

Analisa Pengaruh Temperatur Return Water Evaporator Terhadap Kinerja Mesin Chiller Water Cooled

I Kadek Adi Saputra Nugraha^{1,*}, Djoko Hari Praswanto¹

¹ Program Studi Teknik Mesin SI Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Chiller
Regresi
Temperatur
COP
EER

ABSTRAK

Menurut *Association of Energy Engineers* (2014) hampir 64% energi yang ada pada sebuah gedung hotel digunakan untuk sistem pengkondisian udara. Pemakaian energi yang sangat tinggi ini bergantung pada seberapa baik kinerja mesin *chiller* dan seberapa banyak AHU dan FCU yang beroperasi yang dapat dilihat dari temperatur *return water evaporator*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Bagaimana pengaruh temperatur *return water evaporator* terhadap kinerja mesin *chiller water cooled* dan pengaruh kinerja mesin *chiller water cooled* terhadap konsumsi energi listrik mesin *chiller water cooled*. Data yang diperoleh dari *logsheet* harian mesin *chiller* diolah menggunakan aplikasi *coolpack* untuk mengetahui nilai entalpi refrigeran di masing-masing titik sistem. Nilai tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumus perhitungan untuk mencari kinerja mesin *chiller* yaitu *Coefficient of Performance* (COP) dan *Energy Efficiency Ratio* (EER). Analisa data digunakan dengan metode regresi linear pada aplikasi *Statistical Product for Service Solutions* (SPSS). Hasil penelitian menunjukkan menurunnya temperatur *return water evaporator* sebesar 1 °C maka akan meningkatkan nilai COP sebesar 0.502 satuan. Meningkatnya nilai COP sebesar 1 satuan maka akan menurunkan *power input* sebesar 22.980 kW. Menurunnya nilai *power input* sebesar 1 kW maka akan meningkatkan nilai EER sebesar 0.072 Btu/h/Watt.

* *Corresponding author:*

I Kadek Adi Saputra Nugraha (email: adisaputra1082@gmail.com)

Diterima:

Disetujui:

Dipublikasikan:

1 Pendahuluan

Air Conditioning (AC) digunakan sebagai sistem pengkondisian udara guna mencapai kenyamanan bagi para pengunanya [1]. Terdapat berbagai jenis dan tipe AC seperti seperti AC *Split*, AC *Cascade*, AC *Window*, AC *Central*, dan lain sebagainya. AC *Central* umumnya digunakan pada gedung perkantoran, hotel, aula, pabrik, dan restoran dengan kapasitas besar [2]. AC *Central* merupakan jenis AC dengan pendinginan tidak langsung (*indirect Contact*). Hal ini dikarenakan AC *central* menggunakan mesin *chiller* sebagai penukar panas (*heat exchanger*). Untuk jenis mesin *chiller* yang umum digunakan adalah mesin *chiller water cooled* dimana refrigeran dalam sistem refrigerasi mesin *chiller* digunakan untuk mendinginkan air (*chilled water*) kemudian air yang telah didinginkan akan dialirkan menuju ke FCU (*Fan Coil Unit*) atau AHU (*Air Handling Unit*). Pada unit FCU dan AHU inilah air akan mendinginkan udara yang disuplai ke ruangan melalui saluran udara yang disebut dengan *ducting* [3]. AHU digunakan untuk mendinginkan udara ruangan yang berukuran besar, sedangkan FCU digunakan pada ruangan yang lebih kecil [4].

Karena AC *central* dengan sistem mesin *chiller water cooled* digunakan untuk kapasitas pendinginan yang besar dapat dipastikan konsumsinya juga besar. Menurut *Association of Energy Engineers* (2014) hampir 64% energi yang ada pada sebuah gedung hotel digunakan untuk sistem pengkondisian udara. Pemakaian energi yang sangat tinggi ini bergantung pada seberapa baik kinerja mesin *chiller* (*coefficient of performance* dan *energy efficiency ratio*) dan seberapa banyak AHU dan FCU yang beroperasi. Dikarenakan beberapa faktor seperti adanya event tertentu dengan kapasitas orang yang berbeda, jadwal buka dan tutup *restaurant* yang berubah-ubah, dan kebiasaan pemakaian AC setiap tamu yang berbeda, penulis menggunakan aspek lain untuk mengetahui seberapa banyak AHU dan FCU yang beroperasi yaitu temperatur *return water evaporator*. Karena

semakin banyak AHU dan FCU yang beroperasi maka temperatur *return water* evaporator akan meningkat. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh temperatur *return water* evaporator terhadap *coefficient of performance* (COP) mesin *chiller water cooled*, pengaruh *coefficient of performance* (COP) terhadap konsumsi energi listrik (*power input*) mesin *chiller water cooled*, dan pengaruh konsumsi energi listrik (*power input*) terhadap *energy efficiency ratio* (EER) mesin *chiller water cooled*.

2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif yang digunakan untuk menguji teori atau hipotesis tertentu dengan cara mencari hubungan antara suatu variabel dengan variabel lainnya [5]. Persiapan penelitian diawali dengan proses pengumpulan data dengan metode pencatatan secara manual pada *logsheet* harian mesin *chiller water cooled* dimana data yang perlu dicatat akan tersedia secara otomatis pada *control panel* mesin *chiller* [6]. Adapun data yang diperlukan adalah temperatur *return water* evaporator, *saturation* kondensor, *saturation* evaporator, dan *power input* periode 25 Desember 2023 sampai 15 Januari 2024.

Data-data yang telah didapatkan kemudian akan diolah pada aplikasi komputer yaitu *coolpack* dan *stastical product for service solutions* (SPSS). Aplikasi *coolpack* merupakan kumpulan program simulasi yang terkait dengan sistem refrigerasi [7]. Pada tampilan awal aplikasi *coolpack* akan digunakan untuk mencari nilai entalpi refrigeran pada masing-masing titik sistem. Pada tampilan awal aplikasi *coolpack* kita akan memilih opsi *refrigeration utilities* kemudian *log (p)-h diagram* dan akan memilih tipe refrigeran yang digunakan pada mesin *chiller* yang diteliti di mana pada penelitian ini menggunakan refrigeran R134A yang memiliki sifat tidak mudah meledak, tidak mudah terbakar, ramah lingkungan, dan relatif stabil [8]. Kemudian pilih opsi *cycle* dan akan muncul kolom *cycle input*. Masukkan nilai *saturation* evaporator dan *saturation* kondensor pada kolom *evaporating temperature* dan *condensing temperature* kemudian pilih opsi *draw cycle* untuk melihat P-h diagram sistem yang terbentuk dan pilih opsi *show info* kemudian *coordinates of point* untuk mengetahui nilai entalpi refrigeran pada masing-masing titik sistem. Nilai entalpi refrigeran tersebut akan digunakan untuk mencari nilai *coefficient of performance* (COP) dan *energy efficiency ratio* (EER) dengan cara memasukkan nilai tersebut ke dalam rumus perhitungan berikut [9][2]:

$$E_R = h_1 - h_4 \quad (1)$$

$$W_K = h_2 - h_1 \quad (2)$$

$$COP = \frac{E_R}{W_K} \quad (3)$$

$$EER = COP \times 3,41 \quad (4)$$

Dimana:

ER = Efek refrigerasi

Wk = Kerja kompresi

h1 = Entalpi refrigeran yang masuk ke dalam kompresor (kJ/kg)

h2 = Entalpi refrigeran yang keluar dari kompresor (kJ/kg)

h4 = Entalpi refrigeran yang masuk ke dalam evaporator (kJ/kg)

COP = *Coefficient of Perfomance*

EER = *Energy Efficiency Ratio* (Btu/h/Watt)

Kemudian nilai dari temperatur *return water* evaporator, *Coefficient of performance* (COP), *Energy Efficiency Ratio* (EER), dan *power input* akan diolah pada aplikasi *stastical product for service solutions* (SPSS) yang merupakan *software* yang digunakan untuk melakukan analisa statistik secara tepat, akurat, dan cepat [10]. Pada tampilan awal *variable view* aplikasi SPSS kita akan mengisikan *name*, *label*, jumlah *decimal*, dan ubah skala *measure* dari *unknown* menjadi *scale*. Kemudian pada bagian *data view* kita akan memasukkan data-data temperatur *return water* evaporator, *Coefficient of performance* (COP), *Energy Efficiency Ratio* (EER), dan *power input* pada kolom yang sesuai dengan *name* yang telah dibuat sebelumnya. Pilih opsi *analyze* kemudian *regression* kemudian *linear* untuk memunculkan kolom variabel bebas dan variabel terikat. Pada penelitian pertama masukkan label temperatur *return water* evaporator pada kolom variabel bebas dan label COP pada kolom variabel terikat. Pada penelitian kedua masukkan label COP pada kolom variabel bebas dan label *power*

input pada kolom variabel terikat. Pada penelitian ketiga masukkan label *power input* pada kolom variabel bebas dan label EER pada kolom variabel terikat. Pilih opsi OK dan akan muncul tabel *coefficients* di mana jika nilai signifikansi <0.05 maka variabel bebas memiliki pengaruh terhadap variabel terikat [11].

Kemudian pada bagian *Unstandardized Coefficients* (B) menunjukkan bagaimana pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen. Jika nilainya (+) maka kedua variabel berbanding lurus dimana jika nilai variabel bebas meningkat maka nilai variabel terikat akan meningkat juga. Sebaliknya jika nilainya (-) maka kedua variabel berbanding berlawanan dimana jika nilai variabel bebas meningkat maka nilai variabel terikat akan menurun. Angka yang berada setelah tanda + atau - menunjukkan seberapa besar pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat setiap 1 satuannya [11].

3 Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengolahan data pada aplikasi *coolpack* untuk mencari nilai entalpi refrigeran pada masing-masing titik sistem kemudian dilakukan perhitungan dasar untuk mencari nilai kinerja mesin *chiller water cooled*, diperoleh nilai sebagai berikut:

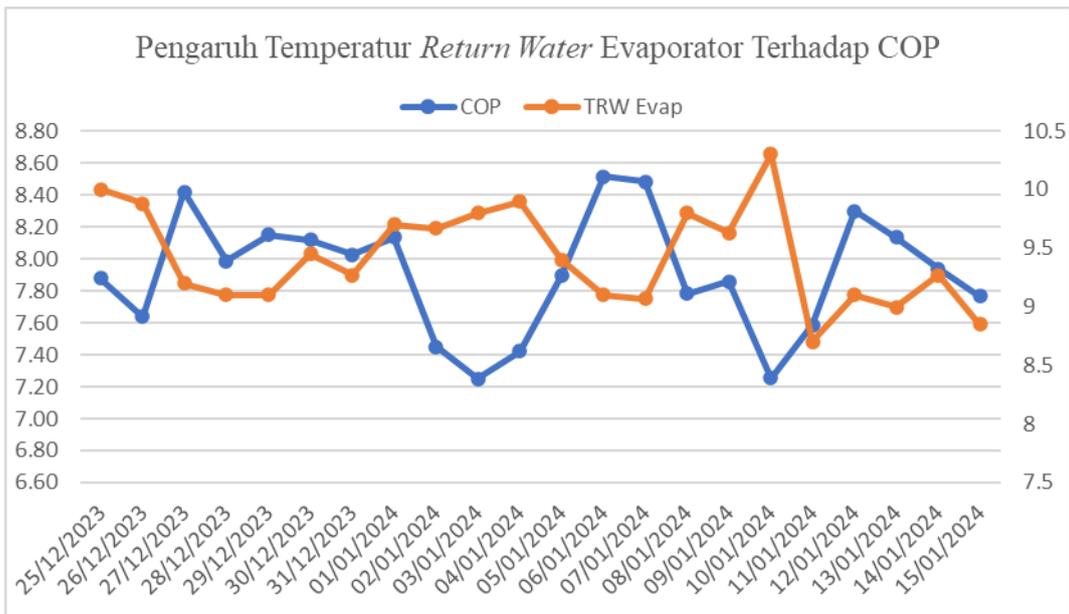
Tabel 1 Data hasil perhitungan

Tanggal	Temperatur <i>Return Water</i> Evaporator (°C)	<i>Coefficient of</i> <i>Performance</i>	<i>Energy Efficiency</i> <i>Ratio</i> (Btu/h/Watt)	<i>Power Input</i> (kW)
25/12/2023	10	7.88	26.87	196
26/12/2023	9.88	7.64	26.05	196.5
27/12/2023	9.2	8.42	28.71	187
28/12/2023	9.1	7.99	27.23	200.9
29/12/2023	9.1	8.15	27.79	183.75
30/12/2023	9.45	8.12	27.68	174
31/12/2023	9.27	8.03	27.37	177
01/01/2024	9.7	8.13	27.73	202.75
02/01/2024	9.67	7.45	25.40	193.67
03/01/2024	9.8	7.25	24.72	209.03
04/01/2024	9.9	7.42	25.30	203
05/01/2024	9.4	7.89	26.92	189
06/01/2024	9.1	8.51	29.03	176.33
07/01/2024	9.07	8.48	28.93	166.5
08/01/2024	9.8	7.78	26.53	189.67
09/01/2024	9.63	7.86	26.80	187.5
10/01/2024	10.3	7.25	24.74	197
11/01/2024	8.7	7.58	25.86	194
12/01/2024	9.1	8.30	28.30	167
13/01/2024	9	8.13	27.74	171
14/01/2024	9.27	7.94	27.07	185.33
15/01/2024	8.85	7.77	26.48	177

Data tersebut kemudian akan diolah menggunakan aplikasi *stastical product for service solutions* (SPSS) untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya.

3.1 Pengaruh temperatur return water evaporator terhadap COP

Gambar 1 dan gambar 2 menunjukkan bagaimana pengaruh temperatur *return water* evaporator terhadap *coefficient of performance* (COP) dalam bentuk grafik dan regresi linear. data tersebut menunjukkan bahwa dengan nilai signifikansi sebesar 0.006, nilai ini lebih rendah dari pada nilai derajat kebebasan 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur *return water* evaporator memiliki pengaruh yang kuat terhadap *coefficient of performance* (COP). Dengan *unstandardized coefficients* B bernilai -0.502 menunjukkan bahwa jika temperatur *return water* evaporator turun sebesar 1 °C maka nilai *coefficient of performance* (COP) akan meningkat sebesar 0.502.



Gambar 1 Pengaruh temperatur return water evaporator terhadap COP

Coefficients^a

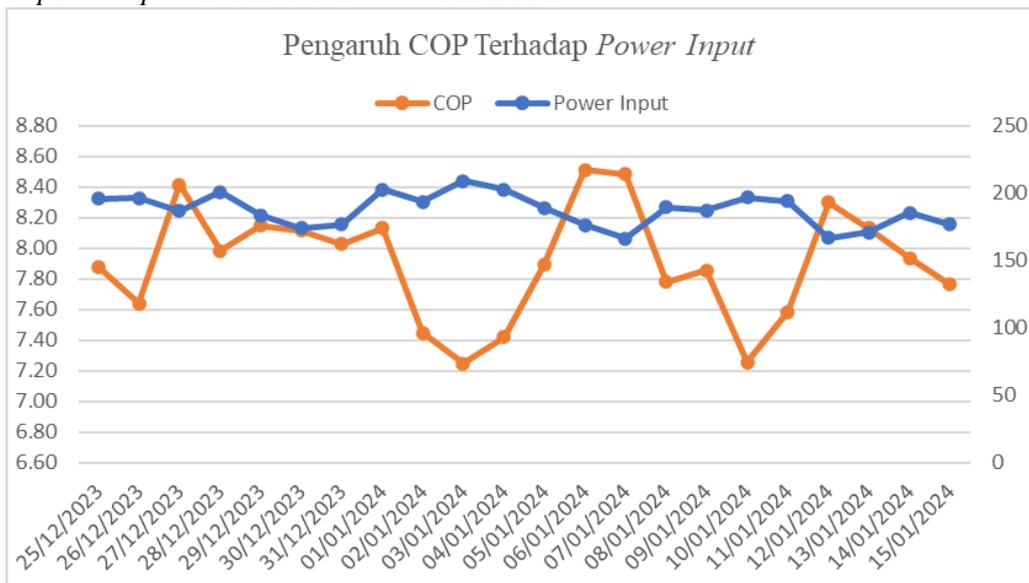
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	12.636	1.532		8.251	.000
TRW EVAP	-.502	.162	-.569	-3.090	.006

a. Dependent Variable: COP

Gambar 2 Regresi linear antara temperatur return water evaporator dengan COP

3.2 Pengaruh COP terhadap power input

Gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan bagaimana pengaruh *coefficient of performance* (COP) terhadap *power input* dalam bentuk grafik dan regresi linear. data tersebut menunjukkan bahwa dengan nilai signifikansi sebesar 0.000, nilai ini lebih rendah dari pada nilai derajat kebebasan 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa *coefficient of performance* (COP) memiliki pengaruh yang kuat terhadap *power input*. Dengan *unstandardized coefficients B* bernilai -22.980 menunjukkan bahwa jika nilai *coefficient of performance* (COP) meningkat sebesar 1 maka *power input* akan menurun sebesar 22.980 kW.



Gambar 3 Pengaruh COP terhadap power input

Coefficients^a

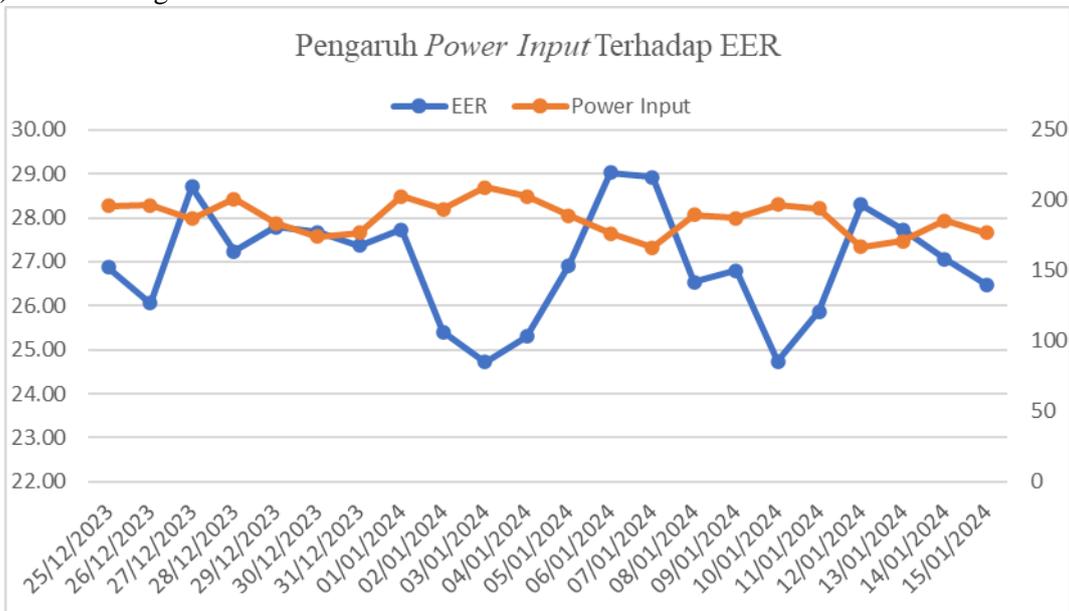
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	369.170	42.049		8.779	.000
	COP	-22.980	5.312	-.695	-4.326	.000

a. Dependent Variable: POWER INPUT

Gambar 4 Regresi linear antara COP dengan *power input*

3.3 Pengaruh *power input* terhadap EER

Gambar 5 dan gambar 6 menunjukkan bagaimana pengaruh *power input* terhadap *energy efficiency ratio* (EER) dalam bentuk grafik dan regresi linear. data tersebut menunjukkan bahwa dengan nilai signifikansi sebesar 0.000, nilai ini lebih rendah dari pada nilai derajat kebebasan 0.05. Hal ini menunjukkan bahwa *power input* memiliki pengaruh yang kuat terhadap *energy efficiency ratio* (EER). Dengan *unstandardized coefficients* B bernilai -0.072 menunjukkan bahwa jika nilai *power input* turun sebesar 1 kW maka nilai *energy efficiency ratio* (EER) akan meningkat sebesar 0.072 Btu/h/Watt.



Gambar 5 Pengaruh *power input* terhadap EER

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	40.422	3.115		12.977	.000
	POWER INPUT	-.072	.017	-.695	-4.329	.000

a. Dependent Variable: EER

Gambar 6 Regresi linear antara *power input* dengan (EER)

3.4 Pembahasan

Temperatur *return water* evaporator yang menurun dapat meningkatkan nilai *coefficient of performance* (COP) karena semakin rendah temperatur *return water* evaporator maka selisih temperatur antara *chilled water* dengan temperatur refrigeran pada evaporator akan berkurang sehingga laju perpindahan panas ke refrigeran akan melambat [12]. Hal ini menyebabkan refrigeran memerlukan waktu yang lebih lama untuk menguap pada temperatur dan tekanan yang ada. Untuk memastikan refrigeran dapat menguap dengan baik maka sistem perlu

untuk meningkatkan temperatur evaporasi untuk mengimbangi laju perpindahan panas yang lambat. Ketika temperatur evaporasi semakin tinggi, itu berarti refrigeran menyerap lebih banyak panas dan lebih banyak energi yang diperlukan untuk menguap sehingga menghasilkan entalpi refrigeran yang keluar dari evaporator menjadi lebih tinggi [13]. Peningkatan nilai entalpi ini akan meningkatkan efek refrigerasi dan jika kerja kompresor tetap stabil atau tidak meningkat secara drastis maka nilai *coefficient of performance* (COP) akan meningkat [14].

Nilai COP yang meningkat dapat menurunkan *power input* yang digunakan karena nilai *coefficient of performance* (COP) yang tinggi menunjukkan bahwa sistem pendingin mampu untuk mengoptimalkan efek refrigerasi sesuai dengan beban pendinginan yang ada tanpa menyia-nyaiakan energi dalam prosesnya. Selain itu nilai *coefficient of performance* (COP) yang tinggi juga menunjukkan bahwa kompresor dapat mengkompresi refrigeran sampai tekanan yang diperlukan dengan konsumsi energi yang lebih sedikit dimana kompresor adalah komponen utama yang mengonsumsi sebagian besar energi listrik mesin *chiller*.

Nilai *power input* yang menurun dapat meningkatkan nilai *energy efficiency ratio* (EER) karena pada dasarnya nilai *energy efficiency ratio* (EER) merupakan perbandingan antara kapasitas pendinginan (Btu/h) dengan input daya yang digunakan (Watt). Dikarenakan *power input* berada sebagai pembagi maka akan memiliki pengaruh yang berlawanan terhadap nilai *energy efficiency ratio* (EER). Semakin tinggi nilai *energy efficiency ratio* (EER) juga menunjukkan bahwa sistem pendingin dapat menghasilkan kapasitas pendinginan yang lebih besar dengan mengonsumsi daya yang lebih kecil [15].

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini menurunnya temperatur *return water* evaporator maka akan meningkatkan nilai *coefficient of performance* (COP). Meningkatnya nilai *coefficient of performance* (COP) maka akan menurunkan nilai *power input*. Menurunnya nilai *power input* maka akan meningkatkan nilai *energy efficiency ratio* (EER).

5 Referensi

- [1] D. Rosmayanti, "Analisis Performansi Air Conditioning 1 PK Dengan 3 Fluida Kerja," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 9, no. 3, pp. 29–35, 2019.
- [2] A. Verliandri and Suryadimal, "Analisa Performance Sistem Pendingin Mini Chiller Kapasitas 1,5 PK," 2022.
- [3] Sibut, A. Subardi, S. Djiwo, and I. M. Yudianto, "Pengaruh Perubahan Putaran Kompresor Serta," vol. 6, no. September, 2015.
- [4] I. M. D. Saputra, "Pengaruh Temperatur Air Panas Pada Integrasi Heat Pump Terhadap COP Water Cooled Chiller," 2019.
- [5] M. M. Ali, T. Hariyati, M. Y. Pratiwi, and S. Afifah, "Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Penerapannya dalam Penelitian," *Educ. Journal*, 2022, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2022.
- [6] Johnson Controls, "York Model YK Centrifugal Liquid Chillers Style H," vol. 1, no. 819, pp. 1–86, 2019.
- [7] I. M. R. D. Valentina, "Pengaruh Integrasi Heat Pump Terhadap Cop Water Cooled Chiller," 2019.
- [8] I. C. Susatyo *et al.*, "Pengaruh Campuran Gas Nitrogen Dan Freon R134a Terhadap Kinerja Mesin Pendingin," *J. Mesin Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 1, no. 2, pp. 29–35, 2020.
- [9] I. W. C. Wijaya, "Analisa Operasional Chiller Tipe Water Cooled Untuk Menurunkan Konsumsi Energi Dan Efek Pemanasan Global," 2020, [Online]. Available: http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB_2.pdf
- [10] L. Lovia, S. Rismen, and R. Ramadoni, "Pelatihan Pengolahan Data Menggunakan Software SPSS di Kantor Lurah Bungo Pasang Kec. Koto Tangah," *ADMA J. Pengabd. dan Pemberdaya. Masy.*, vol. 3, no. 2, pp. 357–364, 2023, doi: 10.30812/adma.v3i2.2259.
- [11] M. Hasyim and T. Listiawan, "Penerapan Aplikasi IBM SPSS Untuk Analisis Data Bagi Pengajar Pondok Hidayatul Muftadi'in Ngunut Tulungagung Demi Meningkatkan Kualitas Pembelajaran dan Kreativitas Karya Ilmiah Guru," *J-ADIMAS (Jurnal Pengabd. Kpd. Masyarakat)*, vol. 2, no. 1, pp. 28–35, 2014, [Online]. Available: <https://jurnal.stkipgritulungagung.ac.id/index.php/jadimas/article/view/296>
- [12] R. A. Soegijarto, "Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Masuk Terhadap Efektivitas Heat Exchanger Shell And Tube Dengan Menggunakan Nanofluida TiO₂," *J. Tek. Kim.*, vol. 9, no. 2, pp. 131–136, 2021.
- [13] M. C. Lestari, A. Setyawan, and ..., "Simulasi Pengaruh Kenaikan Temperatur Superheat terhadap Kinerja AC Split dengan Refrigeran R-410a Menggunakan Aplikasi CoolPack," ... *Res. Work.* ..., pp. 26–27, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/2021>
- [14] G. Agatha, A. Setyawan, and T. Sutandi, "Simulasi Pengaruh Variasi Temperatur Evaporasi Terhadap Kinerja Sistem Air Conditioning dengan Refrigeran R-410a Menggunakan Aplikasi Coolpack," *Pros. 11th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 26–27, 2020.
- [15] D. H. Praswanto, S. Djiwo, E. Y. Setyawan, and T. N. Prihatmi, "Analysis of the mixing of hydrogen (g) in the refrigerant (R314a) on the cooling engine performance," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2838, no. 1, p. 60002, Feb. 2024, doi: 10.1063/5.0188682.