

Sistem Pendingin Kondensor Ekstraktor Soxhlet Menggunakan Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

1st Gian Arie Darmawan
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
gian78fairuz@gmail.com

2nd Tri Ayodha Ajiwiguna
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
triayodha@telkomuniversity.ac.id

3rd Indra Wahyudhin Fathona
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
indrafathonah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem pendingin kondensor pada ekstraktor Soxhlet menggunakan Sistem Refrigerasi Kompresi Uap (SRKU). Sistem ini dibutuhkan karena efektivitas proses ekstraksi sangat dipengaruhi oleh kemampuan kondensasi pelarut, di mana suhu air pendingin yang terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi proses. Untuk itu, dirancang suatu sistem yang mampu menjaga suhu air pendingin agar tetap rendah dan stabil. Refrigeran R-134a dipilih karena memiliki sifat termodinamika yang baik dalam menyerap dan melepaskan panas. Sistem dibangun dari komponen utama kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator dalam siklus tertutup. Pendinginan dilakukan dengan mengalirkan air yang telah didinginkan pada evaporator menuju kondensor Soxhlet sehingga uap pelarut dapat terkondensasi kembali. Pengujian dilakukan dengan memantau suhu, laju aliran air pendingin, konsumsi energi listrik, serta nilai Coefficient of Performance (COP) untuk mengevaluasi efisiensi sistem. Hasil pengujian menunjukkan sistem bekerja dengan efisiensi yang cukup baik, konsumsi energi rendah, serta mampu beroperasi otomatis sesuai setpoint suhu menggunakan thermostat STC-1000. Dengan demikian, sistem pendingin SRKU yang dirancang dapat menjadi solusi efisien dan praktis dalam mendukung kinerja kondensor Soxhlet dan berpotensi menjadi acuan dalam pengembangan sistem pendingin hemat energi di masa depan.

Kata kunci — COP, konsumsi energi, refrigerasi, sistem refrigerasi kompresi uap, soxhlet

I. PENDAHULUAN

Sistem refrigerasi merupakan teknologi yang banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari pengawetan makanan, pengkondisian udara, hingga mendukung proses laboratorium. Salah satu aplikasinya terdapat pada ekstraktor Soxhlet, di mana proses ekstraksi bergantung pada efektivitas kondensasi pelarut. Kondensor Soxhlet membutuhkan suplai air dengan suhu rendah agar uap pelarut dapat terkondensasi dengan baik. Namun, penggunaan pendingin konvensional berbasis air es memiliki keterbatasan karena suhu hanya dapat bertahan dalam waktu singkat dan

kembali meningkat seiring waktu. Hal ini mengurangi efisiensi ekstraksi dan meningkatkan konsumsi energi maupun pelarut.

Berdasarkan perkembangan penelitian, berbagai metode pendinginan telah diterapkan, seperti termoelektrik, heat exchanger, maupun sistem refrigerasi kompresi uap (SRKU). Di antara teknologi tersebut, SRKU terbukti lebih andal dalam menjaga suhu stabil pada rentang rendah serta mampu bekerja secara kontinu dalam durasi panjang. Dengan menggunakan refrigeran R-134a, sistem ini memiliki karakteristik termodinamika yang baik untuk penyerapan dan pelepasan panas, sehingga sesuai diterapkan pada sistem pendingin kondensor Soxhlet.

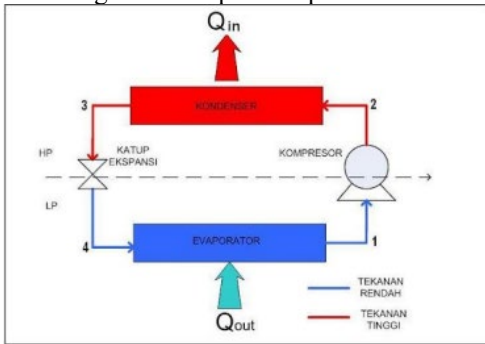
Permasalahan utama yang dihadapi adalah keterbatasan sistem pendingin berbasis air konvensional dalam menjaga kestabilan suhu, yang berdampak pada penurunan laju kondensasi pelarut dan berkurangnya efisiensi ekstraksi. Oleh karena itu, diperlukan sistem pendingin yang dapat mempertahankan suhu rendah dan stabil dengan konsumsi energi yang efisien.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem pendingin kondensor Soxhlet berbasis SRKU, serta menguji kinerjanya melalui parameter suhu, laju aliran, konsumsi energi, dan nilai Coefficient of Performance (COP). Dengan penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh sistem pendingin yang efisien, praktis, serta mendukung peningkatan kinerja proses ekstraksi Soxhlet.

II. KAJIAN TEORI

Kajian teori pada penelitian ini terdiri dari Sistem yang digunakan pada proses ekstraksi untuk mencari nilai akhir yaitu COP dan SEC.

A. Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

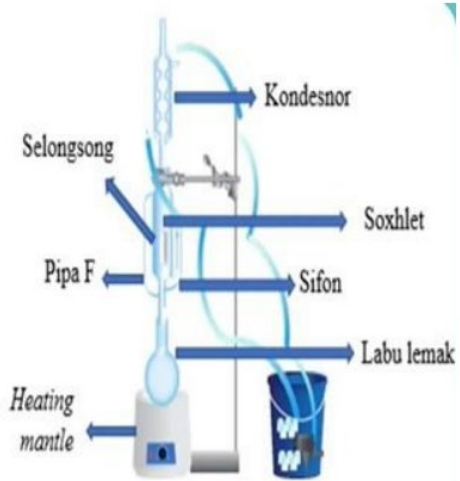


GAMBAR 1

Siklus Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Merupakan salah satu jenis sistem pendingin yang memanfaatkan siklus kompresi uap untuk melakukan pendinginan. Dengan menggunakan refrigeran sebagai fluida kerja, Pendinginan dilakukan dengan proses pengembunan refrigeran oleh kondensor dan penguapan oleh evaporator. Komponen utama dari sistem pendingin ini ialah kompresor, kondensor, evaporator dan katup ekspansi. Dapat ditambahkan fitur tambahan yaitu kontrol suhu dan juga fan yang terpasang pada kondensor untuk mengontrol suhu dan juga meningkatkan laju perpindahan panas.

B. Ekstraktor Soxhlet



GAMBAR 2

Ekstraktor Soxhlet

Ekstraktor Soxhlet adalah Alat yang digunakan untuk mengekstraksi suatu senyawa dari bahan padat menggunakan pelarut seperti etanol. Bahan yang digunakan dalam ekstraksi biasanya seperti kulit pisang, kulit jeruk. Zat yang akan terlarut Adalah zat *ptyochemical* seperti *flavonoid quercetin*, *flavonoid herperidin*, *alkaloid*, dan *tanin*.

C. Coefficient Of Performance (COP)

Coefficient of Performance (COP) adalah parameter penting yang digunakan dalam mengukur efisiensi energi dalam sistem refrigerasi. Nilai COP menunjukan seberapa efektif sistem mengubah energi yang di konsumsi menjadi kapasitas pendingin yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai COP maka sistem tersebut akan semakin efisien dengan konsumsi energi yang lebih rendah.

$$COP = \frac{P_{kW}}{P_{avg}} \quad [1]$$

D. Specific Energy Consumption (SEC)

Specific Energy Consumption (SEC) merupakan parameter yang menunjukkan besarnya energi listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan satuan produk tertentu, dalam konteks ini berkaitan dengan produksi kondensat pada ekstraktor Soxhlet.

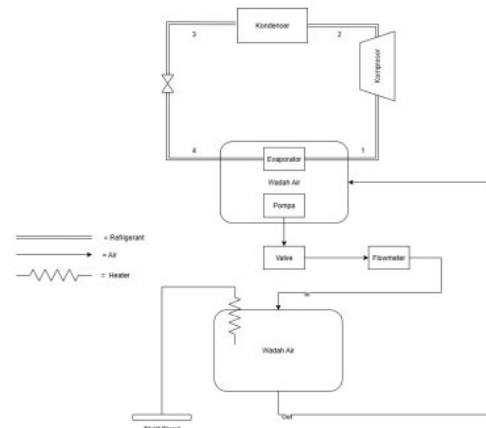
$$SEC = \frac{\text{Konsumsi Energi SRKU}}{\text{Produksi Kondensat}} \quad [2]$$

III. METODE

Penelitian dilakukan dengan merancang dan merakit sistem pendingin SRKU yang terdiri dari 4 bagian yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator. Air didinginkan didalam coldbox yang berisi evaporator kemudian air yang sudah didinginkan akan dialirkan dengan menggunakan pompa menuju kondensor Soxhlet. Sistem dilengkapi dengan thermostat STC-1000 untuk menjaga suhu air pendingin. ada 2 pengujian yang dilakukan Sistem yaitu :

A. Pengujian dengan Heater

Prosedur pengambilan data heater dilakukan dengan memasang wattmeter pada stopkontak, di mana satu wattmeter digunakan untuk SRKU dan satu lagi untuk dimmer yang mengatur daya heater pada coldbox kedua. Setelah itu, kabel kompresor dihubungkan melalui steker T ke wattmeter, lalu dimmer juga disambungkan agar daya heater dapat diatur. Ketika termostat menyala, suhu pada termostat diatur sesuai set point yang akan diuji, dan dimmer pada heater juga diatur untuk mengendalikan daya pemanas. Selanjutnya, sistem dijalankan hingga suhu air pada coldbox pertama mencapai nilai set point, kemudian pompa dan kompresor diaktifkan bersamaan dengan pengaturan valve agar laju aliran air sesuai yang dikehendaki. Proses dilanjutkan hingga kondisi steady state tercapai, setelah itu data diambil setiap satu menit selama satu siklus, yakni dari saat kompresor menyala hingga mati kembali. Data yang dicatat meliputi suhu masuk, suhu keluar, dan daya SRKU. Setelah pengambilan data selesai, kabel kompresor dicabut, lalu valve diatur kembali untuk laju aliran berikutnya.



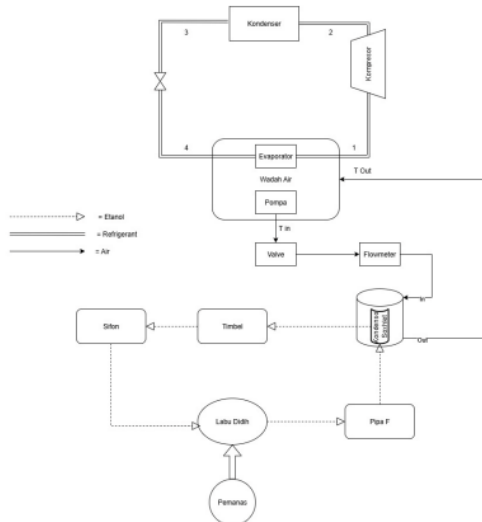
GAMBAR 3

Konsep Sistem Pada Heater

B. Pengujian langsung dengan ekstraktor Soxhlet

Prosedur pengambilan data pada Soxhlet dilakukan dengan memasang wattmeter pada stopkontak, satu untuk SRKU dan satu lagi untuk heater Soxhlet. Kabel kompresor

kemudian dihubungkan ke wattmeter, lalu setelah termostat menyala, suhu diatur pada set point yang akan diuji hingga suhu turun mendekati nilai yang ditentukan. Setelah air pada coldbox cukup dingin, heater Soxhlet dinyalakan, diikuti dengan pengaktifan pompa pada coldbox. Selanjutnya, valve diatur hingga bandul pada flowmeter menunjukkan laju aliran sesuai yang diinginkan. Sistem dijalankan hingga mencapai kondisi steady state, kemudian tetesan yang menuju thimble direkam. Data yang dicatat meliputi suhu masuk, suhu keluar, daya dari SRKU, serta daya heater Soxhlet dengan interval pencatatan setiap lima menit sekali. Pengambilan data dilakukan sepanjang satu siklus, yaitu ketika cairan dalam thimble sudah turun sepenuhnya untuk setiap laju aliran yang diuji. Setelah itu, pengambilan data diulang dengan mengatur valve pada laju aliran berikutnya.

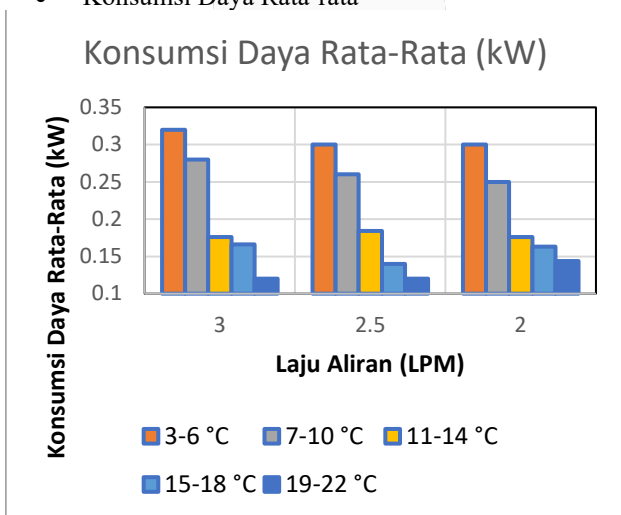


GAMBAR 4
Konsep Sistem Pada Soxhlet

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Heater

- Konsumsi Daya Rata-rata

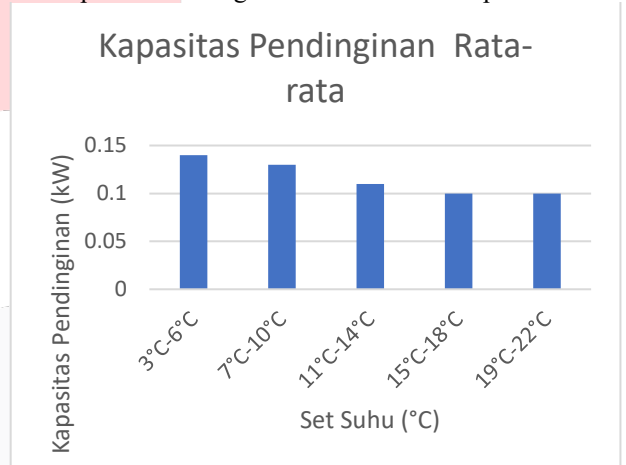


GAMBAR 5
Grafik Konsumsi Daya Rata-rata

Grafik konsumsi daya rata-rata menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara laju aliran (LPM) dan rentang suhu terhadap kebutuhan energi sistem. Pada setiap laju aliran, terlihat bahwa semakin rendah suhu yang dijaga, maka konsumsi daya semakin tinggi, dengan puncaknya

pada suhu 3–6 °C. Sebaliknya, pada suhu yang lebih tinggi, khususnya 19–22 °C, daya yang dibutuhkan cenderung paling rendah. Hal ini menggambarkan bahwa sistem memerlukan energi lebih besar untuk mempertahankan kondisi suhu rendah dibandingkan suhu tinggi. Selain itu, laju aliran juga memberikan pengaruh signifikan terhadap konsumsi daya. Pada laju aliran 3 LPM, konsumsi daya rata-rata selalu lebih besar dibandingkan pada laju 2,5 LPM dan 2 LPM, sehingga semakin tinggi laju aliran maka semakin tinggi pula kebutuhan energi. Dengan demikian, pola umum yang terlihat adalah bahwa konsumsi daya tertinggi terjadi pada suhu rendah dengan laju aliran tinggi, sedangkan konsumsi daya terendah terjadi pada suhu tinggi dengan laju aliran rendah. Kesimpulannya, baik suhu maupun laju aliran berperan penting dalam menentukan efisiensi energi, sehingga diperlukan kompromi antara kebutuhan pendinginan optimal dan efisiensi penggunaan daya dalam pengoperasian sistem.

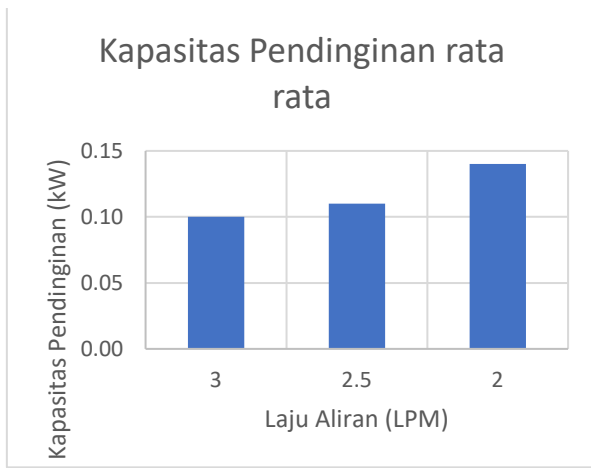
- Kapasitas Pendinginan Rata-rata terhadap set suhu



GAMBAR 6
Grafik Kapasitas Pendingin Rata-rata terhadap Suhu

Grafik kapasitas pendinginan rata-rata menunjukkan kecenderungan penurunan kapasitas seiring dengan meningkatnya set suhu. Pada suhu yang paling rendah, yaitu 3–6 °C, kapasitas pendinginan yang dihasilkan sistem mencapai sekitar 0,14 kW dan merupakan nilai tertinggi dalam pengujian. Namun, ketika set suhu dinaikkan ke rentang 7–10 °C dan 11–14 °C, kapasitas pendinginan menurun secara bertahap hingga berada di kisaran 0,13 kW dan 0,11 kW. Penurunan ini berlanjut pada suhu 15–18 °C dan 19–22 °C, di mana kapasitas pendinginan berada pada titik terendah, yaitu sekitar 0,10 kW. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang ditetapkan, semakin rendah kemampuan sistem untuk menyerap panas, sehingga kapasitas pendinginan yang dihasilkan berkurang. Dengan demikian, sistem lebih efektif dalam menghasilkan pendinginan pada suhu rendah, sementara pada suhu tinggi kerjanya cenderung menurun karena beban pendinginan yang lebih ringan dan kebutuhan perpindahan panas yang lebih kecil.

- Kapasitas Pendinginan Rata-rata terhadap laju aliran

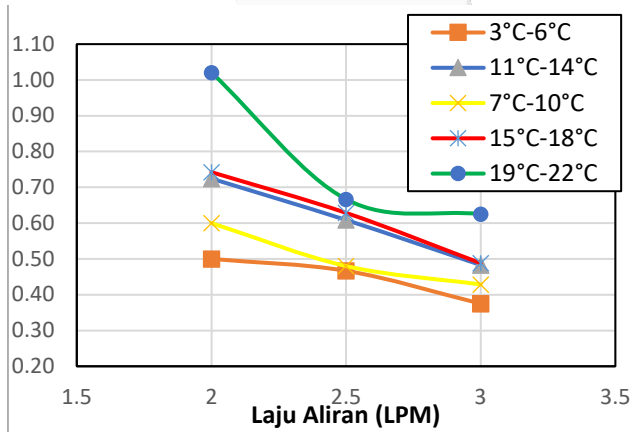


GAMBAR 7

Grafik Kapasitas Pendingin Rata-rata terhadap laju aliran

Grafik kapasitas pendinginan rata-rata berdasarkan laju aliran (LPM) memperlihatkan bahwa semakin rendah laju aliran, kapasitas pendinginan yang dihasilkan justru semakin meningkat. Pada laju aliran tertinggi, yaitu 3 LPM, kapasitas pendinginan berada pada titik terendah, sekitar 0,10 kW. Ketika laju aliran diturunkan menjadi 2,5 LPM, kapasitas pendinginan naik menjadi sekitar 0,11 kW, dan mencapai nilai tertinggi pada laju aliran 2 LPM, yaitu sekitar 0,14 kW. Pola ini menunjukkan bahwa laju aliran yang lebih rendah memberikan waktu kontak fluida yang lebih lama di dalam sistem, sehingga proses perpindahan panas berlangsung lebih efektif dan menghasilkan kapasitas pendinginan yang lebih besar. Sebaliknya, pada laju aliran yang lebih tinggi, meskipun volume aliran meningkat, waktu kontak berkurang sehingga efektivitas perpindahan panas menurun dan kapasitas pendinginan menjadi lebih rendah. Dengan demikian, laju aliran yang optimal perlu dipertimbangkan untuk mencapai keseimbangan antara kapasitas pendinginan yang maksimal dan konsumsi daya yang efisien.

• COP



GAMBAR 8

Grafik COP

TABEL 1
Nilai COP

LPM	Set Suhu	COP

3	3°C-6°C	0.38
2.5	3°C-6°C	0.47
2	3°C-6°C	0.50
3	7°C-10°C	0.43
2.5	7°C-10°C	0.48
2	7°C-10°C	0.60
3	11°C-14°C	0.48
2.5	11°C-14°C	0.61
2	11°C-14°C	0.72
3	15°C-18°C	0.49
2.5	15°C-18°C	0.63
2	15°C-18°C	0.74
3	19°C-22°C	0.63
2.5	19°C-22°C	0.67
2	19°C-22°C	1.02

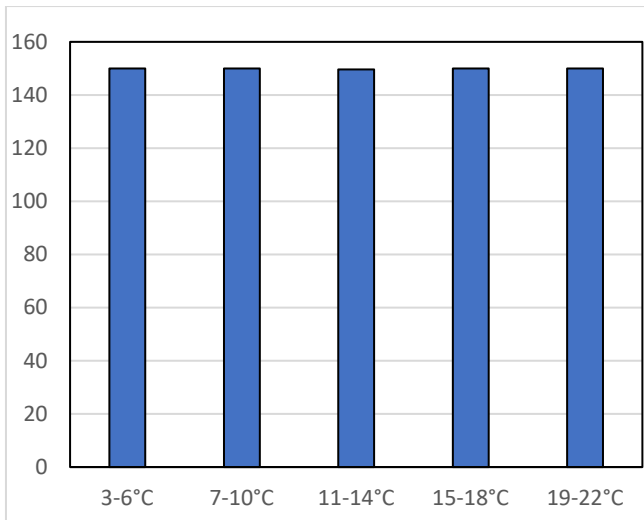
Coefficient of Performance (COP) memperlihatkan pengaruh laju aliran (LPM) dan variasi set suhu terhadap kinerja sistem pendinginan. Secara umum, terlihat bahwa nilai COP cenderung **menurun ketika laju aliran meningkat**. Pada laju aliran terendah (2 LPM), COP relatif lebih tinggi di semua variasi suhu, sedangkan pada laju aliran tertinggi (3 LPM) COP menurun secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa laju aliran rendah memberikan waktu kontak fluida yang lebih lama, sehingga proses perpindahan panas lebih efektif dan efisiensi sistem meningkat.

Dari sisi pengaruh suhu, terlihat bahwa COP paling tinggi terjadi pada suhu **19–22 °C** dengan laju aliran 2 LPM, yang nilainya mendekati 1,05. Kondisi ini menandakan bahwa sistem bekerja paling efisien pada suhu tinggi karena beban pendinginan lebih ringan. Sebaliknya, COP terendah terjadi pada suhu rendah (3–6 °C) dengan laju aliran tinggi (3 LPM), di mana nilainya hanya sekitar 0,38. Pola ini menunjukkan bahwa semakin rendah suhu yang ditetapkan, semakin besar energi yang diperlukan dibandingkan dengan kapasitas pendinginan yang dihasilkan, sehingga efisiensi menurun.

Dengan demikian, grafik ini menegaskan bahwa efisiensi sistem pendinginan dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu laju aliran dan set suhu. Efisiensi terbaik diperoleh pada suhu tinggi dengan laju aliran rendah, sedangkan kondisi yang paling boros energi terjadi pada suhu rendah dengan laju aliran tinggi.

B. Hasil Pengujian Ekstraktor Soxhlet

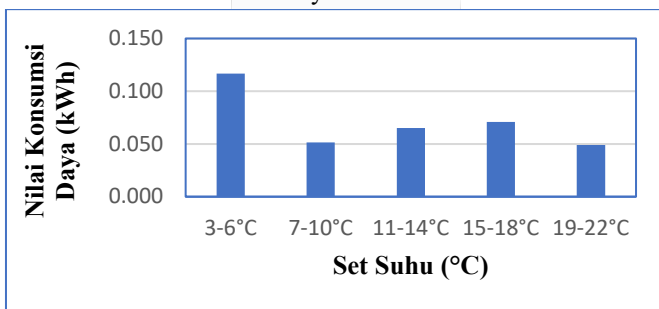
- Produksi Kondensat



GAMBAR 9
Grafik Produksi Kondensat

Grafik produksi aliran kondensat menunjukkan nilai yang sama pada setiap set suhu, yaitu sekitar 150 ml/s, bukan karena laju kondensasi benar-benar identik pada semua kondisi, melainkan akibat keterbatasan alat ukur yang digunakan. Volume timbel sebagai wadah penampung kondensat hanya berkapasitas 150 ml, sehingga berapapun kondensat yang sebenarnya terbentuk, hasil perhitungan laju produksi selalu didasarkan pada volume tetap tersebut. Dengan demikian, nilai laju yang diperoleh dan ditampilkan dalam grafik tidak menggambarkan variasi nyata akibat perubahan suhu, melainkan lebih mencerminkan konstanta dari volume penampung. Untuk mendapatkan gambaran yang lebih akurat mengenai pengaruh suhu terhadap laju kondensasi, diperlukan wadah dengan kapasitas lebih besar atau metode pengukuran kontinu yang dapat merekam perbedaan laju secara nyata.

- Total Konsumsi Daya

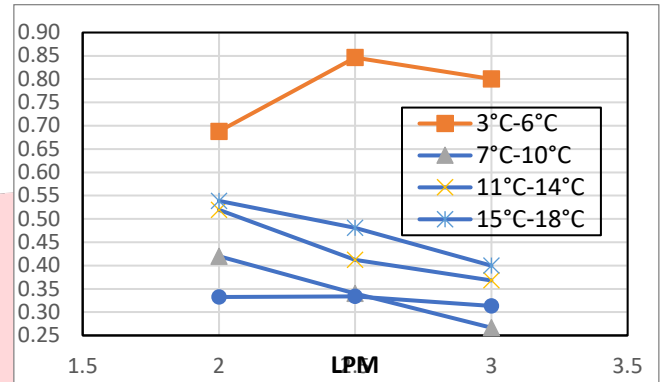


GAMBAR 10
Grafik Total Konsumsi Daya

Grafik nilai konsumsi daya memperlihatkan adanya perbedaan kebutuhan energi pada berbagai set suhu yang digunakan dalam sistem. Pada suhu terendah, yaitu 3–6 °C, konsumsi daya mencapai nilai tertinggi sekitar 0,116 kWh, yang menunjukkan bahwa sistem membutuhkan energi lebih besar untuk mempertahankan kondisi pendinginan pada suhu rendah. Ketika suhu dinaikkan ke 7–10 °C, konsumsi daya menurun drastis hingga sekitar 0,051 kWh, kemudian sedikit meningkat pada rentang 11–14 °C dan 15–18 °C dengan nilai masing-masing sekitar 0,065 kWh dan 0,071 kWh. Pada suhu tertinggi, yaitu 19–22 °C, konsumsi daya kembali turun hingga sekitar 0,049 kWh. Pola ini menunjukkan bahwa

beban pendinginan yang besar pada suhu rendah menyebabkan kebutuhan energi meningkat, sedangkan pada suhu tinggi konsumsi energi menurun karena beban pendinginan semakin ringan. Dengan demikian, grafik ini menegaskan bahwa konsumsi daya sistem sangat dipengaruhi oleh set suhu yang digunakan, di mana semakin rendah suhu yang ditargetkan maka semakin tinggi pula energi yang diperlukan.

- SEC



GAMBAR 11
Grafik COP

TABEL 2
Nilai SEC

Set suhu	Lpm	SEC
3-6°C	3	0.80
3-6°C	2.5	0.85
3-6°C	2	0.69
7-10°C	3	0.27
7-10°C	2.5	0.34
7-10°C	2	0.42
11-14°C	3	0.37
11-14°C	2.5	0.41
11-14°C	2	0.52
15-18°C	3	0.40
15-18°C	2.5	0.48
15-18°C	2	0.54
19-22°C	3	0.31
19-22°C	2.5	0.33
19-22°C	2	0.33

SEC (Specific Energy Consumption) memperlihatkan hubungan antara laju aliran (LPM) dengan nilai SEC pada berbagai set suhu. Terlihat bahwa tren grafik berbeda untuk suhu rendah (3–6 °C) dibandingkan dengan suhu yang lebih tinggi. Pada suhu 3–6 °C, nilai SEC relatif tinggi dan menunjukkan kenaikan dari 0,69 pada laju aliran 2 LPM hingga mencapai puncaknya sekitar 0,85 pada 2,5 LPM, kemudian sedikit menurun menjadi 0,80 pada 3 LPM. Hal ini mengindikasikan bahwa pada suhu rendah sistem membutuhkan energi spesifik yang lebih besar untuk menghasilkan pendinginan, sehingga efisiensinya rendah.

Sebaliknya, pada suhu yang lebih tinggi (7–10 °C hingga 19–22 °C), tren SEC cenderung menurun seiring dengan meningkatnya laju aliran. Misalnya, pada 15–18 °C nilai SEC turun dari sekitar 0,54 pada 2 LPM menjadi 0,40 pada 3 LPM, sedangkan pada suhu 19–22 °C nilai SEC tetap rendah dengan kisaran 0,33 hingga 0,31. Pola ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu operasi, semakin kecil energi spesifik yang dibutuhkan per satuan kapasitas pendinginan, sehingga sistem bekerja lebih efisien.

Secara keseluruhan, grafik ini menggambarkan bahwa beban kerja sistem pada suhu rendah menyebabkan SEC tinggi, sedangkan pada suhu tinggi nilai SEC lebih rendah dan semakin menurun dengan kenaikan laju aliran. Dengan demikian, pengoperasian pada suhu yang lebih tinggi dan laju aliran lebih besar cenderung menghasilkan efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan dengan suhu rendah.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan analisis kinerja sistem pendingin dengan pendekatan perhitungan dan pengolahan data yang didasarkan pada volume fluida kerja sebesar 150, sehingga laju aliran yang terbentuk berada pada kisaran 150 dan digunakan sebagai dasar perbandingan. Pendekatan ini dilakukan untuk memahami pengaruh laju aliran (LPM) dan variasi suhu operasi terhadap performa sistem, baik dari sisi efisiensi maupun konsumsi energi. Latar belakang dari penelitian ini adalah pentingnya mencari titik operasi optimal pada sistem pendingin, karena efisiensi termal yang tinggi belum tentu diikuti dengan kebutuhan energi yang rendah, sehingga diperlukan evaluasi yang menyeluruh. Tujuan utamanya adalah membandingkan nilai **Coefficient of Performance (COP)** dan **Specific Energy Consumption (SEC)** pada berbagai rentang suhu (3–6 °C, 7–10 °C, 11–14 °C, 15–18 °C, dan 19–22 °C) dengan laju aliran yang berbeda.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa grafik COP memperlihatkan tren penurunan nilai seiring dengan peningkatan laju aliran. COP tertinggi tercatat pada suhu 19–

22 °C dengan laju aliran rendah (2 LPM), yang menandakan bahwa sistem bekerja lebih efisien pada kondisi ini. Namun, semakin besar debit fluida yang dialirkan, efisiensi sistem cenderung menurun. Sebaliknya, grafik SEC menunjukkan bahwa pada suhu rendah (3–6 °C) nilai SEC lebih tinggi, bahkan mencapai puncaknya pada laju aliran 2,5 LPM, sedangkan pada suhu menengah hingga tinggi (11–22 °C) nilai SEC justru lebih rendah dan semakin menurun dengan bertambahnya laju aliran. Temuan ini memperlihatkan adanya **trade-off** antara COP dan SEC: kondisi yang menghasilkan COP tinggi tidak selalu memberikan SEC yang rendah, dan sebaliknya.

Secara keseluruhan, analisis ini menegaskan bahwa kinerja optimal sistem pendingin tidak hanya bergantung pada efisiensi termal, tetapi juga pada keseimbangan dengan konsumsi energi. Kondisi operasi yang disarankan adalah pada rentang suhu menengah hingga tinggi dengan laju aliran moderat, karena pada titik ini diperoleh keseimbangan antara COP yang cukup baik dan SEC yang relatif rendah. Dengan pendekatan ini, sistem pendingin dapat dioperasikan lebih efisien dan hemat energi, sesuai dengan tujuan pengembangan sistem hemat energi di bidang rekayasa termal.

REFERENSI

- [1] Y. A. Çengel, *Heat Transfer: A Practical Approach*, 2nd ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2003.
- [2] Suwari, Kotta H. Z., Buang Y., “Optimization of soxhlet extraction and physicochemical analysis of crop oil from seed kernel of Feun Kase (*Thevetia peruviana*)” AIP Conference Proceedings, 2017.
- [3] ASHRAE (2020). *ASHRAE Handbook – Refrigeration*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- [4] Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (7th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.