

# Simulasi evaporasi sweet water di unit evaporasi di unit produksi fatty acid menggunakan Hysys

Novia\*, Jefry Muliady. A, Agung Prabowo

\*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Jln. Raya Palembang Prabumulih  
Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662  
e-mail: noviasumardi@yahoo.com

## Abstrak

Dalam proses pengolahan *sweet water* yang akan menjadi gliserin di industri oleochemical akan melalui tahapan proses evaporasi. Proses evaporasi ini akan mempengaruhi dari % gliserin yang akan dihasilkan, semakin baik proses evaporasi maka akan semakin tinggi % gliserin yang didapatkan. Kegagalan dari proses evaporasi akan mengakibatkan kualitas dari % gliserin yang menurun dan tidak sesuai dengan mutu produk gliserin yang telah ditetapkan oleh industri oleochemical. HYSYS merupakan program untuk mensimulasikan proses didalam suatu pabrik. Berdasarkan simulasi HYSYS, dapat diketahui mass flow steam yang digunakan secara praktek sebesar 3.518 kg/h. Berdasarkan operasi praktek, nilai total gliserin pada setiap stage adalah balance. Tidak ada gliserin yang teruapkan. Stage I memiliki performansi penguapan air paling tinggi yaitu 72.558%, sementara stage II dan stage III hanya 3,756% dan 0,079%. Steam bertekanan lebih tinggi akan menghasilkan heat flow yang lebih tinggi pada pemanasan di EX742.01. Steam bertekanan yang lebih tinggi akan menghasilkan fraksi massa dan temperatur gliserin yang lebih tinggi pada produk akhir *crude glycerine*. Penggunaan steam yang bertekanan lebih tinggi tidak mempengaruhi nilai total gliserin yang dihasilkan sebagai produk *crude glycerine*.

**Kata Kunci:** fatty acid, HYSYS, evaporasi, dan gliserin.

## Abstract

In the process of processing sweet water which will become glycerin at oleochemical industry, it will go through the stages of the evaporation process. This evaporation process will affect the% of glycerin to be produced, the better the evaporation process, the higher the% of glycerin obtained. Failure of the evaporation process will result in the quality of the% glycerin decreasing and not in accordance with the quality of the glycerin product set by oleochemical industry. HYSYS is a program to simulate processes within a factory. Based on the HYSYS simulation, it can be seen that mass flow steam used practically is 3.518 kg / h. Based on practice operations, the total glycerin value at each stage is balance. No glycerin is evaporated. Stage I has the highest water evaporation performance, which is 72.558%, while stage II and stage III are only 3.756% and 0.079%. Higher pressure steam will produce a higher heat flow on heating at EX742.01. Higher pressure steam will produce a mass fraction and higher glycerin temperature in crude glycerine end products. The higher pressure of steam used does not affect the total value of glycerin produced as a crude product of glycerine.

**Key Word:** fatty acid, HYSYS, evaporation, and glycerine.

## 1. PENDAHULUAN

Industri oleokimia yang ada di Indonesia sampai saat ini semakin berkembang pesat. Berbagai bahan baku yang akan diproses pada industri oleokimia akan mengalami pengolahan-pengolahan terlebih dahulu hingga nantinya akan menjadi produk yang diinginkan. Evaporasi merupakan salah

satu dari proses pengolahan suatu bahan yang akan diproses menjadi suatu produk. Proses evaporasi menggunakan alat evaporator.

Dalam proses pengolahan gliserin di industri oleochemical, evaporator merupakan unit yang digunakan setelah proses pengolahan awal *sweet water* menjadi *crude sweet water* (CSW) yang merupakan *bottom*

*product* dari *splitting tower*. Pada unit evaporasi ini menggunakan sistem *multiple effect* evaporator, penggunaan sistem ini sangat baik bagi industri ini karena dapat mengurangi penggunaan energi dan hasil pengolahannya baik. Pada proses evaporasi yang terdapat di industri oleochemical menggunakan tiga kolom evaporator dan empat alat penukar panas yang saling berkaitan dan memiliki fungsi masing-masing dengan tekanan yang berbeda-beda.

Evaporasi merupakan proses penguapan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair yang pekat dan konsentrasinya yang lebih tinggi dari sebelumnya. Pada umumnya, proses evaporasi digunakan untuk mendapatkan konsentrasi produk yang lebih tinggi dari sebelumnya.

Proses evaporasi di industri oleochemical bertujuan untuk memisahkan kandungan air yang masih terdapat pada CSW yang telah diolah pada tahapan proses sebelumnya, sehingga kandungan air yang terdapat pada *sweet water* dapat berkurang dan dapat meningkatkan konsentrasi gliserin pada CSW menjadi 77,45% dan akan diolah melalui tahapan selanjutnya yaitu proses distilasi agar konsentrasi gliserin dapat menjadi lebih besar seperti yang telah ditetapkan standar produk. Pada tahapan proses distilasi, *crude* gliserin yang telah diolah melalui tahapan proses evaporasi akan dipanaskan kembali hingga titik didihnya air agar kandungan air yang masih terdapat pada *crude* gliserin menjadi hilang dan untuk menaikkan konsentrasi dari gliserin hingga mencapai standar baku mutu

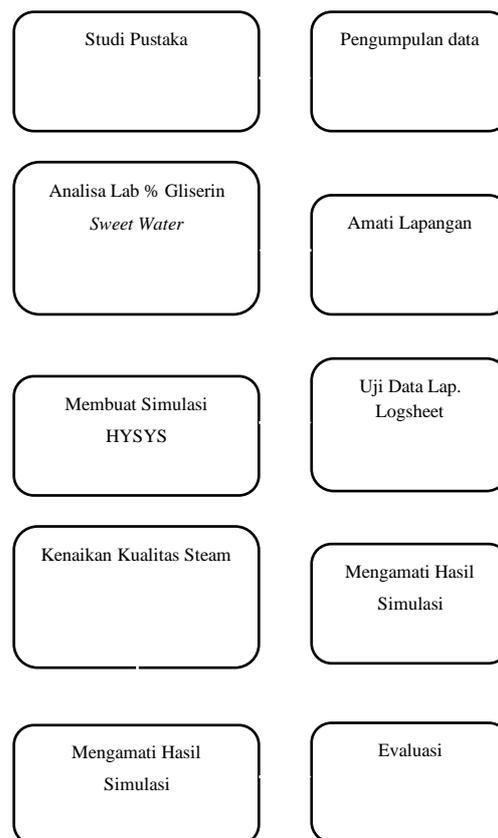
Kegagalan pada proses evaporasi akan berdampak pada pengolahan gliserin dan juga pemborosan energi yang terpakai di industri oleochemical, dikarenakan akan dapat membuat kerja dari alat distilasi yang semakin berat, dapat menyebabkan pemborosan energi yang besar dan dapat mengakibatkan menurunnya konsentrasi produk gliserin. Untuk menghindari dari penggunaan energi steam yang berlebih pada proses evaporasi ini, maka diperlukan simulasi proses evaporator untuk efisiensi penggunaan energi steam pada alat evaporator menggunakan program HYSYS. Harapannya setelah dilakukan efisiensi pada alat evaporator ini, maka dapat diketahui kapasitas penggunaan energi steam optimal yang dibutuhkan untuk memproses CSW, sehingga akan didapatkan data dan

kesimpulan untuk kondisi yang dibutuhkan agar dapat menghemat energi *steam* di industri oleochemical.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Diagram Alir Pelaksanaan

Diagram alir simulasi proses evaporasi *sweet water* pada evaporator di plant FA II menggunakan program HYSYS disediakan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Proses Simulasi Evaporator di Program HYSYS

### B. Data

Untuk melakukan simulasi proses pada unit evaporasi plant FA II dibutuhkan:

- 1) Data dari *logsheet* produksi tiap *shift* dari tanggal 31 Juli 2018 – 1 Agustus 2018
  - a) Massa *Flow input* dan *output* pada unit *Splitting*
  - b) % *Crude* Gliserin pada *bottom product* evaporator
  - c) Kondisi operasi proses tiap alat
  - d) Kondisi operasi *steam* yang digunakan

2) Data dari laboratorium *Quality Control*  
 a) Fraksi massa gliserin setelah dilakukan treatment sebelum masuk ke dalam unit evaporasi.

3) Data *Steam table*

a) Data kualitas *steam* (tekanan, temperatur, air (Hf), penguapan (Hfg), dan tenaga uap (Hg)).

b) Menghitung fraksi uap pada *steam* berdasarkan data dari *steam table*

Asumsi yang diambil:

a) Komponen yang terkandung pada Treated Sweet Water (TSW) adalah gliserin dan air

b) Tidak terjadi reaksi

c) Vapour keluaran evaporator I yang dimanfaatkan sebagai *economizer* nilainya sangat kecil sehingga dapat diabaikan.

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Hasil Perhitungan

#### A. Analisa Bahan Baku.

Bahan baku yang akan diproses di unit evaporasi berasal dari *bottom product* unit *splitting* yang disebut sebagai *sweet water*. Bahan baku tersebut akan diolah terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan *fat* yang terbawa dan menetralkan pH, sehingga yang tersisa hanyalah gliserin dan air. Hanya saja kondisi yang ada di lapangan bahwa tidak ada pengecekan persen fraksi massa gliserin yang terkandung di dalam *sweet water* yang telah di-*treatment*. Oleh karena itu, untuk mendapatkan data persen fraksi massa gliserin perlu melakukan analisa secara mandiri di laboratorium PT. Sumi Asih. Hasil analisa dan perhitungan didapatkan data nilai persen fraksi massa gliserin yaitu 18,3%.

Kondisi operasi yang ada di lapangan sifatnya fluktuatif, oleh karena itu dilakukan perhitungan nilai rata-rata pada data *logsheet*. Nilai rata-rata yang didapat dari perhitungan tersebut digunakan sebagai data acuan kondisi operasi praktek yang akan digunakan untuk melakukan simulasi menggunakan HYSYS.

#### B. Simulasi

Nilai rata-rata dari *logsheet* digunakan sebagai kondisi operasi secara praktek pada simulasi HYSYS.

#### B. Perhitungan rata-rata

Berdasarkan praktek di lapangan didapatkan data *logsheet* pada tanggal 18 Agustus 2018 sebagai berikut:

**Tabel 4.1.** Perhitungan Nilai Rata-rata pada Data *Logsheets*

In	Steam	Stage I		Stage II		Stage III		OUT	CG
		E X	E V	E X	E V	E X	E V		
		742.01		742.02		742.03			
Lt/h	BAR	B a r	oC	B a r	oC	M b a r	oC	(%)	
4800	10.7	1	94	0. 1	81	90	61	77.23	
5200	10.9	1	95	0. 1	81	89	60		
5000	10.5	1	95	0. 1	81	92	56	76.28	
5000	10.6	1	95	0. 1	81	93	59		
5000	10.1	1	95	0. 1	80	90	57	77.98	
5000	10.1	1	97	0. 1	83	90	56		
5000	10.1	1	96	0. 1	82	87	55	78.69	
4000	9.7	1	94	0. 1	80	83	58		
4875	10.34	1	95 .1 25	0. 1	81 .1 25	89 .2 5	57 .7 5	77.50	

Kondisi operasi yang ada di lapangan sifatnya fluktuatif, oleh karena itu dilakukan perhitungan nilai rata-rata pada data *logsheet*. Nilai rata-rata yang didapat dari perhitungan tersebut digunakan sebagai data acuan kondisi operasi praktek yang akan digunakan untuk melakukan simulasi menggunakan HYSYS.

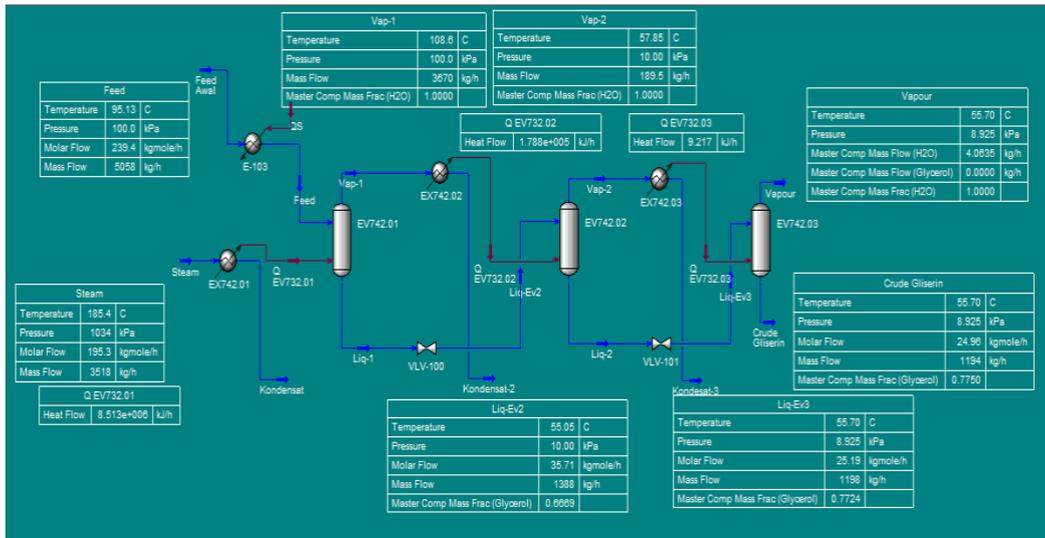
#### 4.1.3. Simulasi secara praktek

Nilai rata-rata dari *logsheet* digunakan sebagai kondisi operasi secara praktek pada simulasi HYSYS, sebagai mana ditunjukkan pada Tabel dan Skema Gambar 1.

Neraca massa gliserin secara overall melalui perhitungan mass flow dikali dengan persen fraksi massa gliserin hasil simulasi HYSYS menggunakan nilai rata-rata pada *logsheet*:

**Tabel 2.** Neraca Massa Gliserin Overall Hasil Simulasi Menggunakan Data *Logsheets*

Feed	Liq-Ev2	Liq-Ev3	Crude Gliserin
5058kg/h x 18,3%	1388kg/h x 66,69%	1198kg/h x 77,24%	1194kg/h x 77,50%
925.281	925.2672	925.2352	925.302



Gambar 1. Simulasi HYSYS pada Kondisi Proses secara prktis Kondisi operasi yang digunakan pada *steam* didapatkan berdasarkan data dari *Steam Table* untuk *steam* dengan tekanan 10,34 bar dan dilakukan perhitungan interpolasi

Feed adalah bahan baku yang akan masuk ke dalam evaporator pertama (EV742.01). Liq-Ev2 merupakan *bottom product* dari EV742.01 yang kemudian menjadi input pada evaporator kedua (EV742.02). Liq-Ev3 merupakan *bottom product* dari EV742.02 yang kemudian menjadi input pada evaporator ketiga (EV742.03) dengan produk akhir berupa *crude glycerine*.

**Tabel 3.** Performansi Evaporator tiap *Stage* (Hasil Simulasi dengan HYSYS)

<i>Bottom Product</i>	Fraksi Gliserin (%)	Mass Flow (kg/h)	Total Gliserin (kg/h)	Total air teruapkan (kg/h)	Sisa Air (kg/h)	Fraksi Air (%)	Performansi Evaporator (%)	Penguapan
Feed	18.30 %	5058	925.281	0	4132.719	81.71%	0.0%	
Stage I	66.69 %	1388	925.2672	3671	461.3162	33.26%	72.578%	
Stage II	77.24 %	1198	925.2352	190	271.719	22.70%	3.756%	
Stage III	77.50 %	1194	925.302	3	268.5306	22.49%	0.059%	

Pada Tabel 3 ditunjukkan data hasil simulasi HYSYS berdasarkan data praktek juga didapatkan perhitungan untuk performansi penguapan tiap evaporator.

#### D. Simulasi HYSYS terhadap Perubahan Tekanan *Steam*

Didapatkan data kualitas *steam* berdasarkan kenaikan tekanan menggunakan perhitungan dari data pada *steam table* sebagai berikut:

**Tabel 4.** Perhitungan Kualitas *Steam* terhadap Kenaikan Tekanan

Gauge Pressure (bar)	Suhu (°C)	Air (hf) kJ/kg	Penguapan (Hfg) kJ/kg	Tenaga Uap (hg) kJ/kg	Fraksi Uap (X)
10.34	185.4	787.50	1995.30	2782.8	1
10.4	185.68	788.6	1994.4	2783	1
10.6	186.49	792.1	1991.6	2783.7	1
10.8	187.25	795.5	1988.8	2784.3	1
11	188.02	798.8	1986	2784.8	1

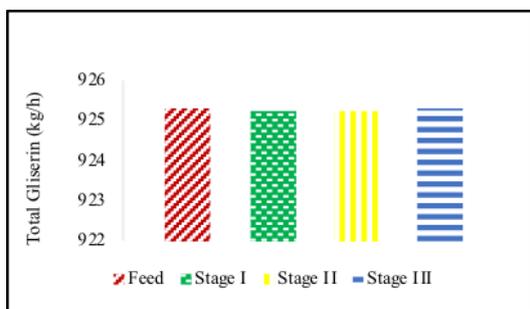
## 4. Pembahasan

### 4.1. Evaluasi Hasil Simulasi HYSYS dengan Data Kondisi Operasi Praktek

Simulasi HYSYS yang dibuat dengan menggunakan data-data *logsheet* pada tiap-tiap *stage* evaporasi. Proses evaporasi yang ada pada industri oleochemical adalah *triple effect evaporation* sehingga terdapat 3 *stage* evaporasi yang saling berhubungan. Simulasi menghasilkan data yang tidak didapat di lapangan, yaitu *mass flow* dari *steam* yang digunakan dan total gliserin hasil keluaran tiap-tiap *stage* evaporator.

Kondisi di lapangan tidak memungkinkan ketersediaannya *flow meter* untuk menghitung laju alir dari *steam*. Hal ini dikarenakan temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan keterbatasan dari kinerja *flow meter*. Melalui simulasi pada HYSYS, nilai *mass flow* dari *steam* akan didapat melalui penggunaan

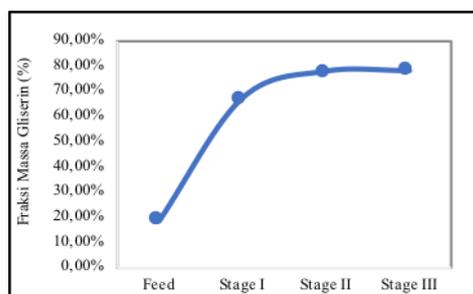
tool adjust. Mass Flow dari steam di-adjust berdasarkan persen fraksi massa gliserin 77,50% (data logsheet) sehingga HYSYS melakukan perhitungan secara iterasi sebanyak 1000 kali dan didapatkan nilai mass flow dari steam yaitu 3.518 kg/h. Secara teori, nilai tersebut adalah data mass flow steam yang masuk dari header menuju ke dalam EX742.01.



**Gambar 1.** Grafik Total Gliserin tiap stage (Hasil Simulasi HYSYS)

Pada Grafik 1. ditunjukkan total gliserin secara teori dalam setiap stage tidak berbeda secara significant. Feed merupakan sweet water yang akan memasuki unit evaporasi memiliki total gliserin sebesar 925,281 kg/h. Bottom product dari stage I, stage II, dan stage III dengan produk berupa crude glycerine. Stabilitasnya nilai total gliserin menunjukkan bahwa tidak ada gliserin yang teruapkan selama proses pada setiap stage, melainkan hanya air yang teruapkan menjadi top product dari proses evaporasi. Hal ini dikarenakan secara teori titik didih air jauh lebih rendah dari pada titik didih gliserin. Titik didih pada tekanan atmosfer air yaitu 100°C dan gliserin 290°C.

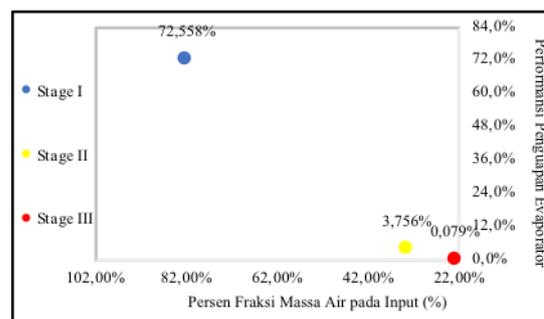
Perhitungan fraksi massa gliserin hanya pada produk akhir dan memerlukan analisa secara manual di laboratorium industri oleochemical. Jika dilakukan analisa pada setiap stage evaporasi, maka akan sangat tidak efisien. Tetapi, melalui simulasi HYSYS dapat diketahui data mass flow dan fraksi massa dari gliserin pada setiap stage evaporasi sesuai dengan kondisi operasinya.



**Gambar 2.** Grafik Fraksi Gliserin tiap Stage

Pada Grafik 2. ditunjukkan terjadinya kenaikan fraksi gliserin pada stage-stage

berikutnya. Kenaikan fraksi yang sangat signifikan terjadi yaitu antara feed dengan bottom product evaporasi pada stage pertama, dimana fraksi massa gliserin pada feed yang awalnya 18,3% kemudian naik menjadi 66,74%. Hal ini dikarenakan pada evaporator stage I (EV742.01) dengan kondisi operasi tekanan 1 bar dan temperatur 95,133°C sudah melewati titik didih dari air pada tekanan 1 bar yaitu 45,81°C. Tetapi pada stage II dan stage III terjadi kenaikan persen fraksi massa gliserin sangat sedikit.

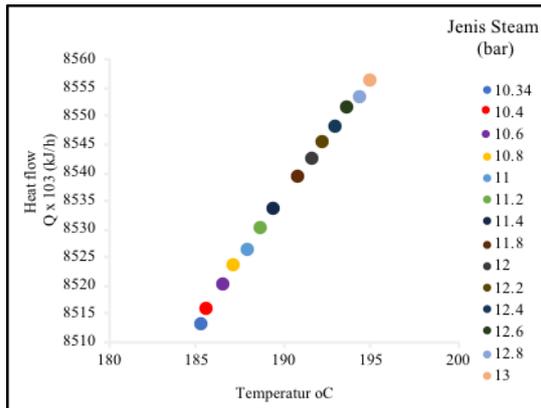


**Gambar 3.** Grafik Performansi Penguapan

Sajian pada Grafik 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi gliserin yang terkandung, maka laju penguapan evaporator akan semakin rendah. Berdasarkan kondisi operasi yang digunakan industri oleochemical dalam mengoperasikan evaporator triple effect, maka dapat dilihat bahwa evaporator stage I (EV742.01) memiliki kemampuan menguapkan yang paling besar yaitu dengan performansi penguapan air sebesar 72,578%. Sementara pada stage II dan stage III hanya 3,756% dan 0,079%. Hal ini dikarenakan pada stage I, penguapan dibantu dengan pemanasan oleh steam 10,34 bar yang bertemperatur 185,4 °C sehingga memiliki heat flow sebesar 8.513.000 kJ/h. Berbeda halnya dengan stage II dan stage III yang hanya memanfaatkan panas dari vapour hasil top product dan kondisi tekanan evaporator yang lebih rendah (vakum) untuk melakukan proses penguapan. Heat flow yang dimiliki oleh stage II dan stage III adalah 177.800 kJ/h dan 9,217 kJ/h.

#### 4.2. Evaluasi Proses Terhadap Kenaikan Tekanan Steam

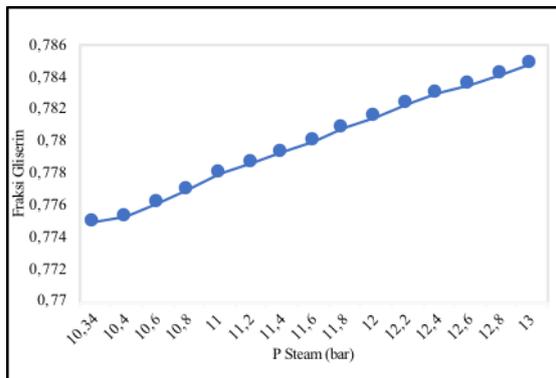
Mengubah jenis steam yang digunakan sebagai pemanas untuk proses evaporasi gliserin FA II melalui simulasi HYSYS untuk mengamati kualitas gliserin yang dihasilkan. Percobaan pertama dilakukan dengan menghitung kualitas steam berdasarkan perubahan tekanan dengan menggunakan steam table. Hasil perhitungan tersebut menghasilkan data kondisi operasi temperatur dan fraksi uap dari steam dengan berbagai tekanan. Setelah itu, didapatkan grafik steam sebagai berikut:



**Grafik 4.** Perubahan *Heat flow* yang dihasilkan berbagai jenis *steam*

Pada Gambar 4. terlihat gambaran kenaikan tekanan *steam* akan meningkatkan *heat flow* pada proses pemanasan di *stage I* (EX742.01).

Temperatur dari *steam* meningkat sementara kondisi operasi dari EX742.01 dan temperatur dari *feed* dikondisikan tetap pada keadaan praktek, sehingga perbedaan temperatur akan semakin besar. Hal inilah yang menyebabkan *heat flow* juga semakin besar. Semakin besar beda temperatur, maka perpindahan panas akan semakin cepat.

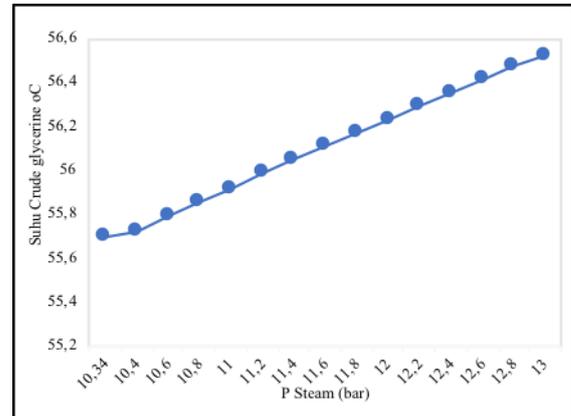


**Grafik 5.** Pengaruh Kualitas Gliserin terhadap Penggunaan Berbagai Jenis *Steam*

Dengan menggunakan simulasi HYSYS, seluruh kondisi operasi pada setiap *stage* dijaga stabil sesuai kondisi praktek. Sehingga didapatkan data yang disajikan melalui grafik 5. Grafik di atas menggambarkan bahwa kenaikan tekanan dari *steam* yang digunakan akan cenderung menaikkan menghasilkan *crude glycerine* yang lebih murni. Maksud lebih murni disini menjelaskan fraksi gliserin yang lebih tinggi pada *crude glycerine*.

Melalui simulasi HYSYS, seluruh kondisi operasi pada setiap *stage* dijaga stabil sesuai kondisi praktek. Tekanan dan temperatur pada setiap *stage* tetap. Percobaan terhadap berbagai jenis *steam* menghasilkan data kondisi

*crude glycerine* yang dihasilkan. Jenis *steam* secara praktek yaitu *steam* 10,34 bar hanya menghasilkan *crude glycerine* dengan fraksi massa 0,7750 dan pada tekanan 13 bar sebesar 0,7849. Sehingga dari perhitungan secara teoritis didapatkan bahwa setiap kenaikan tekanan *steam* 1 bar akan meningkatkan fraksi gliserin sebesar  $\pm 0,00368$ .



**Grafik 6.** Pengaruh Suhu *Crude glycerine* terhadap Penggunaan Berbagai Jenis *Steam*

Dari Grafik 6. ditunjukkan bahwa dengan tekanan *steam* yang meningkat, maka suhu dari *crude glycerine* selaku produk dari unit evaporasi akan semakin tinggi. Saat penggunaan jenis *steam* 10,34 bar, suhu *crude glycerine* yaitu 55,7oC. Jika digunakan *steam* 13 bar, maka suhu *crude glycerine* adalah 56,52 oC. Hal ini terjadi dikarenakan peningkatan *heat flow* pada EX742.01 juga akan meningkatkan suhu *outlet* pada setiap *stage*. Ketika suhu *vapour* yang merupakan *top product* meningkat, maka *heat flow* dari *vapour* tersebut juga akan lebih cepat saat digunakan untuk memanaskan *inlet* pada *stage* berikutnya.

Pengaturan tekanan *steam* dilapangan dapat ditingkatkan hingga 15 bar. *Steam* yang berasal dari unit utilitas berasal dari *header* 20 bar yang dialirkan menuju *header* yang ada *plant* FA II. *Header* FA II sendiri bertekanan 15 bar, hanya saja yang terdata untuk masuk ke dalam unit evaporator di EX742.01 adalah 10,34 bar.

Pemakaian secara bersamaan dapat menyebabkan suplai *steam* tidak mencapai tekanan yang ada pada *header*. Oleh karena itu, dengan melakukan pengaturan penggunaan dan jalur aliran *steam* yang diterima dari unit utilitas, maka memungkinkan untuk didapatkan suplai *steam* pada unit evaporasi gliserin memiliki tekanan yang lebih tinggi sehingga kualitas *crude glycerine* yang didapatkan memiliki fraksi masa dan temperatur yang lebih tinggi.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil kajian ini dapat disimpulkan bahwa,

1. Semakin rendah fraksi air yang terkandung pada tiap stage, maka performansi penguapan pada tiap stage akan semakin rendah.
2. Semakin tinggi kualitas tekanan steam yang digunakan, maka kondisi vacum yang dihasilkan menjadi lebih baik dan memudahkan penguapan.
3. Steam bertekanan lebih tinggi akan menghasilkan heat flow yang lebih tinggi, sehingga performansi penguapan menjadi lebih tinggi dan fraksi massa dan temperatur gliserin yang lebih tinggi pada produk akhir crude glycerine.
4. Hasil simulasi proses menunjukkan bahwa penggunaan steam bertekanan hingga 13 bar masih aman untuk unit Evaporasi pada unit produksi Fatty Acid

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2016. Reaksi hidrogenasi. (Online). <https://www.ilmukimia.org/2016/01/reaksi-hidrogenasi.html> (Diakses pada tanggal 1 Agustus 2018).
- Nasikin, M., dan Susanto, B.H. 2010. *Katalis heterogen*. UI Press: Jakarta.
- Nugraheni, D. 2011. *Analisis penurunan bilangan iod terhadap pengulangan penggorengan minyak kelapa dengan metode titrasi iodometri*. Universitas islam negeri sultan syarif kasim riaupekanbaru.
- Putra, R. 2012. *Hidrogenasi minyak jarak dengan menggunakan katalis nikel/zeolite alam pada tekanan rendah untuk pembuatan asam 12-hidroksistearat*. Universitas Indonesia: Depok.
- Rahmiyati. 2011. *Pembuatan asam 12-hidroksistearat melalui hidrogenasi minyak jarak*. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Rijal. 2015. Gas Hidrogen (Online). <http://eprints.polsri.ac.id/2023/3/BAB%20II.pdf>. (Diakses pada tanggal 30 Juli 2018)
- Sari, Desita D., 2015. *Mempelajari proses produksi asam stearat di industri oleochemical Oleochemical Industry, Jatimulya, Bekasi Timur, Jawa Barat*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Triatmodjo, B. 2010. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset: Yogyakarta.
- Wardhanu, A. 2009. Produk lanjutan crude palm oil (CPO). (Online). <https://apwardhanu.wordpress.com/2009/05/31/produk-lanjutan-crude-palm-oil-cpo/> (Diakses pada tanggal 2 agustus 2018)