Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Massa Refrigeran terhadap Kinerja AC *Split* menggunakan Metode CSPF

Annissa Ayu Julyanti[1,*], Andriyanto Setyawan[2], Luga Martin Simbolon[3], Hafid Najmudin[4]

[1,2,3]Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail : [1,]annissayu@gmail.com; [2]andriyanto@polban.ac.id; [3]lugamartin@polban.ac.id*
[4]Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bahan dan Barang Teknik, Bandung, 40135
Email : [4]hafidnajmudin@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu faktor yang menentukan kinerja AC *Split* adalah jumlah refrigeran dan besarnya kapasitas AC *Split*. Kinerja AC *Split* dapat dinilai pada kondisi kerja meliputi kapasitas pendinginan serta daya masukan yang dikonsumsi oleh mesin berdasarkan jumlah refrigeran yang masuk ke dalam sistem. Untuk mengetahui jumlah refrigeran tersebut pengisian refrigeran perlu dilakukan, salah satunya pengisian berdasarkan tekanan. Namun, jika tekanannya terlalu tinggi akan menyebabkan beberapa dampak buruk terhadap kondisi kerja AC *Split*. Agar AC *Split* dapat menghasilkan kondisi kerja terbaik, massa refrigeran yang masuk ke dalam AC *Split* perlu dipertimbangkan. Untuk menganalisis kondisi kerja tersebut, penulis melakukan penelitian berdasarkan standar ISO 5151 dengan menguji AC *Split* kapasitas 1 PK menggunakan refrigeran R-410A. Refrigeran divariasikan sebesar 70%, 80%, 90%, 100%, 110%, dan 120% dari massa pengisian idealnya dengan besar selisih tiap variasi sebesar 58 gram. Metode perhitungan kinerja yang dipilih yaitu *Cooling Seasonal Performance Factor* (CSPF) berdasarkan standar ISO 16538-1. Hasil pengujian ini menunjukkan seberapa besar pengaruh jumlah massa refrigeran terhadap kinerja AC *Split* dan hasil kinerja terbesar diperoleh pada massa pengisian 110% dari massa pengisian idealnya. Adapun persentase kenaikan kinerja AC *Split* pada massa pengisian 100% dan 110% memiliki selisih di bawah 1% sehingga tidak terjadi peningkatan kinerja sistem yang signifikan.

Kata Kunci
AC Split, massa refrigeran, kinerja AC Split, CSPF

1. PENDAHULUAN

Pengisian refrigeran pada AC *Split* sangat penting dilakukan karena besarnya kalor yang diserap di evaporator dapat ditentukan oleh jumlah refrigeran yang masuk ke dalam sistem. Selain pengisian refrigeran berdasarkan massa, pengisian juga dapat dilakukan berdasarkan tekanan sesuai dengan spesifikasi yang tertera pada unit AC *Split*. Namun, hal tersebut sangat tidak direkomendasikan karena menyebabkan beberapa dampak buruk jika tekanannya terlalu tinggi. Selain itu, pada praktik di lapangan pengisian refrigeran berdasarkan tekanan juga mengandalkan pada penglihatan secara visual karena pembacaan alat ukurnya pun masih dilakukan secara analog dan hal ini sangat bergantung pada kondisi sistem refrigerasinya.

Di sisi lain, jumlah refrigeran juga sangat menentukan kinerja dari AC *Split* itu sendiri karena dengan pengisian yang tepat akan menghasilkan kinerja yang optimum. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan menggunakan AC *Split* dengan refrigeran R-32 dapat menghasilkan performansi yang paling optimal pada massa pengisian 90% dari massa pengisian idealnya [1]. Pada pengisian tersebut menghasilkan kapasitas pendinginan terbesar serta daya input yang rendah. Sedangkan, pada massa pengisian 100% sesuai dengan massa idealnya menghasilkan kapasitas pendinginan dan daya input terendah.

Terdapat studi tentang pengaruh variasi massa refrigeran terhadap kinerja *Air Conditioner Water Heater* (ACWH), dilakukan menggunakan AC *Split* 1 PK *Low Watt* yang dimodifikasi dengan menambahkan perangkat *heat exchanger* dan *hot water storage*. Hasil eksperimen dilakukan dengan variasi massa refrigeran sebesar 700 gram, 750 gram, 800 gram, dan 850 gram. Penelitian tersebut menunjukkan kinerja terbaik yang

didapat pada massa refrigeran 800 gram dibandingkan dengan massa refrigeran rekomendasi pabrik [2]. Hal tersebut ditunjukkan dengan peningkatan temperatur 60 L air panas sebesar 21,4°C dalam waktu 2 jam dan COP total 14,5.

Selain itu, adapun analisis tentang kerusakan dan pengaruh variasi massa refrigeran terhadap koefisien prestasi (COP) sistem pengondisian udara AC praktikum Lab Mesin yang dilakukan menggunakan AC dengan kapasitas pendinginan 1 PK serta massa refrigeran yang diuji sebesar 200 gram, 300 gram, dan 400 gram. Hasil menunjukkan bahwa kondisi kerja terbaik pada saat pengisian sebesar 400 gram yang mampu menghasilkan laju aliran massa sebesar 0,082 kJ/s, kapasitas pendinginan pada kondenser sebesar 0,082 kg/s, kapasitas pendingin pada evaporator sebesar 13,94 kJ/s, dan COP sebesar 0,94 [3].

Adapun, penelitian tentang pengaruh variasi massa pengisian R290 sebagai refrigeran pengganti R-22, dilakukan pada *freezer* dengan kapasitas kompresor 0,75 HP atau setara 3/4 PK dengan variasi massa pengisian sebesar 95%, 100%, dan 105% dari massa pengisian idealnya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *freezer* bekerja secara optimal untuk massa pengisian sebanyak 95% [4]. Pada pengisian sebesar 95%, nilai COP diperoleh sebesar 2,8. Sedangkan nilai COP untuk pengisian 100% dan 105% adalah 2,5 dan 2,2. Kapasitas pendinginan terbesar juga dicapai pada massa pengisian 95%, karena *freezer* menghasilkan kapasitas pendinginan terbesar dengan daya input terkecil. Sedangkan pada massa pengisian 105% kapasitas pendinginan dan COP pada *freezer* justru akan mengalami penurunan.

Parameter yang umum digunakan dalam menentukan suatu kinerja AC *Split* adalah COP atau EER. Namun, terdapat parameter lain yang dapat menentukan kinerja AC *Split* tersebut yaitu *Cooling Seasonal Performance Factor* atau CSPF. CSPF diperoleh dari rasio jumlah total panas tahunan dengan jumlah total energi tahunan yang dikonsumsi oleh peralatan selama periode yang sama berdasarkan cuaca panas pada 15 titik temperatur luar ruangan [5].

Terdapat studi mengenai penerapan C*ooling Seasonal Performance Factor* (CSPF) di Indonesia untuk AC residensial dilakukan menggunakan *sample* unit AC pada rentang 4,000 – 17,000 Btu/h (*non-inverter* dan *inverter*) menggunakan *local bin temperature* Indonesia di empat kota yakni Jakarta, Bandung, Pontianak, dan Palembang yang dibandingkan dengan ISO *bin temperature*. Hasil studi menunjukkan bahwa nilai CSPF akan memberikan keuntungan bagi AC *inverter* dan ISO *bin temperature* juga dapat mewakili kondisi Indonesia secara keseluruhan dengan suhu lingkungan bervariasi [6]. Pada studi tersebut juga dikatakan bahwa ISO 16358-1 dapat menjadi dasar penerapan pelabelan kinerja AC yang lebih tepat di Indonesia.

Pada penelitian ini akan diamati kinerja AC *Split* akibat variasi massa refrigeran yang masuk ke dalam sistem sehingga dapat diketahui jumlah refrigeran yang paling tepat terhadap kinerja AC *Split* menggunakan refrigeran R-410A dengan menggunakan metode CSPF. Metode perhitungan CSPF ini dipilih karena belum banyak penelitian mengenai hal tersebut khususnya pada penggunaan AC *Split* standar. Selain itu, dengan menggunakan perhitungan berdasarkan 15 titik temperatur luar ruangan, maka fluktuasi temperatur dapat dipertimbangkan untuk memberikan gambaran efisiensi energi yang lebih realistis dan akurat selama musim pendinginan.

2. METODOLOGI

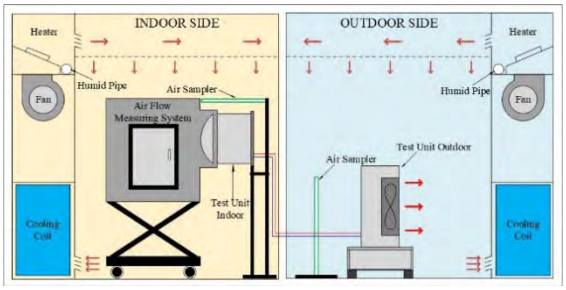
2.1 Pengaturan Eksperimen

Penelitian ini dilakukan menggunakan AC *Split* standar dengan kapasitas 1 PK dan refrigeran yang digunakan adalah R-410A. Penelitian dilakukan pada *psychrometric chamber* menggunakan ISO 5151 sebagai standar pengujiannya. *Psychrometric chamber* merupakan sebuah alat untuk menguji performansi pada sistem pendingin. *Psychrometric chamber* memiliki dua ruang uji, yaitu *indoor side* untuk peletakkan *indoor unit* AC *Split* yang diibaratkan seperti kabin atau ruangan yang akan didinginkan. Sedangkan *outdoor side* untuk peletakkan *outdoor unit* AC *Split* yang diibaratkan seperti ruangan terbuka untuk membuang kalor ke lingkungan.

Pada bagian *indoor side*, temperatur *wet bulb* dan *dry bulb* dikondisikan sebesar 19°C dan 27°C. Sedangkan di bagian *outdoor side*, temperatur *wet bulb* dan *dry bulb* dikondisikan sebesar 24°C dan 35°C dengan toleransi ± 1°C [7]. Untuk mencapai temperatur tersebut, di dalam *psychrometric chamber* dilengkapi dengan *fan* yang akan menghisap udara melalui *cooling coil* dan melewati *heater* yang berfungsi untuk menjaga kesetimbangan pada temperatur yang

dikondisikan, serta *humidifier* yang berfungsi sebagai penambah kadar air pada udara.

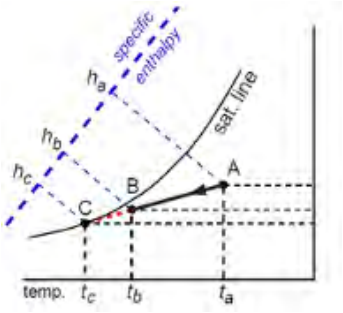
Adapun parameter yang diukur diantaranya temperatur *dry-bulb* dan *wet-bulb* pada *indoor side* dan *outdoor side*, temperatur *discharge* dan *suction* kompresor, temperatur pipa bagian atas, tengah, dan bawah kondenser, serta temperatur pipa masuk dan keluar evaporator yang diukur menggunakan *thermocouple*. Diukur pula tegangan dan arus untuk mengetahui konsumsi daya input AC *Split* akibat variasi massa pengisian refrigeran. Adapun ketentuan pengambilan data yang dilakukan yaitu ketika sistem sudah dalam keadaan stabil yang ditunjukkan dengan temperatur *wet bulb* dan *dry bulb* yang dikondisikan pada *indoor side* maupun *outdoor side* sudah tercapai.



Gambar 1. Sketsa *Psychrometric Chamber*

2.2 Pemrosesan Udara

Pada sistem AC *Split* akan mengalami suatu pemrosesan udara yang disebut dengan proses termal. Proses termal merupakan proses pendinginan udara (*cooling*) dan pengeringan udara (*dehumidification*). Apabila kalor sensibel udara diserap, maka proses pendinginan udara akan terjadi. Sedangkan, jika kalor laten udara diserap, maka terjadilah proses pengeringan udara yang dapat menurunkan kelembaban udara.



Gambar 2. Skema aliran proses pendinginan dan pengeringan udara

2.3 Refrigeran R-410A

R-410A yang merupakan zat pendingin HFC dari campuran azeotrop R-32 dengan fraksi massa 50% dan R-125 dengan fraksi massa 50% [8] . Refrigeran ini dikembangkan sebagai refrigeran pengganti R-22 yang banyak diaplikasikan untuk AC *Split*.

Tabel 1. Karakteristik Refrigeran R-410A (Sumber : 2018 ASHRAE *Handbook Refrigeration*)

Paremeter	Nilai
Refrigerant Group	HFC *blend*
Chemical Formula	CH_2F_2 (*Difluoromethane*) (50%) CHF_2CF_3 (*Pentafluoroethane*) (50%)
Temperature at 101.3 kPa	-52,3°C
Safety Group	A1/A1
ODP	0
GWP *at* 100 *Years*	2000

2.4 Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan merupakan jumlah kalor yang dihilangkan sesuai dengan kemampuan mesin pendingin. Kapasitas pendinginan dapat diperoleh dari persamaan (1).

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

Adapun besarnya laju aliran massa dapat diperoleh dari persamaan (2).

$$\dot{m} = \rho \times Q \quad (2)$$

2.5 Daya Input

Daya input merupakan daya yang dikonsumsi oleh suatu mesin ketika mesin menyala. Besarnya daya input dapat diperoleh dari persamaan (3)

$$Pin = V \times I \times \cos\varphi \quad (3)$$

2.6 *Cooling Seasonal Performance Factor* (CSPF)

CSPF merupakan beban total jumlah panas tahunan dibagi dengan konsumsi energi tahunan yang dikonsumsi oleh peralatan selama periode yang sama. CSPF dihitung berdasarkan cuaca panas pada 15 titik temperatur lingkungan luar ruangan, yaitu 21°C - 35°C [9]. Nilai C_{SPF} didefinisikan oleh variabel F_{CSP}. Sedangkan untuk beban total kapasitas pendinginan musiman dan total konsumsi daya musiman didefinisikan oleh L_{CST} dan C_{CSE} [10]. Besarnya nilai CSPF dapat diperoleh dari persamaan (4).

$$F_{CSP} = \frac{L_{CST}}{C_{CSE}} \quad (4)$$

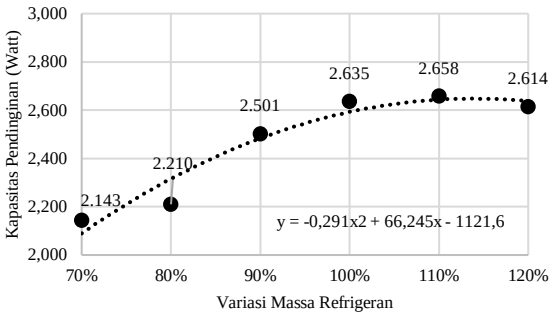
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan paparan yang sudah dijelaskan sebelumnya, pada penelitian ini akan diamati tiga parameter kinerja AC *Split* akibat variasi massa refrigeran meliputi kapasitas pendinginan, daya input, serta nilai CSPF.

3.1 Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan merupakan nilai yang menunjukkan kemampuan mesin pendingin untuk menyerap kalor. Pada pengujian ini, kapasitas pendinginan tertinggi terdapat pada variasi massa refrigeran 110% yakni sebesar 2.658 Watt, sedangkan kapasitas pendinginan terendah terdapat pada variasi massa refrigeran 70% yakni sebesar 2.143 Watt. Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa kapasitas pendinginan cenderung mengalami kenaikan seiring dengan penambahan massa refrigeran. Hal tersebut terlihat dari grafik yang meningkat secara parabolik sampai pada titik tertinggi dan akan menurun setelah titik maksimum tercapai. Titik maksimum kapasitas pendinginan tercapai pada saat massa pengisian 110%.

Adapun besarnya persentase peningkatan kapasitas pendinginan dari massa pengisian 100% dan 110% yakni sebesar 0,86%. Hal tersebut menandakan bahwa selisihnya sangat kecil dan tidak terjadi peningkatan yang signifikan. Setelah mencapai titik maksimum, kapasitas pendinginan akan mengalami penurunan. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil yang diperoleh pada saat massa pengisian 120% yakni mengalami penurunan sebesar 1,67%.

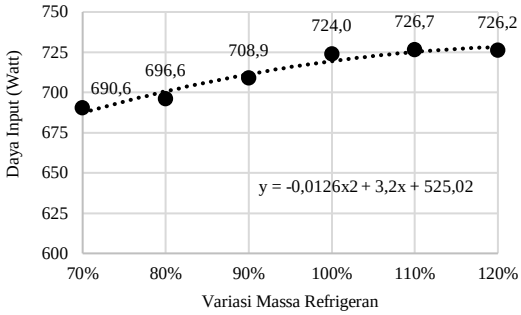


Gambar 3. Pengaruh Kapasitas Pendinginan terhadap Variasi Massa Refrigeran

3.2 Daya Input

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui pula bahwa seiring dengan penambahan massa refrigeran maka daya input yang dihasilkan oleh kompresor akan semakin tinggi. Hal ini terjadi karena semakin banyak massa refrigeran yang masuk ke dalam sistem, maka semakin besar pula daya yang dibutuhkan kompresor untuk menyirkulasikan refrigeran tersebut. Selain itu, dapat diketahui bahwa nilai daya input terkecil adalah pada saat massa pengisian 70% yakni sebesar 690,6 Watt. Hal ini selaras dengan kapasitas pendinginan yang tercapai yakni nilainya paling kecil diantara massa pengisian yang lain dan ini menunjukkan bahwa kerja kompresor tidak terlalu berat sehingga tidak membutuhkan daya yang cukup besar untuk mendinginkan kabin.

Adapun nilai daya input pada saat massa refrigeran ditambahkan dari 100% menjadi 110%, nilai yang diperoleh mengalami kenaikan yang tidak terlalu berarti yakni sebesar 0,37%. Namun, pada saat massa refrigeran 120%, daya input yang dihasilkan mengalami sedikit penurunan yakni sebesar 0,07% saja. Hal tersebut menunjukkan bahwa daya yang diperoleh pada massa pengisian 100% hingga 120% cenderung konstan karena tidak terjadi perubahan yang signifikan.

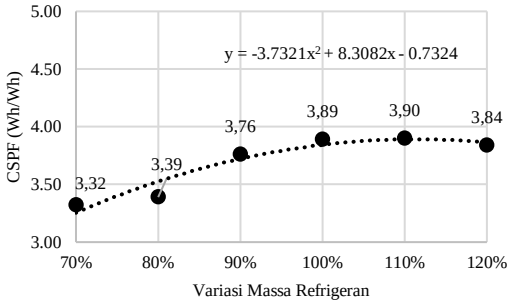


Gambar 4. Pengaruh Daya Input terhadap Variasi Massa Refrigeran

3.3 *Cooling Seasonal Performance Factor* (CSPF)

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa nilai CSPF yang diperoleh terus mengalami kenaikan seiring dengan penambahan massa refrigeran. Sama halnya dengan EER, jika nilai CSPF semakin tinggi maka semakin efisien pula kinerja AC *Split* tersebut. Adapun besarnya selisihnya nilai CSPF dari massa pengisian 100% dan 110% yakni sebesar 0,26%. Lalu, saat massa refrigeran ditambahkan menjadi 120%, nilai CSPF yang diperoleh mengalami penurunan sebesar

1,54%. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan penambahan refrigeran di atas 100% tidak terjadi peningkatan kinerja sistem yang signifikan.



Gambar 5. Pengaruh CSPF terhadap Variasi Massa Refrigeran

Besarnya nilai CSPF dapat mendefinisikan besarnya peringkat label energi yang ditunjukkan mulai dari bintang 1 hingga bintang 5 sesuai dengan persyaratan yang tertera pada Tabel 2 [10].

Tabel 2. Peringkat Label Energi CSPF
(Sumber : Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia)

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	

Tabel 3. Peringkat Label Energi pada Tiap Variasi Massa Refrigeran

Parameter	Variasi Massa Refrigeran					
	70%	80%	90%	100%	110%	120%
CSPF	3,32	3,39	3,76	3,89	3,90	3,84
Peringkat Label Energi	** 2 bintang	** 2 bintang	** 2 bintang	*** 3 bintang	*** 3 bintang	*** 3 bintang

Peringkat label energi CSPF mengukur efisiensi serta konsumsi energi tahunan dengan mempertimbangkan fluktuasi temperatur untuk memberikan gambaran efisiensi energi yang lebih realistis dan akurat selama musim pendinginan. Pada variasi massa pengisian 70% hingga 90%, peringkat label energi yang diperoleh adalah 2 bintang, sedangkan pada massa pengisian 100% hingga 120% peringkat label energi mengalami kenaikan menjadi 3 bintang. Dengan perolehan jumlah bintang tersebut, maka pada massa pengisian 100% juga sudah bisa dianggap efisien karena memiliki selisih yang sangat kecil jika dibandingkan dengan massa pengisian 110% yang memiliki nilai CSPF terbesar.

4. SIMPULAN

Penelitian dilakukan dengan memvariasikan massa refrigeran sebesar 70%, 80%, 90%, 100%, 110%, dan 120% dari massa pengisian idealnya dengan besar selisih tiap variasi sebesar 58 gram. Berdasarkan penelitian, variasi massa pengisian refrigeran berpengaruh terhadap kinerja AC *Split*, dibuktikan dengan nilai kapasitas pendinginan, daya input, dan CSPF tertinggi diperoleh pada variasi massa refrigeran 110% atau sebesar 638 gram, sedangkan yang terendah diperoleh pada variasi massa refrigeran 70% atau sebesar 406 gram. Adapun persentase kenaikan kapasitas pendinginan, daya input, dan CSPF pada massa pengisian 100% dan 110% memiliki selisih di bawah 1% yakni sebesar 0,86%, 0,37%, dan 0,26%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bahan dan Barang Teknik (Laboratorium AC) dan Politeknik Negeri Bandung atas sarana dan prasarana yang dapat dimanfaatkan dalam menunjang pengambilan data dan dukungan dalam penyusunan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. J. Santika, "Pengaruh Variasi Massa Pengisian Refrigeran R32 terhadap Performansi AC Split," Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2022.

[2] R. K. Demak, Mustafa and M. H. Basri, "Pengaruh Variasi Massa Refrigeran terhadap Kinerja Air Conditioner Water Heater (ACWH)," *Pengaruh Variasi Massa Refrigeran terhadap Kinerja Air Conditioner Water Heater (ACWH)*, pp. 350-356, 2017.

[3] S. Arief, "Analisa Kerusakan dan Pengaruh Variasi Massa Refrigerant terhadap Koefisien Prestasi (COP) Sistem Pengkondisian Udara AC Praktikum Lab Mesin," *Mechonversio : Mechanical Engineering Journal* , vol. 3, no. 1, pp. 29-36, 2020.

[4] T. P. Pramudantoro and Sumeru, "Pengaruh Variasi Massa Pengisian R290 sebagai Refrigeran Pengganti R22 pada Kinerja Freezer," *Prosiding Seminar Nasional XII "Rekayasa Teknologi Industri dan*

Informasi" 2017 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, pp. 505-510, 2017.

[5] E. Commision, Guide on Minimum Energy Performance Standard Requirements for Air Conditioner with cooling capacity ≤ 7.1 kW, 2018.

[6] A. R. Irsyad, A. D. Pasek and E. Philander, "Cooling Seasonal Performance Factor (CSPF) Application in Indonesia for Residential Air Conditioning (AC) Unit," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, pp. 1-9, 2021.

[7] ISO 5151 Non-ducted air conditioners and heat pumps — Testing and rating for performance, International Organization for Standardization, 2017.

[8] ASHRAE Handbook Refrigeration, Atlanta, 2018.

[9] ISO 16538-1 Air-cooled air conditioners and airto-air heat to-air heat pumps — Testing and calculating methods for seasonal performance factors, International Organization for Standardization, 2013.

[10] Standar Kinerja Energi Minimum dan Label Tanda Hemat Energi untuk Peralatan Pemanfaat Energi Pengondisi Udara, Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2021.