

Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan *Fan* Kondenser Terhadap Performansi Sistem *Brine Cooling* Untuk Pembuatan Es Balok

Muhammad Rizal Ramdhani^{1,*}, Rizki Muliawan², Nur Khakim³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : ^{1,*}muhammad.rizal.tptu20@polban.ac.id; ²rizki.muliawan@polban.ac.id; ³nur.hakim@polban.ac.id

ABSTRAK

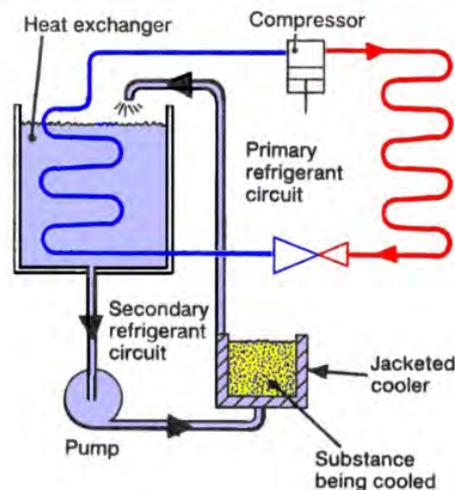
Brine Cooling merupakan sistem refrigerasi yang metode pendinginannya secara tidak langsung (*Indirect Expansion System*) dimana prosesnya menggunakan bantuan refrigeran sekunder yang dikenal dengan larutan *brine*. Pada sistem ini kondenser dilengkapi oleh sebuah *fan* yang memiliki kecepatan *fan* sebesar 4,5 m/s. Dilakukan analisis pada penelitian ini dengan menambahkan dimer yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja sistem dengan mengatur kecepatan *fan* pada putaran tinggi, sedang dan rendah. Pada penelitian ini melakukan analisis pada sistem *brine cooling* untuk mengetahui kinerja sistem dan berapa lama temperatur produk akan tercapai, pada penelitian ini Nilai COP_{Actual} dan COP_{Carnot} yang didapat saat menggunakan variasi kecepatan putaran kipas tinggi dengan kecepatan 4,5 m/s sebesar 3,32 dan 4,51 dan untuk efisiensi sistem sebesar 73% dan konsumsi energi listrik yang digunakan yaitu sebesar 1,1997 kWh, untuk variasi kecepatan putaran kipas sedang dengan kecepatan 4m/s nilai COP_{Actual} dan COP_{Carnot} yang didapat sebesar 3,13 dan 4,32 dan untuk efisiensi sistem sebesar 72% dan konsumsi energi listrik yang digunakan sebesar 1,229 kWh, untuk variasi kecepatan putaran kipas rendah dengan kecepatan 3,5 m/s nilai COP_{Actual} dan COP_{Carnot} yang didapat sebesar 2,75 dan 3,95 dan untuk efisiensi sistem sebesar 69% dan konsumsi energi listrik yang digunakan sebesar 1,2584 kWh. Hal ini membuktikan bahwa kinerja sistem *brine cooling* yang terbaik pada saat menggunakan variasi kecepatan putaran *fan* kondenser tinggi dikarenakan proses penyerapan kalornya bekerja secara optimal.

Kata Kunci

Brine Cooling, Kondenser, Putaran Fan, Kinerja Sistem.

1. PENDAHULUAN

Brine Cooling merupakan alat pendinginan yang digunakan untuk mendinginkan produk dengan refrigeran sekunder sebagai media penyerap kalor supaya terbentuk produk yang diinginkan.



Gambar 1. 1 Siklus Refrigeran Sekunder

Pada Gambar 1.1 Proses pendinginan pada sistem *brine cooling* menggunakan sistem

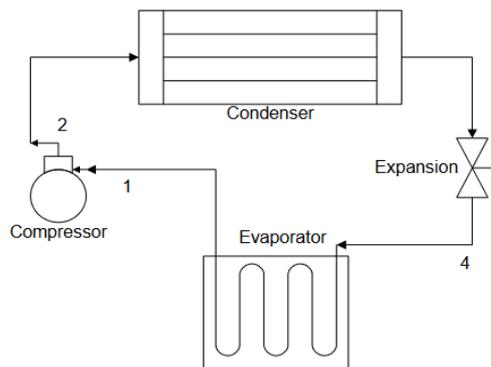
pendinginan tidak langsung atau disebut dengan menggunakan refrigeran sekunder. Refrigerant sekunder yaitu suatu fluida yang mengangkut kalor dari bahan yang sedang didinginkan ke evaporator. *Brine* membawa energi kalor bertemperatur rendah dari media pendinginan (cetakan) ke evaporator. Setelah uap bertekanan tinggi keluar dari kompresor, kemudian uap refrigerant tersebut dialirkan ke kondenser, dan selanjutnya di kondenser refrigeran akan melepaskan kalor ke lingkungan. Uap refrigeran berubah fasa menjadi cair. Untuk membuat produk yang diinginkan (es balok) tersebut dibutuhkan sebuah alat yang dinamakan mesin *brine cooling*. Mesin *brine cooling* yaitu mesin yang dapat mendinginkan secara cepat yang dibantu oleh *fan* / *blower*. *Fan* dan *blower* tersebut mensirkulasikan udara dingin pada bagian evaporator. Semakin cepat putaran *fan* yang dihasilkan maka akan semakin optimal pelapasan kalornya. Sedangkan, semakin rendah putaran *fan* yang dihasilkan maka pelepasan kalor tidak optimal. Untuk mengetahui pengaruh kinerja sistem dan konsumsi energi listrik pada sistem, maka dilakukan analisis kinerja alat *brine cooling* menggunakan variasi yang berbeda dengan menggunakan alat dimer untuk dijadikan

perbandingan. Untuk mengetahui kinerja sistem *brine cooling* yang terbaik dengan variasi kecepatan putaran *fan* kondenser.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem refrigerasi kompresi uap

Sistem refrigerasi kompresi uap merupakan sistem refrigerasi yang paling sederhana dan banyak digunakan dibandingkan dengan sistem refrigerasi lainnya. Pada sistem refrigerasi kompresi uap terdapat empat komponen utama yang memiliki fungsi saling berhubungan yaitu: kompresor, kondenser, alat ekspansi dan evaporator. Refrigeran berfasa uap bertekanan rendah dan bertemperatur rendah dimanfaatkan menjadi bertekanan dan bertemperatur tinggi yang ditekan oleh kompresor ke kondenser. Di kondenser refrigeran membuang kalor dan berubah fasa dari uap menjadi cair lalu refrigeran masuk ke alat ekspansi, refrigeran diturunkan tekananya sehingga menjadi bertekanan rendah lalu masuk ke evaporator, refrigeran menyerap kalor dan berubah fasa dari cair menjadi uap, lalu refrigeran dihisap oleh kompresor untuk kemudian disirkulasikan kembali.[1]



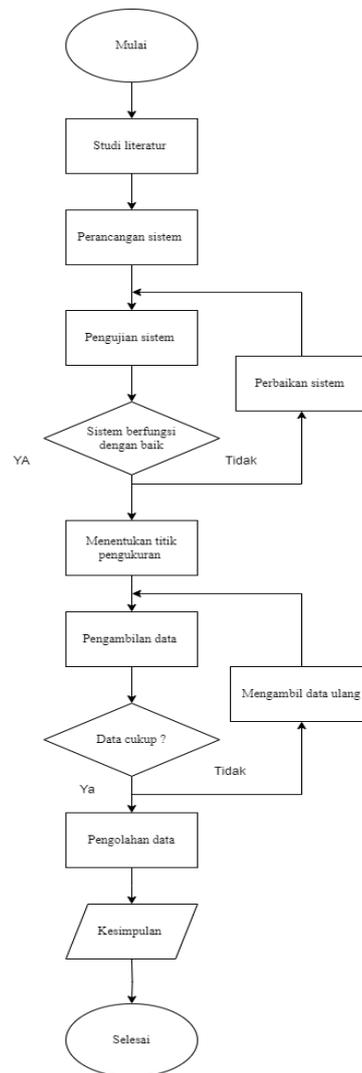
Gambar 2. 1 Siklus Refrigerasi

Pada Gambar 2.1 Refrigeran dari evaporator dengan suhu dan tekanan rendah masuk ke kompresor melalui saluran suction kemudian refrigeran dikompresi sehingga menjadi gas bertekanan dan bertemperatur tinggi, lalu mengalir menuju saluran discharge dan masuk kedalam kondenser. Di kondenser terjadi proses kondensasi dengan cara melepaskan kalor ke lingkungan sekitar. Lalu refrigeran akan mengalir menuju alat ekspansi maka akan terjadi penurunan tekanan dan temperaturnya turun. Refrigeran yang telah melewati katup ekspansi akan mengalir menuju evaporator dan refrigeran akan menyerap kalor dari bahan yang akan didinginkan, setelah itu refrigeran akan kembali mengalir menuju kompresor

melalui saluran *suction*. Proses tersebut dikenal dengan proses kompresi uap.

3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan menggunakan sistem *brine cooling* dengan menggunakan larutan *propylene glycol* dan pada *fan* kondenser yang sudah ditambahkan dimer untuk mengatur kecepatan *fan* kondenser yang bertujuan untuk menguji kinerja sistem dan konsumsi daya listrik. Gambar 3.1 merupakan metode penelitian yang dilaksanakan pada penelitian ini.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

4. HASIL PEMBAHASAN

Penggunaan dimer pada kondenser sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan terhadap nilai COP_{Actual} dan COP_{Carnot}

berikut merupakan data yang didapat dari hasil pengukuran menggunakan variasi fan yang berbeda.

Tabel 4. 1 Titik Pengukuran Pengambilan Data

| No. | Titik Pengukuran | Kecepatan putaran kipas tinggi | Kecepatan putaran normal | Kecepatan putaran rendah | Satuan |
|-----|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| 1 | Tekanan Discharge | 12,7 | 15 | 15,6 | Bar g |
| 2 | Tekanan Suction | 1,4 | 1,7 | 1,7 | Bar g |
| 3 | Temperatur Discharge | 75 | 77,1 | 83,1 | °C |
| 4 | Temperatur Suction | -13,6 | -14,5 | -16,6 | °C |
| 5 | Temperatur Keluar Kondenser | 34,2 | 39,6 | 40,6 | °C |
| 6 | Arus | 4,5 | 4,9 | 4,8 | Ampere |
| 7 | Tegangan | 215,5 | 208,7 | 208,6 | Volt |

Setelah dilakukan perhitungan lalu data di plot pada diagram P-h dengan menggunakan *software coolpack* maka akan didapatkan nilai COP_{Actual} , COP_{Carnot} , efisiensi dan konsumsi energi listrik.

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan

| No. | Parameter | Kecepatan Putaran Tinggi | Kecepatan Putaran Medium | Kecepatan Putaran Rendah |
|-----|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | Cop_{actual} | 3,32 | 3,13 | 2,75 |
| 2 | Cop_{carnot} | 4,51 | 4,32 | 3,95 |
| 3 | Efisiensi | 73 % | 72% | 69% |
| 4 | Konsumsi Energi | 1,997 | 1,229 | 1,2584 |

Perhitungan Daya Listrik

Pada saat sistem menggunakan variasi kecepatan kipas tinggi sistem sedang menyala didapat nilai arus, tegangan, factor daya sebesar $P = V \times I \times \cos \phi$ pada menit ke-308, sedangkan data yang diambil pada saat menggunakan variasi kecepatan kipas sedang pada menit ke-280 dan data yang diambil pada saat menggunakan variasi kecepatan kipas rendah yaitu pada menit ke-226.

1. Daya listrik pada saat menggunakan variasi kecepatan kipas tinggi

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \times \cos \phi \\
 &= 215,5 \times 4,5 \times 0,86 \\
 &= 833,985 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

2. Daya listrik pada saat menggunakan variasi kecepatan kipas sedang

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \times \cos \phi \\
 &= 208,7 \times 4,9 \times 0,89 \\
 &= 910,147 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

3. Daya listrik pada saat menggunakan variasi kecepatan kipas rendah

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \times \cos \phi \\
 &= 206,4 \times 5,3 \times 0,9 \\
 &= 984,528 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Konsumsi Energi Listrik

Sedangkan untuk konsumsi energi listrik yang pakai selama proses pengambilan data dengan asumsi sistem bekerja selama 3 jam yaitu:

1. Variasi kecepatan kipas tinggi

$$\begin{aligned}
 W &= P \times t \\
 &= 833,985 \times \frac{86,31}{60} \\
 &= 1,199,7 \text{ Wh} \\
 &= 1,997 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

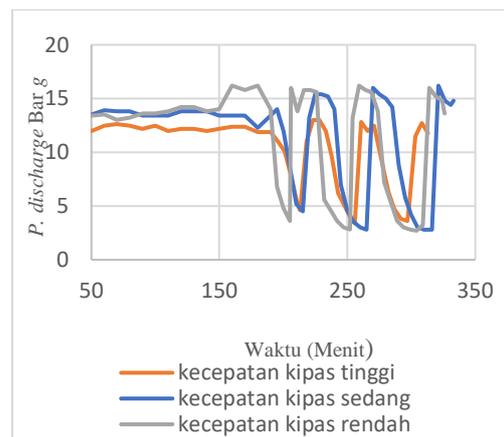
2. Variasi kecepatan kipas sedang

$$\begin{aligned}
 W &= P \times t \\
 &= 910,147 \times \frac{81}{60} \\
 &= 1,228,7 \text{ Wh} \\
 &= 1,229 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

3. Variasi kecepatan kipas rendah

$$\begin{aligned}
 W &= P \times t \\
 &= 984,528 \times \frac{76,69}{60} \\
 &= 1,258,4 \text{ Wh} \\
 &= 1,2584 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

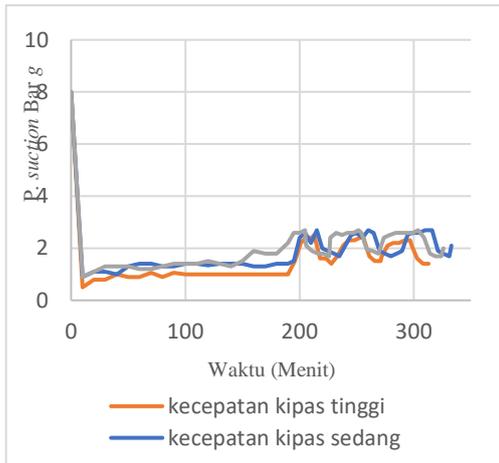
Dapat dilihat bahwa variasi kecepatan putaran fan kondenser sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem



Gambar 4. 1 Grafik *Pressure Discharge*

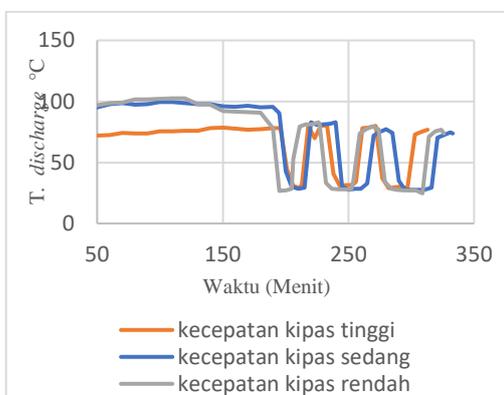
Pada Gambar 4.1 dapat dilihat pada variasi kecepatan putaran kipas rendah tekanan *discharge* tertinggi bernilai 16,2 Bargauge, diikuti variasi kecepatan putaran kipas sedang dengan nilai tekanan *discharge* 14 Bargauge dan variasi kecepatan putaran kipas tinggi 12,6 Bargauge, dari gambar diatas dapat dilihat bahwa berkurangnya kecepatan putaran kipas mengakibatkan terjadinya kenaikan pada tekanan *discharge*. Lalu pada saat temperatur

brine sudah tercapai maka tekanan *discharge* akan mengalami penurunan dan akan kembali naik pada saat diferensial yang di atur sudah tercapai.



Gambar 4. 2 Grafik *Pressure Suction*

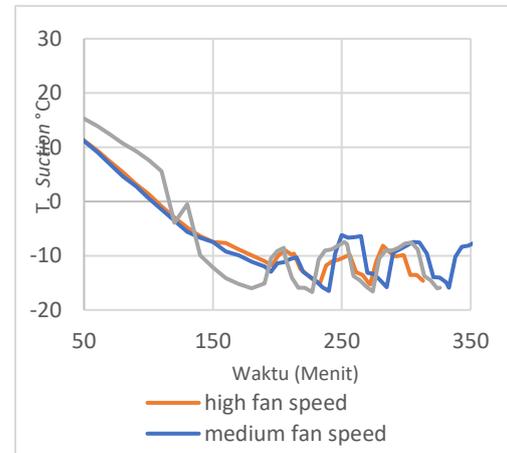
Pada Gambar 4.2 dapat dilihat pada saat awal sistem dinyalakan tekanan *suction* sebesar 8 *Bargauge* lalu akan terjadi penurunan secara drastis dan pada variasi kecepatan putaran kipas rendah tekanan *suction* tertinggi bernilai 3 *Bargauge* , diikuti variasi kecepatan putaran kipas sedang dengan nilai tekanan *suction* 2,7 *Bargauge* dan variasi kecepatan putaran kipas tinggi 2,5 *Bargauge*, dari gambar diatas dapat dilihat bahwa berkurangnya kecepatan putaran kipas mengakibatkan terjadinya kenaikan pada tekanan *suction*. Lalu pada saat temperatur *brine* sudah tercapai maka tekanan *suction* akan mengalami penurunan dan akan kembali naik pada saat diferensial yang di atur sudah tercapai.



Gambar 4. 3 Grafik *Temperatur Discharge*

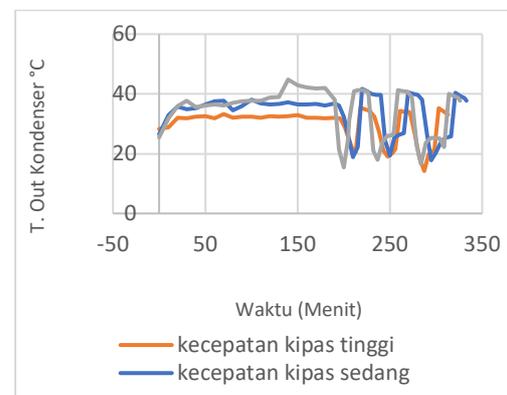
Pada Gambar 4.3 dapat dilihat pada variasi kecepatan putaran kipas rendah temperatur *discharge* tertinggi bernilai 102,5 °C, diikuti variasi kecepatan putaran kipas sedang dengan nilai temperatur *discharge* 99,5°C dan variasi kecepatan putaran kipas tinggi dengan nilai

temperatur *discharge* 78,4°C, dari gambar diatas dapat dilihat bahwa bertambahnya kecepatan putaran kipas mengakibatkan terjadinya penurunan temperatur *discharge*, hal ini dikarenakan proses pelepasan kalornya optimal. Lalu pada saat temperatur *brine* sudah tercapai maka temperatur *discharge* akan mengalami penurunan dan akan kembali naik pada saat diferensial yang di atur sudah tercapai.



Gambar 4. 4 Grafik *Temperatur Suction*

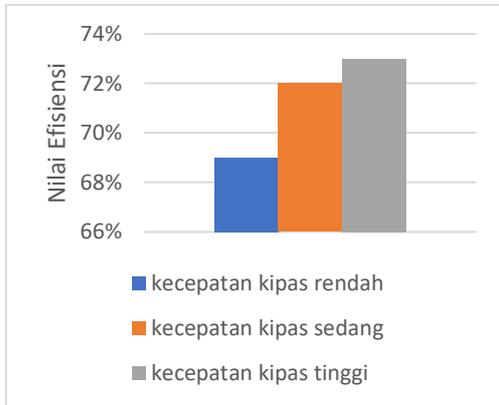
Pada Gambar 4.4 dapat dilihat pada variasi kecepatan putaran kipas rendah temperatur *suction* paling rendah bernilai -16 °C, diikuti variasi kecepatan putaran kipas sedang dengan nilai temperatur *suction* -15,8°C dan variasi kecepatan putaran kipas tinggi dengan nilai temperatur *suction* -15,3°C, dari gambar diatas dapat dilihat bahwa bertambahnya kecepatan putaran kipas mengakibatkan terjadinya penurunan temperatur *suction*. Lalu pada saat temperatur *brine* sudah tercapai maka temperatur *suction* akan mengalami penurunan dan akan kembali naik pada saat diferensial yang di atur sudah tercapai.



Gambar 4. 5 Grafik *Temperatur out kondenser*

Pada Gambar 4.5 tersebut merupakan pengaruh penggunaan variasi kecepatan putaran terhadap

temperatur keluaran kondenser terlihat bahwa temperatur keluaran kondenser saat menggunakan variasi kecepatan putaran tinggi lebih rendah dibandingkan sistem saat menggunakan variasi kecepatan putaran sedang dan rendah. Hal ini terjadi karena proses pelepasan kalornya lebih optimal.



Gambar 4. 6 Diagram Efisiensi Sistem

Pada Gambar 4.6 tersebut menunjukkan bahwa nilai efisiensi pada saat sistem menggunakan variasi kecepatan putaran tinggi yaitu sebesar 73%, sedangkan saat sistem menggunakan variasi kecepatan putaran sedang nilai efisiensinya 72 % dan untuk variasi kecepatan putaran rendah sebesar 69%. Hal ini menunjukkan saat sistem menggunakan variasi kecepatan putaran tinggi kinerja sistem lebih baik.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi kecepatan putaran fan kondenser mempengaruhi kinerja sistem, dan ketika sistem menggunakan variasi kecepatan putaran fan kondenser tinggi membuat kinerja sistem menjadi lebih baik dibandingkan pada saat menggunakan variasi kecepatan putaran fan kondenser rendah. Dikarenakan pada saat menggunakan variasi kecepatan putaran fan tinggi proses pembuangan kalornya lebih optimal. Berdasarkan data yang diperoleh pada saat setelah melakukan analisis dan pengolahan data, maka dapat diketahui konsumsi energi yang digunakan pada saat menggunakan variasi kecepatan putaran kipas tinggi yaitu sebesar 1,1997 kWh, diikuti dengan variasi kecepatan putaran kipas sedang sebesar 1,229 kWh dan pada saat menggunakan variasi kecepatan putaran kipas rendah sebesar 1,2584 kWh.

Sistem ini menggunakan variasi kecepatan kipas tinggi didapat nilai COPactual sebesar 3,32, COPcarnot sebesar 4,51 dan nilai

efisiensi sistem sebesar 73%, untuk variasi kecepatan kipas sedang didapat nilai COPactual sebesar 3,13, COPcarnot sebesar 4,32 dan nilai efisiensi sistem sebesar 72%, dan untuk variasi kecepatan kipas rendah didapat nilai COPactual sebesar 2,75, COPcarnot sebesar 3,95 dan nilai efisiensi sistem sebesar 69%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan bantuan dana dan fasilitas yang dapat digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Althouse, A. D et al., Modern Refrigeration and Air Conditioning Goodheart-Willcox Company, Atlanta (1982).
- [2] (ASHRAE Handbook Chapter 1. Thermodynamics and Refrigeration Cycles 2001.).
- [3] Dossat, R.J. (1981). *Principles of Refrigeration: Hasil Perikanan. Jilid II. Teknik Pembekuan Ikan.* Jakarta: CV. Circuitus.
- [4] Mitrakusuma Windy Hermawan. (2012) *Bahan ajar dasar refrigerasi.*
- [5] Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, Peralatan Energi Listrik : Refrigerasi dan Penyejuk AC, UNEP.
- [6] Putra, P. D.M (2022) Analisis Variasi Kecepatan Fan Kondenser pada Sistem Air Blast Freezer Untuk Pembekuan.
- [7] Rinaldi Hasri, 2015. “Analisa Performansi Mesin Pendingin Kompresi Uap Variasi Kecepatan Putaran Fan Kondensor Dengan Kapasitas Kompresor 1 PK Menggunakan R22”.
- [8] Salsabila, J.S (2022) Kaji Eksperimental Pengaruh Kecepatan Fan Pada AHU (Air Handling Unit) Terhadap Capaian Kapasitas Mesin Pendingin.
- [9] Septyansah (2022) Kaji Eksperimental Kinerja Ice Slush Machine Menggunakan Brine Cooling Dengan Variasi Kecepatan Putaran Fan Kondenser.

- [10] Santoso, R.M.R (2019) perancangan sistem monitoring berbasis Arduino pada pengamatan pengaruh kecepatan fan kondenser pada sistem refrigerasi cascade terhadap konsumsi daya listrik.

