conditioning (AC) Unit," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 927, no. 1, pp. 0–9, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/927/1/012008.
- [10] B. Holuj, W. Y. Park, S. Nihar, N. Horowitz, and A. Hillbrand, "Accelerating the Global Adoption of Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners," *United Effic.*, no. September, 2019, [Online]. Available: <https://united4efficiency.org/wp-content/uploads/2017/06/U4E-ACGuide-201705->