Pengaruh Jumlah *Solvent* Terhadap Temperatur *Suction Compressor* dan COP Pada *Propylene Refrigeration System* di *Gas Processing Facility* Jambaran Tiung Biru PT Pertamina EP Cepu

Frinko[a], Hendri Suryanto[a*]

[a] Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe, Jl. Kampus Ronggolawe No. 1 Mentul, Karangboyo, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah 58315

[*]hendrie_s@yahoo.com

Diterima : 29-12-2025 Direview : 30-12-2025 Diterbitkan : 31-12-2025

Intisari

Dalam industri minyak dan gas bumi, sistem pendinginan propilena (*propylene refrigeration system*) berperan penting dalam menjaga kestabilan temperatur proses, khususnya pada tahap pemisahan dan pemurnian gas alam. Salah satu faktor yang memengaruhi kinerja sistem ini adalah *flow solvent*, yaitu laju aliran pelarut hidrokarbon yang digunakan untuk membantu pemisahan komponen gas. Variasi *flow solvent* memengaruhi beban pendinginan, yang berdampak pada temperatur *suction compressor* dan nilai *Coefficient of Performance* (COP). Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh *flow solvent* terhadap temperatur *suction compressor* serta pengaruh temperatur tersebut terhadap COP pada sistem pendingin propilena di *Gas Processing Facility* Jambaran Tiung Biru PT Pertamina EP Cepu. Data operasi yang meliputi tekanan, temperatur, dan laju alir *solvent* dianalisis secara kuantitatif untuk menghitung COP berdasarkan parameter termodinamika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan *flow solvent* cenderung menaikkan temperatur *suction compressor*, yang diikuti oleh kenaikan nilai COP pada kondisi operasi tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa *flow solvent* memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi termal sistem. Dengan demikian, pengendalian parameter *flow solvent* dan temperatur *suction compressor* menjadi faktor penting dalam menjaga efisiensi energi dan kestabilan operasi sistem pendingin propilena.

Kata Kunci : *Flow solvent;* Temperatur *suction compressor*; *Propylene refrigeration system*; *Coefficient of Performance*; Sistem refrigerasi.

Abstract

In the oil and gas industry, the propylene refrigeration system plays an essential role in maintaining process temperature stability, particularly during the stages of gas separation and purification. One of the factors that influence the performance of this system is the flow solvent, which refers to the hydrocarbon solvent flow rate used to facilitate the separation of gas components. Variations in flow solvent affect the cooling load, which in turn impacts the compressor suction temperature and the Coefficient of Performance (COP) of the system. This study aims to analyze the effect of flow solvent on compressor suction temperature and the influence of suction temperature on the COP of the propylene refrigeration system at the Gas Processing Facility Jambaran Tiung Biru operated by PT Pertamina EP Cepu. Operational data, including pressure, temperature, and solvent flow rate, were analyzed quantitatively to calculate the COP based on thermodynamic parameters. The results indicate that an increase in flow solvent tends to raise the compressor suction temperature, followed by an increase in COP under certain operating conditions. This finding demonstrates that flow solvent has a significant effect on the thermal efficiency of the system. Therefore, controlling the flow solvent and suction temperature parameters is crucial to maintaining energy efficiency and operational stability of the propylene refrigeration system.

Keywords : *Flow solvent; Suction compressor temperature; Propylene refrigeration system; Coefficient of Performance; Refrigeration system.*

1. Pendahuluan

Industri minyak dan gas bumi merupakan salah satu sektor strategis yang berperan penting dalam penyediaan energi nasional. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi, pengelolaan lapangan gas secara efisien dan berkelanjutan menjadi prioritas utama. Salah satu proyek vital dalam penyediaan gas adalah *Gas Processing Facility* (GPF) Jambaran Tiung Biru (JTB) yang dikelola oleh PT Pertamina EP Cepu. Fasilitas ini berfungsi untuk mengolah gas dari Lapangan Jambaran Tiung Biru agar dapat memenuhi standar mutu gas jual (*sales gas*) yang dipasok ke jaringan transmisi nasional.

Dalam proses pengolahan gas bumi, sistem pendinginan memiliki peranan yang sangat penting. Berbagai tahapan pemisahan dan pemurnian hidrokarbon memerlukan kondisi temperatur rendah agar spesifikasi produk dapat tercapai (Arora, 2010). Untuk tujuan tersebut, GPF JTB mengoperasikan *propylene refrigeration system*, yaitu sistem pendingin berbasis refrigeran propilena (R-1270) yang dirancang untuk menjaga kestabilan operasi unit pengolahan gas (Sumardi dkk., 2021).

Selain sistem pendingin, salah satu komponen penting dalam proses pengolahan gas bumi adalah penggunaan *solvent* atau pelarut. *Solvent* berfungsi untuk membantu proses pemisahan komponen gas, terutama dalam unit *gas*

sweetening atau *dehydration*, di mana pelarut digunakan untuk mengikat senyawa-senyawa seperti karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), maupun uap air dari aliran gas mentah. Dalam sistem pendinginan berbasis propilena, *flow solvent* memiliki peran tidak langsung terhadap kinerja sistem, karena variasinya akan memengaruhi beban termal yang harus ditangani oleh sistem pendingin.

Ketika laju *flow solvent* meningkat, jumlah panas yang harus diserap oleh sistem pendingin juga bertambah, sehingga berpengaruh terhadap kondisi operasi evaporator dan temperatur *suction* kompresor. Kondisi ini secara langsung memengaruhi performa termodinamika sistem, termasuk nilai *Coefficient of Performance (COP)*. Oleh karena itu, pengendalian *flow solvent* menjadi salah satu aspek penting dalam menjaga efisiensi energi dan kestabilan sistem pendingin propilena di GPF JTB.

Pada sistem ini, kompresor berfungsi sebagai jantung utama yang menggerakkan sirkulasi refrigeran. Kompresor menaikkan tekanan refrigeran dari kondisi hisap (*suction*) menuju kondisi buang (*discharge*) sehingga memungkinkan refrigeran bersirkulasi menyerap panas dari proses. Karena bekerja secara kontinyu dan berkapasitas besar, kompresor menjadi salah satu peralatan dengan konsumsi energi terbesar di fasilitas pengolahan gas (Cengel & Boles, 2015).

Efisiensi kerja kompresor sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional, salah satunya adalah kondisi pada sisi *suction*. Parameter pada sisi *suction* menjadi penentu awal kualitas kerja kompresor dan berpengaruh langsung terhadap performa sistem refrigerasi (Dossat & Horan, 2002). Dengan kata lain, kondisi *suction* yang tepat akan mendukung tercapainya operasi yang efisien dan stabil, sedangkan kondisi yang tidak terkontrol dapat menimbulkan pemborosan energi maupun menurunkan keandalan operasi.

Isu efisiensi energi dalam industri migas semakin mendapat perhatian, terutama karena tingginya biaya operasional dan kebutuhan untuk menjaga keberlanjutan industri. Salah satu strategi yang dapat dilakukan adalah dengan mengoptimalkan parameter operasi pada peralatan proses, termasuk kompresor pada sistem refrigerasi. Dalam hal ini, kondisi *suction* — yang sangat dipengaruhi oleh variasi *flow solvent* — menjadi faktor penting yang perlu dipelajari secara lebih mendalam.

Penelitian mengenai pengaruh *flow solvent* terhadap temperatur *suction* dan *Coefficient of Performance* pada *propylene refrigeration system* di GPF JTB menjadi relevan karena hasilnya diharapkan mampu memberikan gambaran nyata mengenai hubungan antara kondisi operasi dengan efisiensi sistem (Jarungthammachote, 2025). Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh rekomendasi praktis yang berguna bagi upaya optimasi operasi, penghematan energi, serta peningkatan keandalan sistem refrigerasi di GPF JTB.

2. Kerangka Teori

2.1. Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Sumardi, dkk (2021) mengkaji performa sistem refrigerasi kompresi uap dengan menggunakan refrigeran R-1270 sebagai alternatif pengganti R-134a pada aplikasi kulkas dan *freezer* rumah tangga. Tujuan utama penelitian ini adalah menilai dampak penggunaan R-1270 terhadap *Coefficient of Performance* (COP), konsumsi daya listrik, serta waktu pencapaian suhu rendah. Metode yang digunakan berupa eksperimen lapangan dengan pengukuran kapasitas pendinginan, kerja kompresor, COP, konsumsi daya, dan waktu operasional pada interval 30 menit selama total 300 menit pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan R-1270 mampu meningkatkan COP sebesar 13–56% dan mengurangi konsumsi listrik sebesar 13,5–19% dibandingkan dengan R-134a. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa R-1270 lebih efisien secara energi dan berpotensi sebagai refrigeran ramah lingkungan untuk aplikasi rumah tangga.

Studi lain oleh Sumardi, dkk (2020) menitikberatkan pada evaluasi kinerja R-1270 sebagai pengganti R-32 dalam sistem pendingin ruangan residensial. Tujuan penelitian adalah membandingkan kinerja kedua refrigeran tersebut berdasarkan parameter COP, EER, konsumsi daya listrik, serta kebutuhan massa refrigeran. Metode yang digunakan adalah eksperimen langsung pada unit pendingin ruangan dengan variasi kondisi operasi pada tekanan *suction* 100 psig dan suhu lingkungan 25 °C. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa R-1270 mampu memberikan efisiensi konsumsi listrik sekitar 12,5% lebih baik dibandingkan R-32, serta membutuhkan massa refrigeran sekitar 53,5% lebih sedikit. Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa R-1270 dapat dijadikan alternatif efisien terhadap refrigeran sintetis pada aplikasi pendinginan ruangan rumah tangga.

Sementara itu, Jarungthammachote (2025) melakukan studi simulasi mengenai penggunaan campuran zeotropik R-744+R-1270 dan R-744+R-290 yang dilengkapi internal *heat exchanger* untuk aplikasi refrigeran rendah GWP. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi COP dan *Volumetric Refrigeration Capacity* (VRC) dari campuran tersebut pada berbagai komposisi serta kondisi operasi, dengan metode berupa analisis termodinamika berbasis perangkat lunak simulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran R-744+R-1270 memiliki COP rata-rata 16,5% lebih tinggi dan VRC rata-rata 12,2% lebih besar dibandingkan campuran R-744+R-290, serta tekanan *discharge* optimal yang lebih rendah sekitar 240 kPa. Kesimpulannya, campuran R-744+R-1270 dinilai lebih menjanjikan dalam meningkatkan efisiensi energi sekaligus mengurangi dampak lingkungan, sehingga potensial digunakan pada sistem pendingin masa depan.

2.2. Dasar Teori

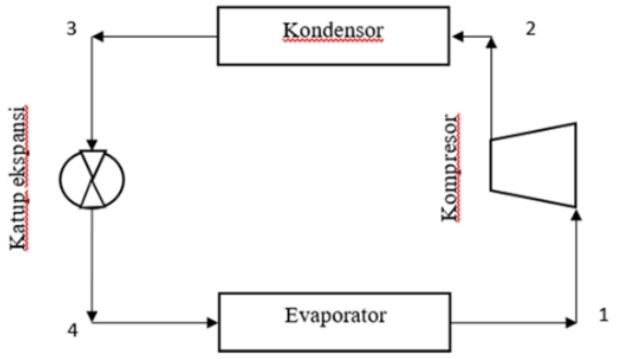
Sistem pendingin merupakan bagian penting dalam proses pengolahan gas bumi yang berfungsi untuk menjaga temperatur operasi agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Proses pendinginan ini bekerja berdasarkan prinsip perpindahan panas, di mana panas dipindahkan dari suatu fluida bertemperatur rendah menuju fluida lain yang bertemperatur lebih tinggi dengan bantuan energi dari luar, umumnya dalam bentuk kerja mekanis pada kompresor (Arora, 2010). Dalam konteks industri minyak dan gas, sistem pendingin digunakan untuk mempertahankan kestabilan operasi, mencegah kerusakan peralatan akibat panas berlebih, dan memastikan proses pemisahan hidrokarbon berat berjalan optimal.

Salah satu jenis sistem pendingin yang banyak digunakan dalam fasilitas pengolahan gas bumi adalah sistem pendingin propilena (*propylene refrigeration system*). Sistem ini menggunakan refrigeran propilena (R-1270), yaitu hidrokarbon tak jenuh yang memiliki sifat termodinamika unggul, tekanan kerja moderat, serta ramah lingkungan

karena memiliki nilai *Ozone Depletion Potential* (ODP) nol dan *Global Warming Potential* (GWP) yang sangat rendah (Sumardi dkk., 2021). Propilena mampu beroperasi pada kisaran temperatur rendah dengan efisiensi perpindahan panas yang tinggi, sehingga sangat sesuai digunakan dalam aplikasi industri seperti *Gas Processing Facility* (GPF) Jambaran Tiung Biru.

Dalam proses pengolahan gas bumi, sistem pendingin propilena memiliki peranan yang sangat penting, khususnya dalam menurunkan temperatur aliran gas dan pelarut *(solvent)* yang digunakan pada tahapan pemurnian. Pendinginan ini diperlukan untuk memfasilitasi proses kondensasi hidrokarbon berat serta meningkatkan efektivitas proses penyerapan *(absorpsi)* kontaminan seperti karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen sulfida (H_2S) pada unit *gas sweetening*. Dengan menurunkan temperatur *solvent*, kemampuan pelarut dalam mengikat gas-gas pengotor meningkat, sehingga gas hasil olahan dapat memenuhi standar mutu *sales gas*. Oleh karena itu, kestabilan temperatur pada sistem pendingin propilena berpengaruh langsung terhadap efisiensi proses pemurnian dan kualitas produk akhir.

Sistem pendingin propilena bekerja berdasarkan siklus kompresi uap (*vapor compression cycle*) yang terdiri dari empat komponen utama, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator. Pada tahap awal (nomor 4) refrigeran propilena dalam bentuk cair bertekanan rendah masuk ke evaporator dan menyerap panas dari aliran *solvent* atau gas proses, menyebabkan refrigeran menguap menjadi uap jenuh. Uap tersebut kemudian dihisap oleh kompresor (nomor 1), di mana tekanan dan temperaturnya dinaikkan secara signifikan akibat kerja mekanis. Selanjutnya, uap bertekanan tinggi dialirkan ke kondensor (nomor 2) untuk melepaskan panas ke media pendingin (biasanya air pendingin atau udara ambien), sehingga refrigeran kembali menjadi cair. Cairan propilena kemudian dialirkan melalui katup ekspansi (nomor 3), yang menurunkan tekanannya secara mendadak dan menghasilkan campuran cair-uap bertekanan rendah yang siap kembali ke evaporator. Keempat tahapan ini berlangsung secara berkesinambungan membentuk satu siklus pendinginan tertutup yang efisien.



Gambar 2.1 Diagram Proses Sistem Pendingin

Secara konseptual, proses kerja sistem pendingin propilena dapat dijelaskan melalui diagram proses. Aliran refrigeran propilena bersirkulasi dari evaporator menuju kompresor, lalu ke kondensor, dan kembali ke evaporator melalui katup ekspansi. Pada sisi beban panas, terdapat *solvent chiller* yang berfungsi sebagai titik perpindahan panas antara refrigeran dan pelarut. Panas dari *solvent* ditransfer ke refrigeran di evaporator, menyebabkan penurunan temperatur *solvent* hingga mencapai nilai operasi yang diinginkan. Refrigeran yang telah menyerap panas kemudian dikompresi dan dikondensasikan kembali untuk mengulangi siklus pendinginan.

Dengan demikian, sistem pendingin propilena berperan vital dalam menjaga kestabilan termal proses pengolahan gas bumi. Efisiensi dan kestabilan sistem sangat bergantung pada kondisi operasi, terutama temperatur *suction compressor* yang dipengaruhi oleh laju alir (*flow*) *solvent*. Peningkatan *flow solvent* umumnya akan meningkatkan beban panas yang diterima oleh sistem pendingin, sehingga berdampak pada perubahan temperatur *suction compressor* dan *Coefficient of Performance* (COP) kompresor.

2.2.1 Dasar-Dasar Refrigerasi

Refrigerasi pada dasarnya merupakan suatu proses pemindahan panas dari suatu ruang atau fluida pada temperatur rendah menuju lingkungan yang memiliki temperatur lebih tinggi dengan bantuan kerja dari luar. Prinsip ini bertolak belakang dengan arah alami perpindahan panas sehingga memerlukan energi tambahan, biasanya berupa kerja mekanis pada kompresor. Dalam konteks industri, sistem refrigerasi digunakan untuk menjaga stabilitas kondisi operasi sehingga kualitas produk dapat dipertahankan, khususnya pada industri pengolahan minyak dan gas di mana temperatur operasi menjadi faktor kritis (Arora, 2010).

Sistem refrigerasi yang paling banyak digunakan dalam industri adalah siklus kompresi uap. Siklus ini melibatkan empat komponen utama: evaporator, kompresor, kondensor, dan katup ekspansi. Proses ini bekerja dengan prinsip termodinamika di mana refrigeran mengalami perubahan fasa untuk menyerap dan melepaskan panas. Menurut Cengel & Boles (2015), efisiensi sistem refrigerasi sangat ditentukan oleh kondisi operasi komponen, khususnya pada sisi kompresor yang merupakan pusat konsumsi energi terbesar dalam siklus.

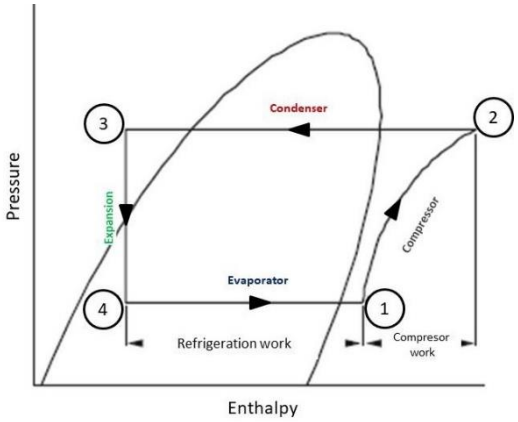
Selain aspek termodinamika, pemilihan jenis refrigeran juga menjadi faktor penting dalam sistem refrigerasi. Dossat & Horan (2002) menekankan bahwa sifat-sifat fisis refrigeran seperti tekanan kerja, kapasitas pendinginan, stabilitas kimia, dan dampak lingkungan berpengaruh langsung terhadap performa sistem secara keseluruhan. Dalam perkembangannya, pemilihan refrigeran yang ramah lingkungan seperti hidrokarbon semakin diprioritaskan, sejalan dengan tuntutan efisiensi energi dan keberlanjutan.

2.2.2. Siklus Kompresi Uap

Siklus kompresi uap (*vapor compression cycle*) merupakan siklus termodinamika yang paling banyak digunakan pada sistem refrigerasi, baik untuk aplikasi pendingin rumah tangga, pengkondisian udara, maupun fasilitas industri berskala besar seperti *Gas Processing Facility*. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan perubahan fase refrigeran untuk menyerap panas dari suatu ruang (evaporator) dan melepaskannya ke lingkungan (kondensor) melalui empat proses utama yang berulang.

Secara umum, siklus kompresi uap dapat digambarkan melalui diagram tekanan–entalpi (P–h), yang menunjukkan

hubungan antara tekanan (P) pada sumbu vertikal dengan entalpi (h) pada sumbu horizontal. Diagram ini memperlihatkan perubahan energi refrigeran pada tiap proses, serta menjadi alat bantu penting dalam analisis performa sistem.



Gambar 2.2 Diagram P-h Siklus Kompresi Uap

Penjelasan tiap proses berdasarkan diagram P–h:

1. Proses 1–2 (Kompresi Isentropik)

Refrigeran dalam bentuk uap jenuh tekanan rendah masuk ke kompresor pada titik 1. Kompresor menaikkan tekanannya hingga mencapai tekanan kondensasi di titik 2. Pada proses ini, entalpi meningkat signifikan, dan energi yang diperlukan berasal dari kerja mekanis kompresor.

2. Proses 2–3 (Kondensasi Isobarik)

Refrigeran uap bertekanan tinggi melewati kondensor dan melepaskan panas ke media pendingin (air atau udara). Pada titik 2–3, refrigeran berubah fase dari uap jenuh menjadi cair jenuh pada tekanan konstan. Proses ini ditunjukkan dengan penurunan entalpi yang besar.

3. Proses 3–4 (Ekspansi Isentalpik)

Refrigeran cair tekanan tinggi melewati katup ekspansi dan mengalami proses *throttling*, yaitu penurunan tekanan mendadak tanpa perubahan entalpi yang signifikan. Hasilnya adalah campuran cair–uap dengan tekanan rendah di titik 4.

4. Proses 4–1 (Evaporasi Isobarik)

Campuran cair–uap tersebut memasuki evaporator, di mana refrigeran menyerap panas dari ruang atau media yang didinginkan. Pada akhir proses, refrigeran menjadi uap jenuh tekanan rendah di titik 1, dan siklus kembali berulang.

Berikut tabel penjelasan proses siklus kompresi uap (1–2–3–4) sesuai diagram P–h:

Tabel 2.1 Proses pada Siklus Kompresi Uap

Proses	Deskripsi Proses	Perubahan yang Terjadi	Komponen yang Terlibat
1 → 2	Kompresi isentropik	Tekanan dan temperatur naik, entalpi meningkat	Kompresor
2 → 3	Pelepasan panas isobarik	Refrigeran melepas panas ke lingkungan, berubah dari uap jenuh menjadi cair jenuh	Kondensor
3 → 4	Ekspansi isentalpik	Tekanan turun drastis, sebagian cairan berubah menjadi campuran cair–uap	Katup Ekspansi
4 → 1	Penyerapan panas isobarik	Refrigeran menyerap panas dari ruang yang didinginkan, berubah menjadi uap jenuh	Evaporator

Setelah memahami alur proses siklus kompresi uap melalui diagram P–h dan tabel deskripsi, langkah berikutnya adalah melakukan analisis kuantitatif terhadap kinerja sistem. Analisis ini penting karena tidak hanya menunjukkan bagaimana refrigeran mengalami perubahan fase dan energi, tetapi juga memberikan gambaran seberapa efisien sistem bekerja dalam menghasilkan pendinginan. Salah satu parameter utama yang digunakan untuk menilai performa sistem refrigerasi adalah *Coefficient of Performance* (COP). Nilai COP menggambarkan perbandingan antara kapasitas pendinginan yang dihasilkan dengan energi atau daya yang dibutuhkan oleh kompresor. Dengan kata lain, COP menjadi indikator langsung efisiensi energi pada sistem refrigerasi berbasis kompresi uap.

Untuk menentukan *Coefficient of Performance* (COP) dapat menggunakan pendekatan termodinamika dan perhitungan kinerja kompresor. Langkah-langkah analisis sebagai berikut:

1. Menghitung kapasitas pendinginan pada evaporator dengan persamaan:
   $Qevap = \dot{m} \times (h1-h4)$
   Keterangan:
   - Qevap = kapasitas pendinginan pada evaporator (kW)
   - $\dot{m}$ = laju aliran massa refrigeran (kg/s)
   - h1 = entalpi refrigeran keluar evaporator (masuk kompresor) (kJ/kg)
   - h4 = entalpi refrigeran keluar katup ekspansi (masuk evaporator) (kJ/kg)
2. Menghitung konsumsi daya kompresor berdasarkan persamaan kerja kompresi dengan persamaan:
   $Wc = \dot{m} \times (h2-h1)$
   Keterangan:
   - Wc = daya kompresor (kW)
   - $\dot{m}$ = laju aliran massa refrigeran (kg/s)
   - h1 = entalpi refrigeran keluar evaporator (masuk kompresor) (kJ/kg)
   - h2 = entalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg)
3. Menghitung *Coefficient of Performance* (COP) dengan persamaan:
   COP = Qevap / Wc
   Keterangan:
   - COP = *Coefficient of Performance*
   - Qevap = kapasitas pendinginan pada evaporator (kW)
   - Wc = daya kompresor (kW)

Jika dihitung dari *enthalpy* siklus kompresi uap maka COP dapat dirumuskan sebagai berikut:

COP = (h1-h4)/(h2-h1)

Dengan keterangan titik (mengacu diagram P-h):

- h1 = entalpi refrigeran keluar evaporator (masuk kompresor) (kJ/kg)
- h2 = entalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg)
- h3 = entalpi refrigeran keluar kondensor (kJ/kg)
- h4 = entalpi refrigeran keluar katup ekspansi (masuk evaporator) (kJ/kg)

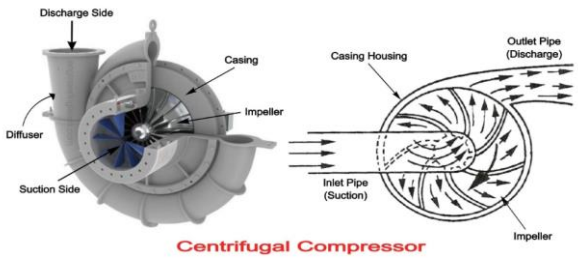
2.2.3. Kompresor pada Sistem Refrigerasi

Kompresor merupakan komponen utama dalam siklus refrigerasi berbasis kompresi uap. Fungsi utamanya adalah menaikkan tekanan dan temperatur refrigeran uap dari kondisi tekanan rendah di sisi evaporator menjadi tekanan lebih tinggi yang sesuai dengan kondisi kondensasi. Dengan demikian, kompresor berperan sebagai "jantung" sistem refrigerasi karena menentukan kontinuitas aliran refrigeran sekaligus besarnya kerja yang dibutuhkan untuk mempertahankan siklus pendinginan.

Secara prinsip, kompresor mengisap uap refrigeran dari evaporator pada tekanan dan temperatur rendah (*suction side*), kemudian menekannya hingga mencapai tekanan kondensasi (*discharge side*). Proses ini meningkatkan entalpi refrigeran, sehingga kompresor membutuhkan suplai energi dalam bentuk kerja mekanis yang biasanya diperoleh dari motor listrik atau turbin penggerak. Besarnya energi yang dikonsumsi kompresor inilah yang menjadi salah satu faktor penentu utama dalam penilaian efisiensi sistem, yang dievaluasi menggunakan parameter *Coefficient of Performance* (COP).

Terdapat beberapa jenis kompresor yang digunakan dalam sistem refrigerasi, antara lain kompresor torak (*reciprocating*), kompresor sekrup (*screw*), kompresor sentrifugal (*centrifugal*), dan kompresor *scroll*. Pemilihan jenis kompresor ditentukan oleh kapasitas pendinginan yang dibutuhkan, jenis refrigeran yang digunakan, serta karakteristik proses industri. Pada aplikasi skala besar seperti *Gas Processing Facility* (GPF), kompresor sentrifugal lebih banyak dipilih karena mampu menangani laju alir massa yang besar dengan tingkat keandalan dan efisiensi yang baik.

2.2.3.1 Komponen Utama Kompresor Sentrifugal



Gambar 2.3 Kompresor Sentrifugal

Kompresor sentrifugal terdiri dari beberapa komponen utama, baik bagian bergerak (*rotor*) maupun tetap (*stasioner*), yang bekerja secara sinergis untuk menaikkan tekanan fluida proses dan menjaga kestabilan operasional. Komponen-komponen tersebut meliputi:

1. *Suction Side*

Suction side merupakan bagian awal pada kompresor yang berfungsi sebagai jalur masuk fluida kerja (udara atau gas). Fluida yang masuk melalui *suction side* selanjutnya diarahkan menuju *impeller*. Pada tahap ini, peran utama *suction side* adalah memastikan aliran masuk berlangsung lancar sehingga proses peningkatan energi kinetik dapat terjadi secara optimal ketika fluida bersinggungan dengan *impeller* yang berputar dengan kecepatan tinggi.

2. *Impeller (Rotor)*

Impeller merupakan komponen inti pada kompresor maupun pompa yang berperan penting dalam peningkatan tekanan dan laju aliran fluida. *Impeller* berbentuk rotor yang berputar dengan kecepatan tinggi, dan melalui gerakan rotasionalnya, energi mekanik dari motor ditransfer menjadi energi fluida. Dengan demikian, *impeller* berfungsi sebagai penghubung utama antara energi penggerak dan energi yang diterima fluida dalam bentuk tekanan maupun kecepatan.

3. *Casing*

Casing adalah komponen yang memiliki fungsi utama sebagai penutup dan pelindung sistem internal kompresor. Selain itu, *casing* juga berperan dalam menjaga kestabilan tekanan serta mengarahkan aliran udara atau gas selama berlangsungnya proses kompresi. Dengan adanya *casing*, proses kompresi dapat berlangsung dengan lebih teratur dan efisien karena gangguan dari luar dapat diminimalisasi.

4. *Diffuser*

Diffuser berfungsi untuk mengubah energi kinetik fluida yang dihasilkan oleh *impeller* menjadi energi tekanan. Hal ini dicapai dengan memperlambat kecepatan aliran fluida, sehingga energi kinetik dikonversi menjadi energi tekanan. Proses ini sangat penting karena memastikan bahwa udara atau gas yang keluar dari *impeller* memiliki tekanan yang sesuai sebelum dialirkan menuju sisi keluaran (*discharge*).

5. *Discharge Side*

Discharge side merupakan bagian akhir dari sistem kompresor, yaitu jalur keluaran fluida yang telah mengalami proses kompresi. Pada tahap ini, udara atau gas dilepaskan dengan tekanan yang lebih tinggi dibandingkan saat memasuki sistem. Peran *discharge side* sangat penting dalam menyalurkan hasil kompresi agar dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan operasional sesuai tujuan perancangan sistem.

2.2.3.2. Prinsip Kerja Kompresor Sentrifugal

Kompresor sentrifugal adalah salah satu jenis kompresor dinamis yang bekerja dengan memanfaatkan gaya sentrifugal untuk meningkatkan tekanan fluida. Fluida (udara atau gas) masuk melalui *suction side*, kemudian diarahkan ke *impeller* yang berputar dengan kecepatan tinggi. Pada tahap ini energi mekanis dari poros kompresor ditransfer menjadi energi kinetik fluida.

Selanjutnya, fluida berkecepatan tinggi dialirkan menuju *diffuser*, di mana sebagian besar energi kinetik tersebut diubah menjadi energi tekanan melalui proses perlambatan aliran. Setelah itu, gas atau udara bertekanan keluar melalui *discharge side* dan digunakan sesuai kebutuhan dalam sistem proses.

Secara ringkas, prinsip kerja kompresor sentrifugal dapat dibagi ke dalam empat tahapan utama:

1. *Inlet (suction side)*: Fluida masuk ke kompresor melalui saluran hisap.
2. *Impeller*: Energi mekanis ditransfer ke fluida sehingga kecepatannya meningkat.
3. *Diffuser*: Energi kinetik fluida diubah menjadi energi tekanan.
4. *Outlet (discharge side)*: Fluida keluar dengan tekanan lebih tinggi.

Menurut Koolman & Spohr (2012) dalam buku *Compressors: Selection and Sizing*, kompresor sentrifugal bekerja berdasarkan prinsip konversi energi, di mana kecepatan fluida yang ditingkatkan oleh *impeller* kemudian diubah menjadi tekanan oleh *diffuser*.

Selain itu, Saeid Mokhatab, John Y. Mak, Jaleel V. Valappil, & David A. Wood (2013) dalam *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing* menegaskan bahwa performa kompresor sentrifugal sangat dipengaruhi

oleh desain *impeller* dan *diffuser*, karena kedua komponen tersebut menentukan seberapa efisien energi kinetik dapat dikonversi menjadi energi tekanan.

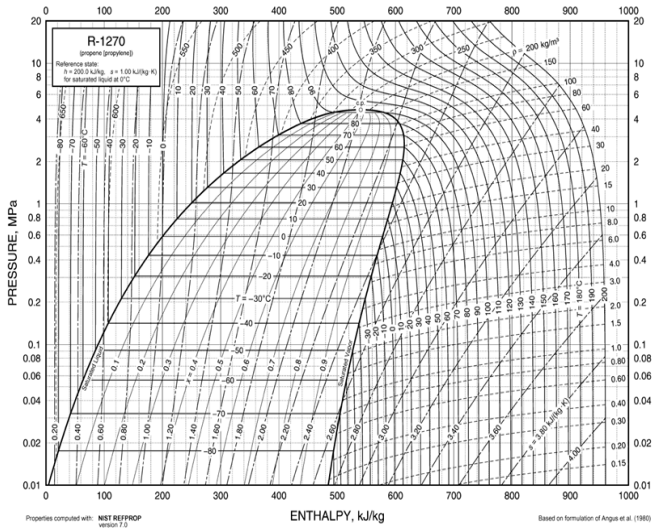
2.2.4. Refrigeran Propilena (R-1270)

Propilena atau R-1270 adalah refrigeran hidrokarbon yang digunakan secara luas dalam industri karena memiliki sifat termodinamika yang baik, tekanan operasi yang sesuai, dan dampak lingkungan rendah (tidak merusak ozon dan memiliki nilai GWP yang kecil). Nilai GWP (*Global Warming Potential*) pada propilena (R-1270) adalah ukuran seberapa besar gas tersebut berkontribusi terhadap pemanasan global dibandingkan dengan gas acuan, yaitu CO_2. Nilai GWP propilena yaitu sekitar 2, sehingga dampak terhadap pemanasan global hampir dapat diabaikan jika dibandingkan dengan refrigeran sintetis seperti HFC.

Dibandingkan refrigeran sintetis, propilena memberikan kinerja yang relatif tinggi dalam aplikasi pendinginan industri. Selain itu, propilena memiliki titik didih rendah dan tekanan kerja yang sesuai dengan aplikasi pendinginan gas alam, sehingga sangat cocok digunakan pada fasilitas pengolahan gas seperti GPF Jambaran Tiung Biru (Arora, 2010).

Dalam menganalisis kinerja suatu siklus refrigerasi, diagram *Pressure–enthalpy* (P–h) menjadi salah satu alat yang penting. Diagram ini menggambarkan hubungan antara tekanan dan entalpi pada berbagai kondisi termodinamika refrigeran, serta menunjukkan daerah cair, campuran jenuh, dan uap. Dengan bantuan diagram P–h, dapat dipetakan proses utama pada siklus kompresi uap seperti kompresi, kondensasi, ekspansi, dan evaporasi, sehingga memudahkan dalam mengevaluasi performa sistem refrigerasi yang menggunakan R-1270.

Berikut ditampilkan diagram *pressure–enthalpy* (P–h) untuk refrigeran propilena (R-1270).



Gambar 2.4 Diagram P-h Propilena (R-1270)

2.3. Koefisien Performa (Coefficient of Performance/COP)

Coefficient of Performance (COP) merupakan salah satu parameter terpenting dalam mengevaluasi kinerja sistem refrigerasi. COP didefinisikan sebagai perbandingan antara kapasitas pendinginan yang dihasilkan evaporator dengan daya yang dikonsumsi oleh kompresor untuk menghasilkan pendinginan tersebut.

Nilai COP menunjukkan tingkat efisiensi energi dari suatu sistem refrigerasi. Semakin besar nilai COP, maka semakin baik sistem dalam memanfaatkan energi untuk menghasilkan efek pendinginan. Dengan kata lain, sistem dengan COP tinggi mampu menghasilkan kapasitas pendinginan yang lebih besar dengan daya kompresor yang relatif kecil.

Dalam sistem refrigerasi berbasis kompresi uap, COP dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu temperatur dan tekanan *suction*, tekanan *discharge*, jenis refrigeran yang digunakan, serta kondisi termodinamika pada setiap komponen siklus. Temperatur *suction* yang rendah, misalnya, dapat meningkatkan kapasitas pendinginan karena perbedaan entalpi yang lebih besar pada sisi evaporator. Namun, kondisi tersebut juga dapat meningkatkan rasio kompresi dan memperbesar daya kompresor, sehingga efek bersih terhadap COP harus dianalisis secara cermat.

Selain itu, jenis refrigeran memiliki pengaruh signifikan terhadap COP. Refrigeran dengan sifat termodinamika yang baik, seperti propilena (R-1270), umumnya mampu menghasilkan COP yang lebih tinggi dibandingkan refrigeran sintetis dengan karakteristik perpindahan panas yang kurang efisien. Hal ini sejalan dengan tren penggunaan refrigeran hidrokarbon yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga memberikan kinerja energi yang lebih baik.

Secara praktis, COP juga menjadi dasar pertimbangan dalam desain, pengoperasian, dan pemeliharaan sistem pendingin industri. Nilai COP yang tinggi berimplikasi langsung pada penghematan energi, penurunan biaya operasional, serta peningkatan keandalan sistem. Sebaliknya, COP yang rendah menunjukkan adanya ketidakefisienan yang dapat disebabkan oleh ketidakstabilan kondisi operasi atau pengaturan parameter proses yang kurang optimal.

Dengan demikian, analisis terhadap pengaruh temperatur *suction* terhadap COP pada kompresor propilena sangat penting dilakukan, karena mampu memberikan gambaran kuantitatif mengenai efisiensi termodinamika sistem dan potensi peningkatan kinerja yang dapat dicapai melalui optimasi kondisi operasi.

3. Metodologi

3.1 Metode Penelitian

Langkah-langkah analisis sebagai berikut:

1. Menghitung *Coefficient of Performance* (COP) dengan dihitung dari enthalpy siklus kompresi uap dengan persamaan:

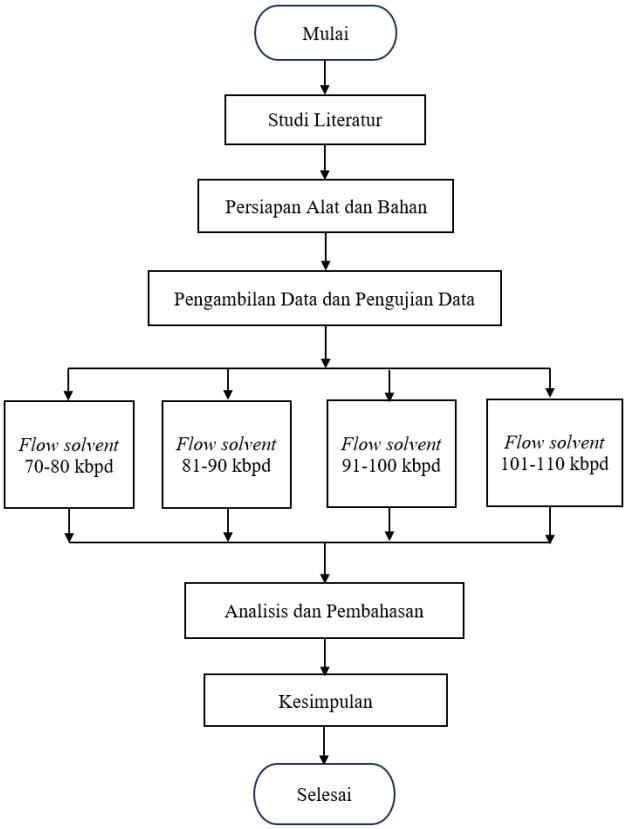
COP = (h1-h4)/(h2-h1)

Dengan keterangan titik (mengacu diagram P-h):

- h1 = entalpi refrigeran keluar evaporator (masuk kompresor) (kJ/kg)
- h2 = entalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg)
- h4 = entalpi refrigeran keluar katup ekspansi (masuk evaporator) (kJ/kg)

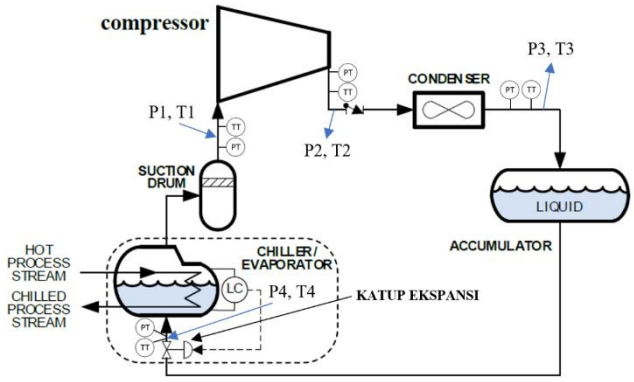
2. Menganalisis hubungan *flow solvent* terhadap temperatur *suction compressor* dan COP melalui grafik serta tabel hasil pengolahan data.

Berikut dicantumkan diagram alir penelitian:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Skema Alat Penelitian



Gambar 3.2 Skema Alat Penelitian

Keterangan :

1. *Suction Drum/Scrubber* adalah bejana yang digunakan untuk memisahkan cairan dari gas atau udara dalam proses industri sebelum gas atau udara dikompresi di kompresor untuk menghindari masuknya cairan ke dalam kompresor.
2. *Compressor* adalah peralatan yang digunakan untuk meningkatkan tekanan gas atau udara dengan cara mengurangi volumenya atau pemampatan.
3. *Condenser* adalah peralatan yang digunakan untuk menurunkan temperatur setelah gas atau udara dikompresi.
4. *Accumulator* adalah bejana untuk menampung *liquid refrigerant* setelah didinginkan oleh *condenser*.
5. Katup ekspansi adalah peralatan yang berfungsi untuk menurunkan tekanan dan mengatur aliran refrigeran cair dari kondensor menuju evaporator. Proses ini dilakukan melalui mekanisme *throttling*, yaitu pelepasan tekanan secara tiba-tiba tanpa perubahan entalpi yang signifikan, sehingga refrigeran cair bertekanan tinggi berubah menjadi campuran cair–uap bertekanan rendah sebelum memasuki evaporator.
6. *Chiller/Evaporator* adalah peralatan yang berfungsi sebagai tempat pertukaran panas antara *liquid refrigerant* dengan fluida yang akan didinginkan.

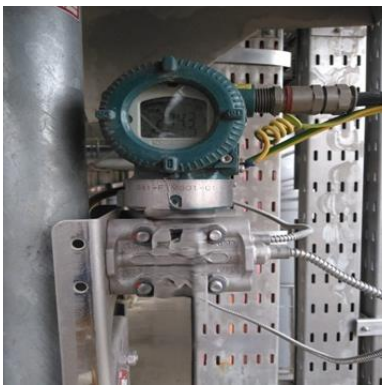
3.3 Alat Penelitian

1. Kompresor Skid



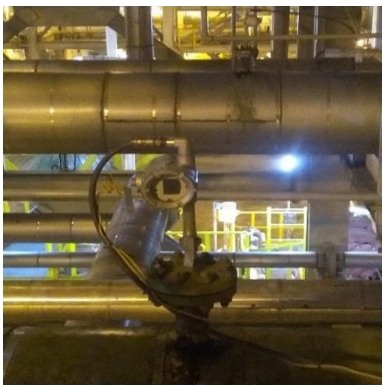
Gambar 3.3 Kompresor Skid

2. *Flow Transmitter*



Gambar 3.4 *Flow Transmitter*

3. *Temperature Transmitter*



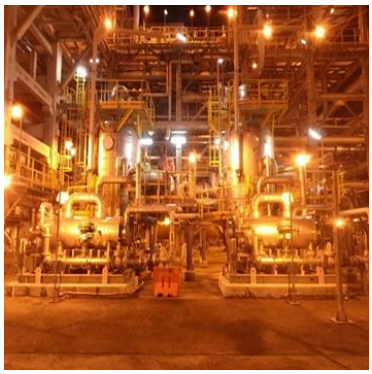
Gambar 3.5 *Temperature Transmitter*

4. *Pressure Transmitter*



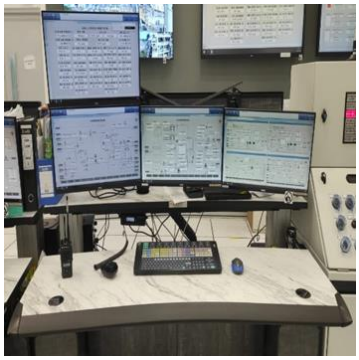
Gambar 3.6 *Pressure Transmitter*

5. *Suction Scrubber*



Gambar 3.1 *Suction Scrubber*

6. *Distributed Control System (DCS)*



Gambar 3.2 *Distributed Control System* (DCS)

7. *Unit Control Panel (UCP)*



Gambar 3.3 *Unit Control Panel* (UCP)

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

Berikut adalah tabel hasil penelitian yang terdiri dari variasi *flow solvent*, temperatur *solvent* sebelum *chiller,* temperatur *solvent* setelah *chiller, pressure* dan temperatur pada siklus sistem refrigerasi (T1, T2, T3, T4, P1, P2, P3, P4):

Tabel 4.1 Hasil Penelitian

Flow solvent (kbpd)	Temperatur *solvent* sebelum *chiller* (°F)	Temperatur *solvent* setelah *chiller* (°F)	Temperatur *suction compressor* atau T1 (°F)	P1 (psig)	T2 (°F)	P2 (psig)	T3 (°F)	P3 (psig)	T4 (°F)	P4 (psig)
70-80	79,2	38,7	-0,4	35	155,5	250	94	250	51	35
	79,4	38,6	0,9	35	150,4	250	96	250	52	35
	79,3	38,7	1,2	35	159,1	250	95	250	51,3	35
Rata-rata	79,3	38,67	0,56	35	155	250	95	250	51,5	35
81-90	84,3	40,1	10,13	35	164	250	97	250	52	35
	86,3	40,4	10,6	35	165,2	250	99	250	52	35
	86,7	40,2	10,4	35	162,8	250	98	250	52	35
Rata-rata	85,76	40,23	10,37	35	164	250	98	250	52	35
91-100	98,1	43,5	20	35	175	250	100	250	52	35
	98,4	43,8	19,8	35	172,9	250	100,8	250	52	35
	98,8	44,5	20,75	35	177,1	250	101	250	52	35
Rata-rata	98,43	43,93	20,18	35	175	250	100,6	250	52	35
101-110	103,6	45,6	29,75	35	185,4	250	106,5	250	52,5	35
	104,6	46,3	30,63	35	186,3	250	106,3	250	52,4	35
	105,8	46,4	29,9	35	183,3	250	106,6	250	52,5	35
Rata-rata	104,67	46,1	30,09	35	185	250	106,47	250	52,4	35

Tabel di atas masih menggunakan satuan *pressure* yaitu psig dan satuan temperatur yaitu °F. Dikarenakan diagram P-h Propilena menggunakan satuan *pressure* MPa dan satuan temperatur °C maka dibuatkan tabel konversinya. Berikut tabel konversi satuan dari Tabel 4.1 Hasil Penelitian:

Tabel 4.2 Hasil Penelitian (Konversi Satuan)

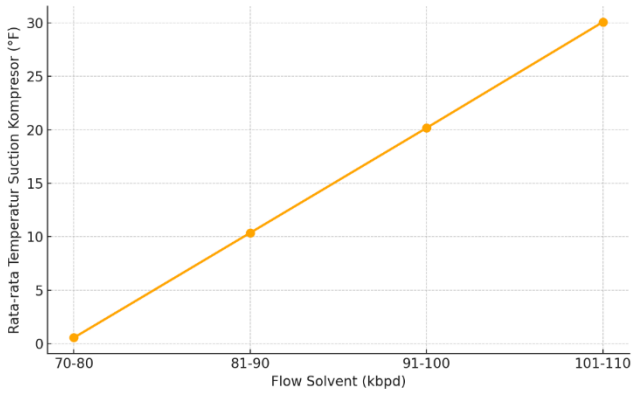
Flow solvent (kbpd)	Temperatur *solvent* sebelum *chiller* (°C)	Temperatur *solvent* setelah *chiller* (°C)	Temperatur *suction compressor* atau T1 (°C)	P1 (MPa)	T2 (°C)	P2 (MPa)	T3 (°C)	P3 (MPa)	T4 (°C)	P4 (MPa)
70-80	26,2	3,72	-18	0,24	68,61	1,72	34,44	1,72	10,56	0,24
	26,3	3,67	-17,28	0,24	65,78	1,72	35,56	1,72	11,11	0,24
	26,28	3,72	-17,11	0,24	70,61	1,72	35	1,72	10,73	0,24
Rata-rata	26,28	3,7	-17,47	0,24	68,33	1,72	35	1,72	10,83	0,24
81-90	29	4,5	-12,15	0,24	73,33	1,72	36,11	1,72	11,11	0,24
	30,17	4,67	-11,89	0,24	74	1,72	37,22	1,72	11,11	0,24
	30,39	4,56	-12	0,24	72,67	1,72	36,67	1,72	11,11	0,24
Rata-rata	29,87	4,57	-12	0,24	73,33	1,72	36,67	1,72	11,11	0,24
91-100	36,72	6,39	-6,67	0,24	79,44	1,72	37,78	1,72	11,11	0,24
	36,89	6,56	-6,78	0,24	78,28	1,72	38,22	1,72	11,11	0,24
	37,11	6,94	-6,25	0,24	80,61	1,72	38,33	1,72	11,11	0,24
Rata-rata	36,9	6,62	-6,57	0,24	79,44	1,72	38,11	1,72	11,11	0,24
101-110	39,78	7,56	-1,25	0,24	85,22	1,72	41,39	1,72	11,38	0,24
	40,3	7,94	-0,76	0,24	85,72	1,72	41,28	1,72	11,33	0,24
	141	8	-1,17	0,24	84,05	1,72	41,44	1,72	11,38	0,24
Rata-rata	40,37	7,83	-1,06	0,24	85	1,72	41,37	1,72	11,37	0,24

Keterangan:
P1 : *Pressure* refrigeran masuk kompresor (*suction compressor)*
T1 : *Temperature* refrigeran masuk kompresor (*suction compressor)*
P2 : *Pressure* refrigeran keluar kompresor (*discharge compressor)*
T2 : *Temperature* refrigeran keluar kompresor (*discharge compressor)*
P3 : *Pressure* refrigeran keluar kondensor (*outlet condenser)*
T3 : *Temperature* refrigeran keluar kondensor (*outlet condenser)*
P4 : *Pressure* refrigeran keluar katup ekspansi (*expansion valve*)
T4 : *Temperature* refrigeran keluar katup ekspansi (*expansion valve*)

Catatan :
P1 : Nilai sama karena sebagai *set point* kondisi operasi.
T1 : Nilai berbeda karena sebagai variabel bebas.
P2 : Nilai sama karena sebagai *set point* kondisi operasi.
T2 : Nilai diambil dari Juni-Agustus 2025.
P3 : Nilai sama karena sebagai *set point* kondisi operasi.
T3 : Nilai diambil dari Juni-Agustus 2025.
P4 : Nilai sama karena sebagai *set point* kondisi operasi.
T4 : Nilai diambil dari Juni-Agustus 2025.

4.1.1 Pengaruh Variasi Flow Solvent Terhadap Temperatur Suction Compressor

Untuk memvisualisasikan hubungan antarvariabel, maka dibuatkan grafik hubungan antara *flow solvent* terhadap rata-rata temperatur *suction compressor*:



Gambar 4.1 Grafik *flow solvent* vs rata-rata temperatur *suction compressor*

4.1.2 Pengaruh Variasi Flow Solvent Terhadap Nilai Coefficient of Performance (COP)

Untuk mencari nilai *Coefficient of Performance* (COP) dapat dihitung dari *enthalpy* siklus kompresi uap dengan persamaan:

COP = (h1-h4)/(h2-h1)

Dengan keterangan titik (mengacu diagram P-h):

- h1 = entalpi refrigeran keluar evaporator (masuk kompresor) (kJ/kg)
- h2 = entalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg)
- h4 = entalpi refrigeran keluar katup ekspansi (masuk evaporator) (kJ/kg)

Pada Tabel 4.1 Hasil Penelitian didapatkan ringkasan sebagai berikut:

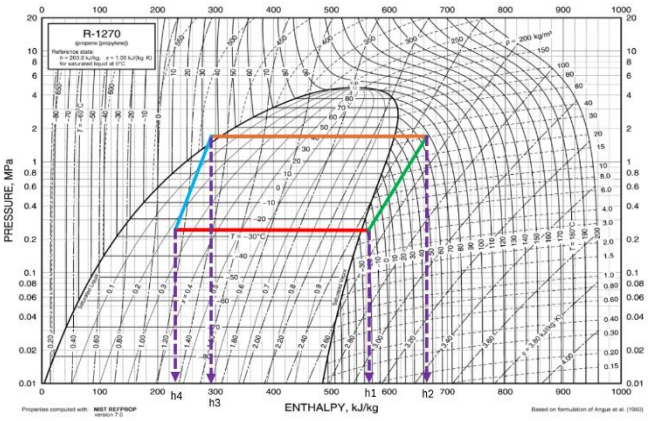
1. Pada *flow solvent* 70-80 kbpd didapatkan rata-rata temperatur *suction compressor* di 0,56 °F.
2. Pada *flow solvent* 81-90 kbpd didapatkan rata-rata temperatur *suction compressor* di 10,37 °F.
3. Pada *flow solvent* 91-100 kbpd didapatkan rata-rata temperatur *suction compressor* di 20,18 °F.
4. Pada *flow solvent* 101-110 kbpd didapatkan rata-rata temperatur *suction compressor* di 30,09 °F.

Berikut ini contoh perhitungan untuk menentukan nilai COP:

- *Flow solvent* 70-80 kbpd

Pada *flow solvent* 70-80 kbpd, temperatur *suction compressor* (T1) : 0,56 °F (-17,47 °C), P1 : 0,24 MPa, P2 : 1,72 MPa, T2 : 68,33 °C, P3 : 1,72 MPa, T3 : 35 °C, P4 : 0,24 MPa, T4 : 10,83 °C.

Untuk mencari nilai h1, h2, dan h4 maka diperlukan diagram P-h propilena. Berikut gambar diagram propilena pada kondisi parameter di atas:



Gambar 4.2 Diagram P-h pada *flow solvent* 70-80 kbpd

Untuk mendapatkan nilai h1, h2, dan h4 maka ditarik garis lurus ke bawah. Pada gambar tersebut nilai h1 : 565 kJ/kg, h2 : 665 kJ/kg, h4 : 230. Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai COP yaitu sebagai berikut:

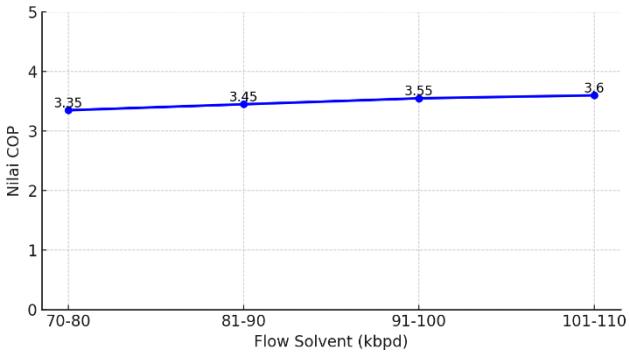
COP = (h1-h4)/(h2-h1)
= (565-230)/(665-565)
= 3,35

Dengan cara yang sama seperti perhitungan di atas maka diperoleh nilai COP untuk nilai flow solvent yang lain seperti ditampilkan pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 *Flow solvent* vs nilai COP

	Flow solvent (kbpd)			
	70-80	81-90	91-100	101-110
Nilai COP	3,35	3,45	3,55	3,6

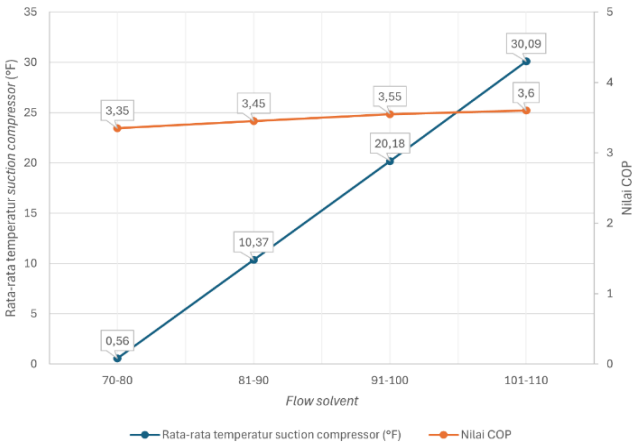
Dalam tampilan grafik nilai COP untuk variasi nilai flow solvent di atas seperti ditunjukkan pada gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 Grafik *flow solvent* vs nilai COP

4.2 Analisis dan Pembahasan

Berikut grafik *flow solvent* vs rata-rata temperatur *suction conpressor* & nilai COP:



Gambar 4.4 Grafik *flow solvent* vs rata-rata temperatur *suction compressor* & nilai COP

4.2.1 Pengaruh Variasi Flow Solvent Terhadap Temperatur Suction Compressor

Berdasarkan data hasil pengamatan, peningkatan *flow solvent* menunjukkan tren kenaikan temperatur *suction compressor*. Hal ini terjadi karena peningkatan laju alir *solvent* menyebabkan beban panas yang harus diserap oleh refrigeran di evaporator bertambah. Dengan beban panas yang lebih tinggi, refrigeran menyerap lebih banyak energi sebelum mencapai kondisi uap jenuh pada *suction* line, sehingga temperatur refrigeran di sisi hisap meningkat.

Fenomena ini sejalan dengan teori perpindahan panas yang dikemukakan oleh Arora (2010), di mana peningkatan beban pendinginan berbanding lurus dengan kenaikan temperatur refrigeran pada titik hisap kompresor. Secara operasional, hal ini juga menunjukkan bahwa *flow solvent* yang terlalu rendah menyebabkan refrigeran mengalami pendinginan berlebih, sedangkan *flow solvent* yang terlalu tinggi dapat meningkatkan temperatur hisap yang cukup signifikan.

Kondisi ini harus dikontrol secara tepat, karena jika temperatur *suction* terlalu rendah, potensi pembentukan *liquid* (level) di *scrubber* akan meningkat, hal itu sangat dihindari karena jika terbentuk *liquid* di *scrubber* hingga kena batas alarm *high-high level* akan mematikan operasi *propylene refrigeration system* sedangkan jika temperatur *suction* terlalu tinggi, maka temperatur *discharge compressor* juga akan tinggi, hal itu juga sangat dihindari karena akan mematikan operasi *propylene refrigeration system*. Oleh karena itu, terdapat *range* optimum *flow solvent* yang menghasilkan temperatur *suction* paling sesuai dengan kondisi desain sistem refrigerasi propilena di GPF JTB.

4.2.2 Pengaruh Variasi Flow Solvent Terhadap Nilai Coefficient of Performance (COP)

Variasi *flow solvent* memiliki pengaruh langsung terhadap kinerja sistem refrigerasi, yang tercermin pada perubahan nilai *Coefficient of Performance* (COP). Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan, nilai COP meningkat seiring bertambahnya laju alir *flow solvent* dari 70–110 kbpd, seperti ditunjukkan pada grafik hubungan antara *flow solvent* dan nilai COP.

Kenaikan *flow solvent* menyebabkan peningkatan beban panas yang diserap oleh sistem pendingin. Dengan bertambahnya beban pendinginan, sistem merespons melalui peningkatan sirkulasi refrigeran propilena (R-1270) di dalam evaporator untuk menjaga kesetimbangan termal. Meskipun hal ini berpotensi menaikkan temperatur *suction compressor*, efisiensi sistem justru meningkat karena kapasitas pendinginan bertambah lebih besar dibanding peningkatan daya yang dibutuhkan kompresor.

Secara kuantitatif, hasil pengujian menunjukkan tren peningkatan COP dari 3,35 pada *flow solvent* 70–80 kbpd menjadi 3,6 pada *flow solvent* 101–110 kbpd. Peningkatan ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan laju *flow solvent* sebesar 10 kbpd memberikan kenaikan efisiensi termodinamika sistem sekitar 0,1 dan 0,05 satuan COP. Hubungan tersebut bersifat linier dalam rentang operasi yang diamati, mengindikasikan sistem masih berada pada zona operasi yang stabil dan efisien.

Fenomena ini juga sejalan dengan teori sistem kompresi uap, di mana efisiensi maksimum dicapai saat keseimbangan antara beban pendinginan dan kerja kompresor berada pada titik optimum (Cengel & Boles, 2015). Pada kondisi *flow solvent* yang terlalu rendah, COP menurun karena kapasitas pendinginan tidak termanfaatkan secara optimal, sedangkan *flow solvent* yang terlalu tinggi berpotensi meningkatkan tekanan sistem dan beban kompresor secara berlebihan.

Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan *flow solvent* dalam batas operasi yang direkomendasikan berdampak positif terhadap efisiensi sistem. Nilai COP tertinggi tercapai pada *flow solvent* 101–110 kbpd, yang menunjukkan titik operasi paling efisien untuk sistem *propylene refrig*eration di GPF JTB.

4.2.3 Evaluasi Kinerja Sistem

Evaluasi kinerja dilakukan untuk menilai pengaruh variasi *flow solvent* terhadap performa keseluruhan sistem refrigerasi propilena di *Gas Processing Facility* (GPF) Jambaran Tiung Biru. Berdasarkan hasil analisis, peningkatan *flow solvent* terbukti menyebabkan kenaikan temperatur *suction compressor* serta peningkatan nilai *Coefficient of Performance* (COP).

Kenaikan temperatur *suction* menunjukkan adanya peningkatan beban panas yang diserap oleh sistem pendingin. Namun, dalam rentang operasi 70–110 kbpd, sistem masih mampu beroperasi stabil tanpa menimbulkan gangguan signifikan. Nilai COP yang meningkat dari 3,35 menjadi 3,6

mengindikasikan bahwa sistem bekerja lebih efisien pada laju alir *flow solvent* yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan, hubungan antara *flow solvent*, temperatur *suction,* dan COP menunjukkan bahwa sistem mencapai efisiensi optimum pada kondisi *flow solvent* tinggi namun masih dalam batas operasi aman. Pengendalian laju *flow solvent* secara tepat menjadi kunci dalam mempertahankan efisiensi energi dan keandalan sistem pendingin propilena di fasilitas ini.

Hasil dan Pembahasan dibuat dengan perbandingan dari artikel-artikel yang sudah terbit.

Hasil dan pembahasan diungkapkan dengan padat dan jelas kerangka keilmuan yang diperoleh, bukan merupakan barisan tabel data atau gambar.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh *flow solvent* terhadap temperatur *suction compressor* dan *Coefficient of Performance* (COP) pada sistem refrigerasi propilena di *Gas Processing Facility* (GPF) Jambaran Tiung Biru PT Pertamina EP Cepu, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh *Flow Solvent* terhadap Temperatur *Suction Compressor*

Peningkatan *flow solvent* menyebabkan kenaikan temperatur *suction* pada kompresor. Hal ini terjadi karena meningkatnya beban panas yang diserap oleh sistem pendingin, sehingga refrigeran propilena (R-1270) yang masuk ke sisi *suction* memiliki temperatur yang lebih tinggi. Meskipun demikian, perubahan ini masih berada dalam batas operasi yang aman dan tidak menimbulkan gangguan signifikan terhadap tekanan sistem maupun daya kompresor.

2. Pengaruh *Flow Solvent* terhadap *Coefficient of Performance* (COP)

Nilai *Coefficient of Performance* (COP) meningkat seiring bertambahnya *flow solvent*. Peningkatan ini menunjukkan bahwa sistem bekerja lebih efisien pada laju alir pelarut yang lebih tinggi karena kapasitas pendinginan yang dihasilkan meningkat lebih besar dibandingkan dengan peningkatan daya kompresor. Dalam rentang operasi 70–110 kbpd, nilai COP meningkat dari sekitar 3,35 menjadi 3,6.

3. Evaluasi Kinerja Sistem

Berdasarkan hubungan antara *flow solvent*, temperatur *suction*, dan COP, sistem refrigerasi propilena di GPF Jambaran Tiung Biru bekerja paling efisien pada kondisi *flow solvent* tinggi, yaitu antara 91–110 kbpd. Pada rentang ini, temperatur *suction compressor* berada dalam kondisi stabil dan nilai COP mencapai titik maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa pengaturan *flow solvent* yang tepat dapat meningkatkan efisiensi energi dan menjaga keandalan operasi sistem pendingin.

4. Implikasi Operasional

Penelitian ini menunjukkan bahwa *flow solvent* merupakan variabel kontrol penting dalam menjaga efisiensi sistem pendingin industri berbasis propilena. Pengaturan laju *flow solvent* yang optimal dapat membantu mengurangi konsumsi energi, menekan biaya operasional, serta memperpanjang umur kompresor dan peralatan pendukung lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pimpinan dan sivitas akademika Program Studi S-1 Teknik Mesin STT Ronggolawe Cepu atas dukungan akademik, bimbingan, serta fasilitas yang diberikan selama proses penelitian. Penghargaan juga disampaikan kepada PT Pertamina EP Cepu JTB *Field* selaku lokasi penelitian atas izin, kerja sama, serta penyediaan data teknis dan fasilitas pendukung yang memungkinkan penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Selain itu, penulis menyampaikan apresiasi kepada dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, serta seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, masukan, dan dukungan selama proses penelitian. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapannya di bidang teknik mesin, khususnya dalam sistem *propylene refrigeration* di industri minyak dan gas.

Daftar Pustaka

API Standard 617 (2014) *Axial and centrifugal compressors and expander-compressors for petroleum, chemical and gas industry services*. American Petroleum Institute.

Arora, C.P. (2009) *Refrigeration and air conditioning*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.

Arora, C.P. (2010) *Refrigeration and air conditioning*. 3rd edn. New Delhi: Tata McGraw-Hill.

Boyce, M.P. (2012) *Centrifugal compressors: A basic guide*. Tulsa: PennWell.

Cengel, Y.A. and Boles, M.A. (2015) *Thermodynamics: An engineering approach*. 8th edn. New York: McGraw-Hill Education.

Creswell, J.W. (2014) *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. 4th edn. Thousand Oaks: Sage Publications.

Dossat, R.J. and Horan, T.J. (2002) *Principles of refrigeration*. 5th edn. Upper Saddle River: Prentice Hall.

Eastop, T.D. and McConkey, A. (2009) *Applied thermodynamics for engineering technologists*. Harlow: Pearson Education.

Jarungthammachote, S. (2025) 'Performance evaluation of zeotropic mixtures R744+R1270 and R744+R290 with internal heat exchanger for low GWP refrigerants', *International Journal of Thermodynamics*, 28(1), pp. 22–32.

Koolman, A. and Spohr, C. (2012) *Compressors: Selection and sizing*. Oxford: Gulf Professional Publishing.

Kurz, R. and Brun, K. (2012) *Gas turbine theory and centrifugal compressor applications*. New York: ASME Press.

Mokhatab, S., Mak, J.Y., Valappil, J.V. and Wood, D.A. (2013) *Handbook of natural gas transmission and processing*. Oxford: Gulf Professional Publishing.

Sumardi, R., Nahadi and Mutaufiq, A. (2020) 'Experimental performance study of a small wall room air conditioner retrofitted with R290 and R1270', *International Journal of Refrigeration*.

Sumardi, R., Berman, A. and Mutaufiq, A. (2021) 'The performance of vapor compression refrigeration system using R-1270 as alternative refrigerant', *Jurnal Wahana Listrik*, 6(1), pp. 31–40.

Zaghloul, M. and Jacobson, W. (2022) *Refrigeration compressor basics for the oil and gas industries*.