

# Simulasi Siklus Refrijerasi Satu, Dua, dan Tiga Tahap dengan HYSYS 3.2.

Aditya Putranto  
Jurusan Teknik Kimia  
Universitas Katolik Parahyangan  
Jalan Ciembuleuit 94 Bandung  
Email: adityaptr@yahoo.com

## Abstract

Penggunaan siklus refrijerasi semakin meningkat dalam industri kimia untuk penyediaan chilled water. Pada makalah ini disimulasikan siklus refrijerasi satu tahap, dua tahap, dan tiga tahap dengan HYSYS 3.2. Beberapa data dimasukkan agar tercapai derajat kebebasan (degree of freedom) sama dengan 0. Neraca massa dan energi dihitung dengan bantuan software HYSYS 3.2. dan diamati profil beban kondensor, kompresor, dan evaporator terhadap berbagai variable yang berpengaruh. Berdasarkan hasil simulasi, beban kondensor, evaporator, dan kompresor dipengaruhi oleh tekanan kondensor, tekanan evaporator, dan tekanan interstage.

**Kata kunci:** refrijerasi, kondensor, evaporator

## Pendahuluan

Berbagai macam siklus juga diaplikasikan dalam pabrik kimia antara lain siklus Rankine, siklus Brayton, siklus Diesel, dan siklus refrijerasi. Siklus refrijerasi dimanfaatkan dalam pabrik kimia untuk penyediaan chilled water. Terdapat beberapa macam siklus refrijerasi meliputi siklus refrijerasi sederhana dan multistage. Pemanfaatan siklus refrijerasi multistage perlu dieksplorasi lebih lanjut mengingat manfaat dalam COP (Coefficient of Performance). Pada makalah ini dibahas pengaruh berbagai variabel terhadap beban kondensor dan evaporator.

## Metodologi Simulasi

Simulasi dilakukan dengan software HYSYS 3.2. Pada makalah ini, disimulasikan siklus refrijerasi satu tahap, dua tahap, dan tiga tahap. Skema siklus refrijerasi satu tahap sebagai berikut:

- Evaporator: 50 kPa
- Kondensor: 500 kPa
- Kompresor
- JT Valve

Skema siklus refrijerasi dua tahap sebagai berikut:

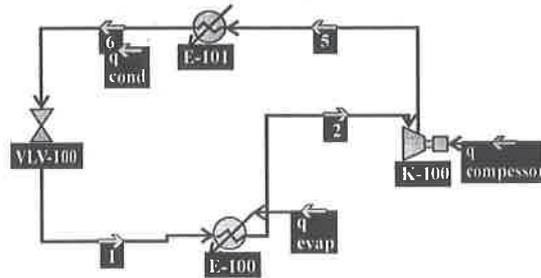
- Evaporator: 50 kPa
- Kondensor: 500 kPa
- Kompresor
- JTV valve 1 dengan tekanan interstage 250 kPa
- JTV valve 2

Skema siklus refrijerasi tiga tahap sebagai berikut :

- Evaporator: 50 kPa
- Kondensor: 500 kPa
- Kompresor
- JTV valve 1 dengan tekanan interstage 300 kPa
- JTV valve 2 dengan tekanan interstage 150 kPa

Laju alir molar refrijeran Freon R-12 adalah 100 kmol/jam. Berdasarkan data masukan tersebut, dapat dilakukan neraca massa dan energi untuk sistem refrijerasi sehingga dapat dihitung beban kondensor, kompresor, dan evaporator. Selain itu dilakukan pula simulasi pengaruh tekanan evaporator, tekanan kondensor, tekanan interstage, dan laju alir molar terhadap beban kondensor, evaporator, dan kompresor.

## Hasil Simulasi Siklus Refrijerasi Satu Tahap

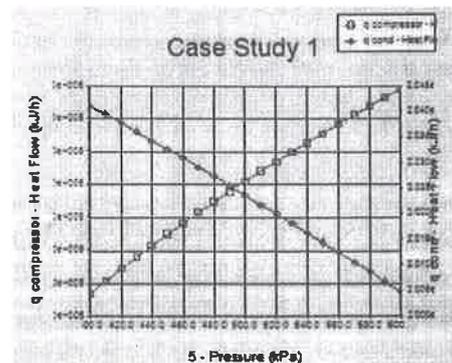


Gambar 1. Siklus Refrijerasi satu tahap

Siklus refrijerasi satu tahap ditunjukkan pada gambar di atas yang terdiri dari kompresor, kondensor, JTV valve, dan evaporator. Sebagai masukan pada siklus refrijerasi di atas adalah:

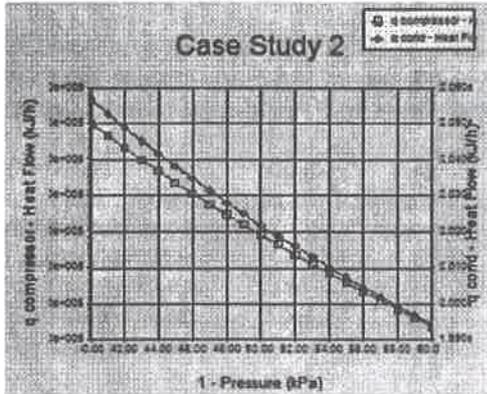
- Laju molar refrijeran (Freon R-22): 100 kmol/jam
- Tekanan kondensor: 500 kPa
- Tekanan evaporator: 50 kPa
- Kondisi keluaran kondensor: cair jenuh
- Kondisi keluaran evaporator: uap jenuh

Berdasarkan kondisi tersebut, dilakukan simulasi serta dilakukan studi kasus untuk melihat pengaruh beberapa variabel terhadap beban kondensor dan beban kompresor. Hasil simulasi studi kasus pengaruh variabel tersebut dapat diamati pada gambar-gambar di bawah ini.



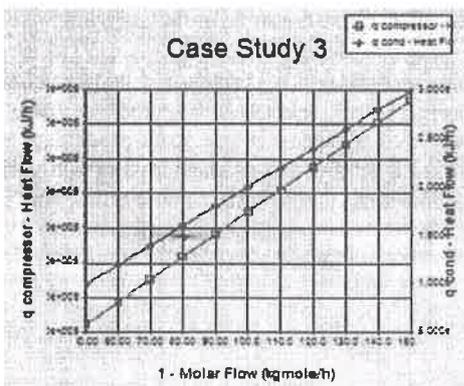
Gambar 2. Profil beban kondensor dan kompresor terhadap tekanan kondensor

Gambar di atas menunjukkan hubungan antara tekanan kondensor terhadap beban kondensor dan kompresor. Dapat diamati bahwa peningkatan tekanan kondensor meningkatkan beban kompresor karena beda tekanan antara evaporator dan kondensor menjadi makin besar (tekanan evaporator tetap). Selain itu, peningkatan tekanan kondensor menurunkan beban kondensor karena tekanan yang makin tinggi mengakibatkan panas pengembunan yang makin kecil.



Gambar 3. Profil beban kompresor dan evaporator terhadap tekanan evaporator

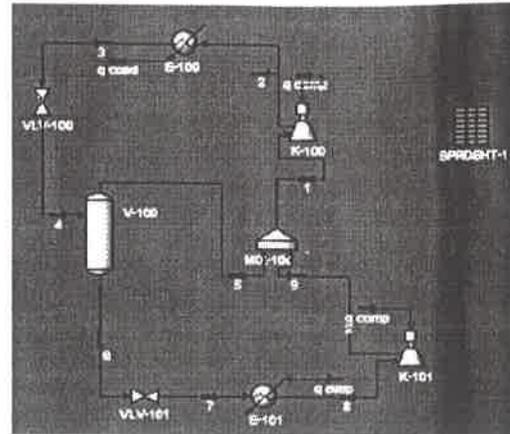
Gambar di atas menunjukkan hubungan antara beban kompresor dan kondensor terhadap berbagai tekanan evaporator. Tekanan evaporator yang makin tinggi meningkatkan menurunkan beban kompresor karena beda tekanan antara evaporator dan kondensor menjadi makin kecil (tekanan kondensor tetap). Di samping itu, tekanan evaporator yang makin tinggi mengakibatkan beban kondensor makin kecil karena uap hasil kompresi memiliki entalpi yang lebih kecil sehingga kalor pengembunan makin kecil.



Gambar 4. Profil beban kondensor dan kompresor terhadap laju alir molar

Gambar di atas menunjukkan hubungan antara laju molar refrijerasi terhadap beban kompresor dan kondensor. Dapat diamati bahwa peningkatan laju molar meningkatkan beban kondensor dan kompresor karena beban dipengaruhi oleh laju dan entalpi spesifik.

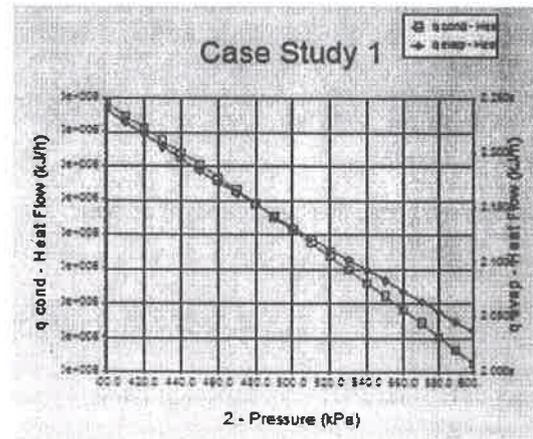
Siklus Refrijerasi Dua Tahap



Gambar 5. Siklus Refrijerasi dua tahap

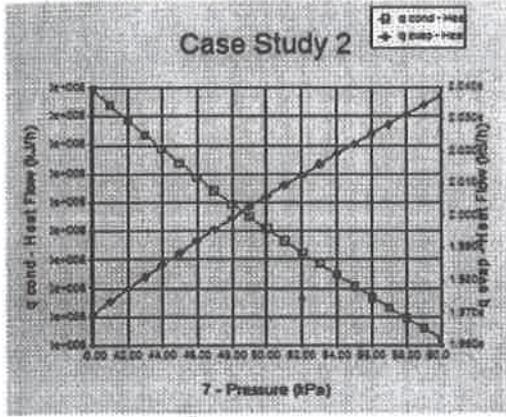
Siklus refrijerasi dua tahap ditunjukkan pada gambar di atas. Refrijerasi dikompresi hingga mencapai tekanan tertentu kemudian dikondensasi dan diekspansi dengan JTV valve yang menghasilkan campuran uap dan cairan yang kemudian dipisahkan. Cairan selanjutnya diekspansikan lebih lanjut dan dievaporasi. Uap yang dihasilkan dikompresi dan dicampurkan dengan uap hasil ekspansi pada tekanan yang lebih tinggi. Campuran uap ini selanjutnya dikompresi lebih lanjut. Sebagai masukan pada siklus refrijerasi di atas adalah:

- Laju molar refrijerasi (Freon R-22): 100 kmol/jam
- Tekanan kondensor: 500 kPa
- Tekanan interstage: 250 kPa
- Tekanan evaporator: 50 kPa
- Kondisi keluaran kondensor: cair jenuh
- Kondisi keluaran evaporator: uap jenuh



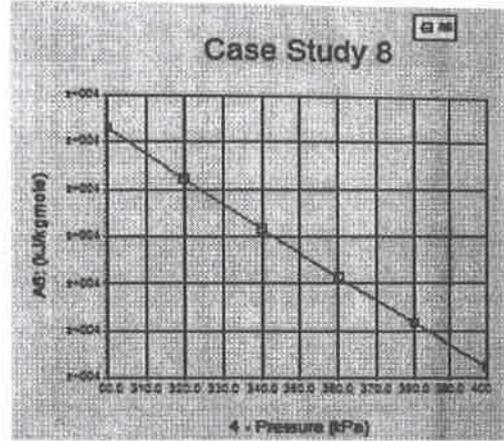
Gambar 6. Profil beban kondensor dan evaporator terhadap tekanan kondensor

Gambar di atas menunjukkan hubungan antara beban kondensor dan evaporator pada berbagai tekanan kondensor. Peningkatan tekanan kondensor menurunkan beban kondensor karena peningkatan tekanan akan menurunkan panas pengembunan. Selain itu peningkatan tekanan kondensor menurunkan beban evaporator karena tekanan kondensor yang makin tinggi mengakibatkan fraksi uap yang terbentuk setelah ekspansi JTV makin banyak sehingga jumlah kalor penguapan makin kecil.



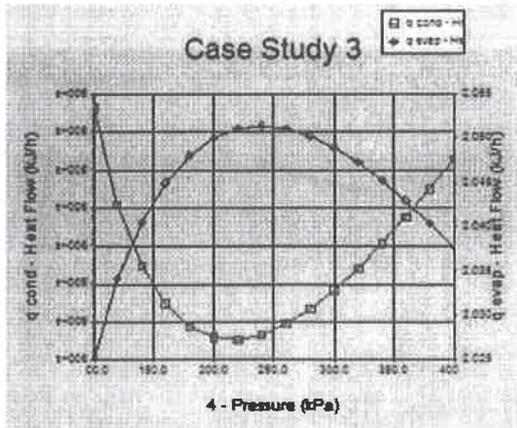
Gambar 7. Profil beban kondensator dan evaporator terhadap tekanan evaporator

Gambar di atas menunjukkan hubungan antara tekanan evaporator terhadap beban kondensator dan evaporator. Peningkatan tekanan evaporator meningkatkan beban evaporator karena tekanan evaporator yang makin tinggi mengakibatkan fraksi uap makin sedikit sehingga jumlah kalor penguapan makin besar. Di samping itu, tekanan evaporator yang makin tinggi menurunkan beban kondensator karena tekanan evaporator yang makin tinggi mengakibatkan uap hasil kompresi memiliki entalpi yang lebih kecil daripada uap hasil kompresi dari tekanan evaporator yang tinggi. Hal ini mengakibatkan beda entalpi antara masukan dan keluaran kondensator makin kecil sehingga jumlah kalor penguapan makin kecil pula.



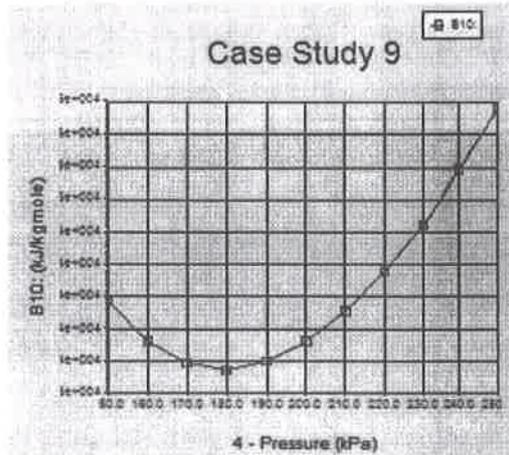
Gambar 9. Profil kalor penguapan pada tekanan evaporator terhadap tekanan interstage

Berbeda dengan beban evaporator, tekanan yang makin tinggi menurunkan beban kondensator sampai titik tertentu dan kemudian menaikkan beban kondensator terdahulu. Peningkatan tekanan interstage mengakibatkan jumlah cairan makin banyak namun tingginya tekanan interstage menyebabkan uap hasil kompresi memiliki entalpi yang lebih rendah daripada tekanan interstage yang lebih rendah sehingga entalpi pengembunan makin kecil. Akibat dua peristiwa ini, tercipta profil yang memiliki titik minimum. Dapat dianalisis pula bahwa profil beban kondensator sama dengan profil beda entalpi pengembunan yang disajikan pada Gambar 10.

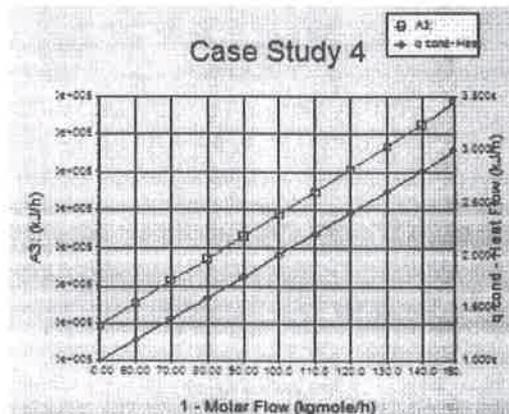


Gambar 8. Profil beban kondensator dan evaporator terhadap tekanan interstage

Gambar di atas menunjukkan hubungan antara tekanan interstage (tekanan antara ekspansi tahap 1 dan 2) terhadap beban kondensator dan evaporator. Peningkatan tekanan interstage sampai 250 kPa akan menaikkan beban evaporator sedangkan peningkatan melebihi 250 kPa menurunkan beban evaporator. Hal ini karena tekanan interstage yang makin tinggi menyebabkan jumlah cairan yang terbentuk makin banyak namun berdasarkan Gambar 9, makin tinggi tekanan interstage kalor penguapan makin kecil sehingga tercipta profil yang memiliki titik maksimum.



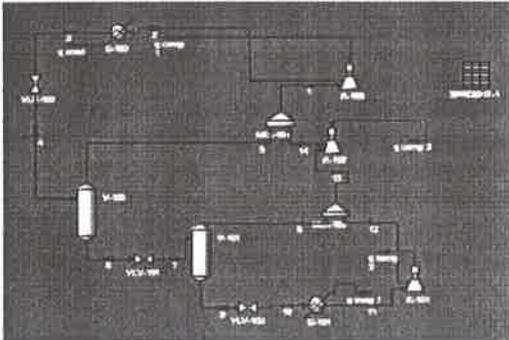
Gambar 10. Profil kalor pengembunan pada tekanan kondensator terhadap tekanan interstage



Gambar 11. Profil beban kondensator terhadap laju alir molar

Gambar di atas menunjukkan hubungan antara laju molar terhadap beban kondensor dan evaporator. Peningkatan laju molar refrijerasi meningkatkan beban kondensor dan evaporator. Hal ini cukup logis mengingat beban kondensor dan evaporator ditentukan oleh laju dan beda entalpi spesifik.

**Siklus Refrijerasi 3 Tahap**

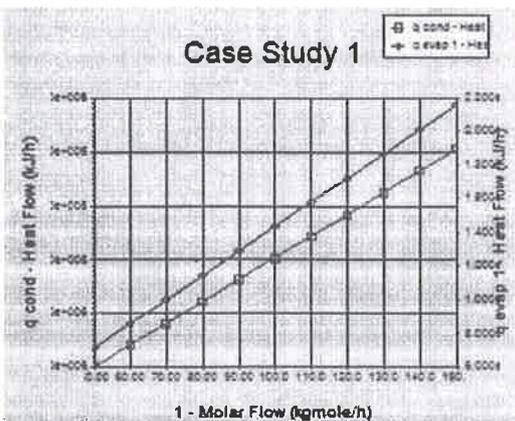


**Gambar 12. Siklus refrijerasi tiga tahap**

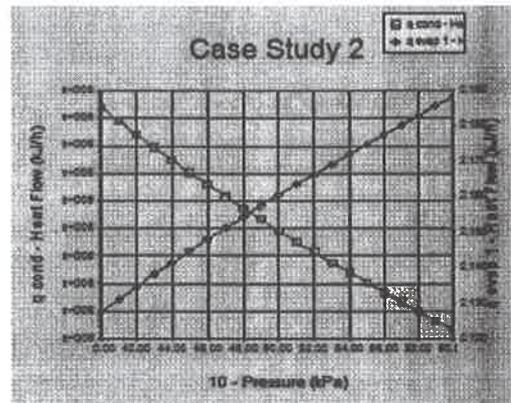
Siklus refrijerasi tiga tahap ditunjukkan pada gambar di atas. Refrijerasi dikompresi hingga mencapai tekanan tertentu kemudian dikondensasi dan diekspansi dengan JTV valve yang menghasilkan campuran uap dan cairan yang kemudian dipisahkan. Cairan selanjutnya diekspansikan lebih lanjut (2 tahap) dan dievaporasi. Uap yang dihasilkan dikompresi dan dicampurkan dengan uap hasil ekspansi pada tekanan yang lebih tinggi. Campuran uap ini selanjutnya dikompresi lebih lanjut. Sebagai masukan pada siklus refrijerasi di atas adalah:

- Laju molar refrijerasi (Freon R-22): 100 kmol/jam
- Tekanan kondensor: 500 kPa
- Tekanan interstage 1: 350 kPa
- Tekanan interstage 2: 150 kPa
- Tekanan evaporator: 50 kPa
- Kondisi keluaran kondensor: cair jenuh
- Kondisi keluaran evaporator: uap jenuh

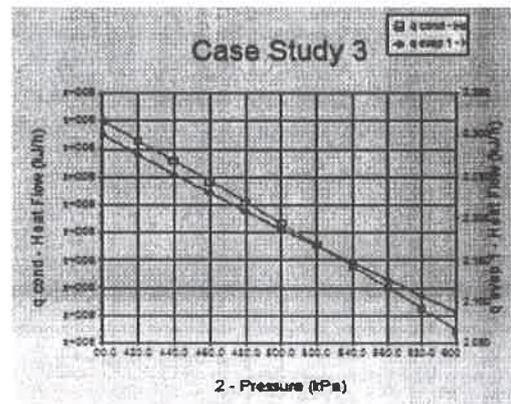
Pengaruh laju molar, tekanan kondensor, tekanan evaporator, tekanan interstage 1, dan tekanan interstage 2 dapat diamati pada gambar-gambar di bawah ini.



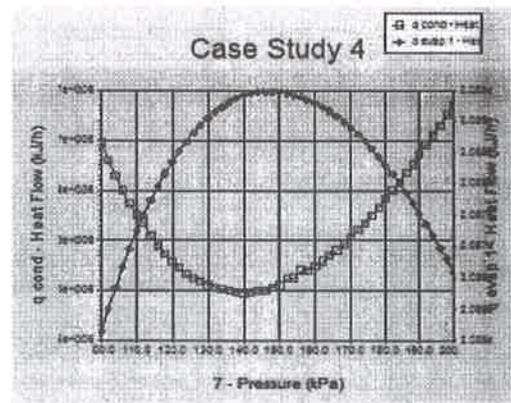
**Gambar 13. Pengaruh Laju Molar terhadap Beban Kondensor dan Evaporator**



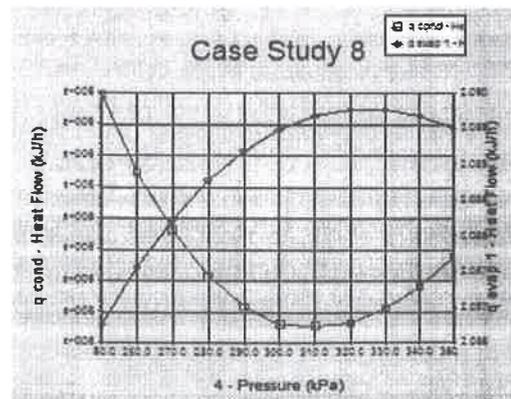
**Gambar 14. Pengaruh Tekanan Evaporator terhadap Beban Kondensor dan Evaporator**



**Gambar 15. Pengaruh Tekanan Kondensor terhadap Beban Kondensor dan Evaporator**



**Gambar 16. Pengaruh Tekanan Interstage terhadap Beban Kondensor dan Evaporator**



**Gambar 17. Pengaruh Tekanan Interstage terhadap Beban Kondensor dan Evaporator**

Berdasarkan gambar-gambar di atas, dapat diamati bahwa untuk siklus refrigjerasi tiga tahap, profil beban kondensor dan evaporator terhadap variabel yang berpengaruh sama dengan profil untuk siklus 2 tahap.

#### Kesimpulan

1. Peningkatan laju alir molar meningkatkan beban kondensor, kompresor, dan evaporator
2. Peningkatan tekanan kondensor menurunkan beban kondensor dan evaporator
3. Peningkatan tekanan evaporator menurunkan beban kondensor dan evaporator
4. Peningkatan tekanan interstage menaikkan beban evaporator sampai ke titik tertentu kemudian menurunkan beban evaporator

5. Peningkatan tekanan interstage menurunkan beban kondensor sampai ke titik tertentu kemudian meningkatkan beban kondensor
6. Profil beban kondensor dan evaporator terhadap tekanan interstage serupa untuk refrigjerasi dua dan tiga tahap

#### Daftar Pustaka

- Daubert, M., 2001, Chemical Engineering Thermodynamics, John Wiley&Sons, New York
- HYSYS Manual
- Smith, J.M, Van Ness, H.C., Abbott, M.M., 2001, Chemical Engineering Thermodynamics, McGraw Hill, New York.