

# PERHITUNGAN NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI EVAPORATOR PADA UNIT KILANG PPSDM MIGAS CEPU

Siti Iffah Munawaroh<sup>1</sup>, Nofiatul Azizah<sup>1</sup>, Mufid<sup>1</sup>, Muh. Subur<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

<sup>2</sup>PPSDM Migas Cepu, jl. Sorogo No. 1, Blora, Indonesia

sitiiffah1@gmail.com, [mufid@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

*Evaporator* merupakan bagian dari unit pengolahan di kilang Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia (PPSDM) Migas Cepu, yang berfungsi untuk proses pemisahan uap minyak dengan cairannya atau fraksi berat dengan fraksi ringannya. Untuk mengetahui apakah proses yang berjalan dalam *evaporator* sudah baik atau belum, dapat dilihat dari efisiensinya, sehingga dilakukan perhitungan neraca massa dan neraca energi pada *evaporator* itu sendiri. Dari perhitungan neraca massa *evaporator* didapatkan antara jumlah total masuk tidak sama dengan total keluar, yang berarti terdapat massa yang hilang. Total massa kehilangan yang didapat adalah 419.65 kg/hari. Hal tersebut sudah terbilang relatif kecil dan sudah tergolong baik untuk pengoperasian *evaporator* (V-1) di unit kilang PPSDM Migas Cepu. Sedangkan, pada perhitungan neraca energi, untuk panas yang hilang di *evaporator* cukup banyak yaitu 245654961.5 btu/hari, dengan persen efisiensi panas *evaporator* sebesar 55.01%. Panas yang hilang merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi efisiensi energi proses evaporasi. Hal tersebut sangat disayangkan mengingat panas yang hilang tergolong relatif besar, dan panas yang hilang seharusnya bisa digunakan untuk pengoperasian di *evaporator* untuk memisahkan komponen-komponen dengan lebih baik lagi. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah besarnya nilai panas yang hilang adalah dengan menambahkan *insulator* pada *evaporator*.

**Kata kunci:** *evaporator*, neraca massa, neraca energi

## ABSTRACT

*Evaporator* is part of processing unit at PPSDM Migas Cepu, which functions for the process of separating oil vapor from liquid or heavy fraction with light fraction. In order to find out whether the evaporation process runs or not, it can be seen from the process efficiency, therefore it is necessary to calculate the mass and energy balance of the evaporator. From the calculation of the mass balance evaporator, it is found that the total number of input with the total output is not the same, which means there is mass loss. The total mass loss is 419.65 kg/day. This is relatively small and is good for the operation of the evaporator (V-1) at PPSDM Migas Cepu. Meanwhile, in the energy balance calculation, heat loss in the evaporator is 245654961.5 btu/day, with the heat efficiency of the evaporator is 55.01%. Heat loss is one of the parameters that affects the evaporation process. The heat loss is relatively large, it should be used for the operation of the evaporator in order to maximize the separation process. One of the effort to prevent heat loss is to add an insulator to the evaporator.

**Keywords:** *evaporator*, mass balance, energy balance

## 1. PENDAHULUAN

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia (PPSDM) Migas Cepu merupakan pusat pengembangan sumber daya manusia di subsektor minyak dan gas bumi. PPSDM Migas Cepu menjadi tempat proses pengolahan minyak mentah (*crude oil*) yang dihasilkan oleh PT Pertamina EP wilayah Jawa area Cepu. *Crude oil* PT Pertamina yang ditambang dari sumur

daerah Kawengan dan Nglobo dengan bantuan pompa dialirkan ke unit kilang Cepu untuk diolah menjadi bahan bakar seperti pertasol, solar dan residu.

Pada PPSDM MIGAS Cepu terdapat alat pemanas berupa *heat exchanger*, *furnace* dan alat yang digunakan untuk memisahkan fraksi ringan dan berat dari *crude oil*, yaitu *evaporator*, kolom fraksinasi C1, kolom fraksinasi C2, kolom C4 (*solar stripper*), dan kolom C5 (*residu stripper*). *Evaporator* merupakan bagian dari unit pengolahan di kilang PPSDM Migas Cepu, yang berfungsi untuk proses pemisahan uap minyak dengan cairannya atau fraksi berat dengan fraksi ringannya. Untuk mengetahui apakah proses yang berjalan dalam sebuah alat sudah baik atau belum, dapat dilihat dari efisiensinya, sehingga dilakukan perhitungan neraca massa dan neraca energi pada *evaporator* itu sendiri [1]. Evaluasi terhadap suatu performa alat sangat dibutuhkan untuk mendapatkan proses yang lebih optimal [2]. Apabila telah diketahui kinerja alat telah menurun maka agar segera diperbaiki sehingga sasaran produksi tercapai.

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

- Menghitung neraca massa dan energi pada *evaporator* yang berada pada unit kilang di PPSDM MIGAS Cepu.
- Menentukan efisiensi *evaporator* yang berada pada unit kilang di PPSDM MIGAS Cepu.
- Menentukan kelayakan *evaporator* yang berada pada unit kilang di PPSDM MIGAS Cepu.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Data Operasi *Evaporator* (V-1)

**Tabel 1.** Rata-rata suhu *evaporator* (V-1)

Tanggal (Tahun 2020)	Suhu atas, T1 (°C)	Suhu bawah, T2 (°C)	Suhu masuk, T3 (°C)
14 Februari	340.5	310	310.2
15 Februari	335.1	290	320.8
16 Februari	337.1	305	310.5
rata-rata	337.57	301.67	313.83
°F	639.62	575	596.9

Sumber : Ruang control unit kilang PPSDM MIGAS

**Tabel 2.** Rata-rata tekanan *evaporator* (V-1)

Tanggal (Tahun 2020)	Tekanan Masuk <i>Evaporator</i> , Pin (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tekanan Atas <i>Evaporator</i> , P1 (Kg/cm <sup>2</sup> )
14 Februari	0.28	0.31
15 Februari	0.28	0.31
16 Februari	0.34	0.36
Rata-rata	0.3	0.33

Sumber : Ruang control unit kilang PPSDM MIGAS

**Tabel 3.** Rata-rata densitas setiap komponen (V-1)

Tanggal (tahun 2020)	Densitas <i>crude oil</i> (kg/l)	Densitas Pertasol CA (kg/l)	Densitas Pertasol CB (kg/l)	Solar (kg/l)	Densitas Pertasol CC (kg/l)	Residu (kg/l)
14 Februari	0.84	0.74	0.76	0.84	-	0.90
15 Februari	0.84	0.74	0.76	0.84	-	0.90
16 Februari	0.84	0.74	0.76	0.84	-	0.89
Rata-rata	0.84	0.74	0.76	0.84	-	0.90

Sumber : laboratorium PHP PPSDM MIGAS

**Tabel 4.** Data rata-rata massa setiap komponen, 14-16 Februari 2020

Komponen	Volume (L/hari)	%volume	Densitas Rata-rata (kg/l)	Massa kg/hari
Masuk <i>Crude oil</i>	323768	100	0.84	273227.8
Produk :				
Keluar Pertasol CA	31514	9.73	0.74	23242.63
Pertasol CB	12463	3.85	0.76	9495.97
SOLAR	181896	56.18	0.84	152950.3
Residu	96932	29.94	0.90	87119.25
Total Produk	322805	99.7		
Kehilangan	963	0.3		

Sumber : laboratorium PHP PPSDM MIGAS

**Tabel 5.** Data distilasi ASTM Pertasol CA, 14-16 Februari 2020

% Destilasi	14 Februari	15 Februari	16 Februari	Rata-rata	
	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	°F
IBP*	61	61	60	60.67	141.2
5	73	73	72	72.67	162.8
10	79	78	77	78	172.4
20	85	85	84	84.67	184.4
30	91	90	89	90	194
40	95	94	94	94.33	201.8
50	99	99	99	99	210.2
60	104	100	105	103	217.4
70	110	110	110	110	230
80	117	116	117	116.67	242
90	130	132	134	132	269.6

Sumber : laboratorium PHP PPSDM MIGAS

**Tabel 6.** Data distilasi ASTM Pertasol CB, 14-16 Februari 2020

% Destilasi	14 Februari	15 Februari	16 Februari	Rata-rata	
	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	°F
IBP*	86	79	78	81	177.8
5	99	85	84	89.33	192.8
10	106	96	95	99	210.2
20	113	104	103	106.67	224
30	119	109	108	112	233.6
40	124	115	114	117.67	243.8
50	130	119	119	122.67	252.8
60	135	124	124	127.67	261.8
70	141	130	130	133.67	272.6
80	150	138	138	142	287.6
90	165	154	155	158	316.4

Sumber : laboratorium PHP PPSDM MIGAS

**Tabel 7.** Data distilasi ASTM Solar, 14-16 Februari 2020

% Destilasi	14 Februari	15 Februari	16 Februari	Rata-rata	
	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	°F
IBP*	154	145	140	146.33	295.4
5	179	163	163	168.33	335
10	194	179	179	184	363.2
20	212	198	200	203.33	398
30	230	218	220	222.67	432.8
40	248	238	244	243.33	470
50	262	259	263	261.33	502.4
60	286	278	282	282	539.6
70	309	302	304	305	581
80	330	328	329	329	624.2
90	363	365	368	365.33	689.6

## 2.2 Metode Perhitungan

Metode perhitungan dilakukan dengan cara menghitung neraca massa dan neraca energi dari alat *evaporator* per harinya. Untuk neraca massa dilakukan perhitungan total bahan masuk (total umpan) dan total bahan yang keluar dari *evaporator*. Total umpan dihitung menggunakan cara :[3][4]

$$Total\ umpan = Crude\ oil\ masuk + kebutuhan\ steam \quad (1)$$

Sedangkan total produk yang dihasilkan perharinya dihitung menggunakan cara :

$$Total\ Produk = Total\ produk\ atas + Total\ produk\ bawah \quad (2)$$

Dari perhitungan total umpan dan total produk dihitung selisih antara keduanya, yang selisih tersebut menandakan adanya kehilangan massa yang mempengaruhi efisiensi dari *evaporator* sendiri :

$$Total\ kehilangan\ massa = Total\ umpan - Total\ Produk \quad (3)$$

Untuk neraca energi dilakukan perhitungan dengan menghitung total panas yang masuk dan total panas yang keluar dari *evaporator* per harinya. Total panas masuk dihitung menggunakan cara :

$$\text{Panas masuk} = \text{panas fraksi crude oil} + \text{panas steam masuk} \quad (4)$$

Sedangkan total panas keluar dihitung menggunakan cara :

$$\text{Panas keluar} = \text{Panas fraksi uap} + \text{panas fraksi cair} + \text{Panas keluar steam} \quad (5)$$

Dari perhitungan total panas yang masuk dan total panas yang keluar dihitung selisih antara keduanya, yang selisih tersebut menandakan adanya panas yang hilang yang mempengaruhi efisiensi dari *evaporator* sendiri :

$$\text{Panas hilang} = \text{Panas masuk} - \text{Panas keluar} \quad (6)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Evaporator* merupakan bagian dari unit pengolahan di kilang PPSDM Migas Cepu, yang berfungsi untuk proses pemisahan uap minyak dengan cairannya atau fraksi berat dengan fraksi ringannya. Proses yang terjadi merupakan proses secara fisika yaitu proses pemisahan uap minyak dan cairannya atau antara fraksi berat dan fraksi ringannya. Minyak mentah masuk pada bagian tengah kolom *evaporator* pada suhu sekitar 310°C. Di dalam *evaporator* tersebut, dengan adanya injeksi steam dan pemanasan, maka senyawa hidrokarbon yang telah sampai pada titik didihnya akan berubah menjadi fase uap dan yang belum akan tetap berupa cairan. Fraksi ringan akan keluar sebagai hasil atas *evaporator* pada suhu sekitar 330°C dan tekanan tekanan 0.3 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan fraksi berat berupa residu akan keluar sebagai hasil bawah pada suhu sekitar 300°C.

**Tabel 8.** Neraca massa *evaporator* (V-1)

Umpan masuk V-1	Massa (kg/hari)	Hasil Atas V-1	Massa (kg/hari)	Hasil bawah V-1	Massa (kg/hari)
<i>crude oil</i>	273227.8	Pertasol CA	23242.63	Solar	23278.86
steam	15978.15	Pertasol CB	9495.97	residu	87119.25
		Pertasol CC	0		
		solar	129671.4		
		steam	15978.15		
Total umpan	289205.9	Total hasil atas	178388.2	Total hasil bawah	110398.1
Total Produk (kg/hari)				288786.30	
Total Kehilangan (kg/hari)				419.65	

Dari hasil perhitungan neraca massa untuk alat *evaporator* neraca massa yang didapatkan antara jumlah total masuk tidak sama dengan total keluar, yang berarti terdapat massa yang hilang untuk tanggal 14-16 Februari. Total massa kehilangan yang didapat adalah 419.6488667 kg/hari. Hal tersebut sudah terbilang relatif kecil dan sudah tergolong baik untuk pengoperasian *evaporator* (V-1) di unit kilang PPSDM Migas, Cepu.

**Tabel 9.** Neraca energi *evaporator* (V-1)

Umpan masuk V-1	Panas masuk (btu/hari)	hasil atas V-1	Panas (btu/hari)	Hasil bawah V-1	Panas (btu/hari)
<i>crude oil</i>	504836290.2	Panas uap	175834183.9	Panas cair	84598015.4
steam	41207912.94	steam	39957042.37		
Total umpan	546044203.1	Total hasil atas	215791226.3	total hasil bawah	84598015.4
Total produk (btu/hari)				300389241.7	
Total Kehilangan (btu/hari)				245654961.5	
% Panas hilang				44.99	
% Efisiensi panas				55.01	

Sedangkan, pada perhitungan neraca energi, untuk panas yang hilang di *evaporator* cukup banyak sebesar 245654961.5 btu/hari, dengan persen efisiensi panas *evaporator* sebesar 55.01%. panas yang hilang merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi efisiensi energi proses evaporasi. Semakin besar panas yang hilang maka semakin kecil efisiensi energi. Panas yang hilang menjadi suatu hal yang perlu dihindari. Sebab panas yang hilang dapat dimanfaatkan untuk aktivitas yang lain, seperti penggunaan pada alat-alat lainnya (*furnace, heat exchanger, dll*). Dengan mengurangi nilai panas yang hilang maka sistem akan berjalan lebih optimal. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah besarnya nilai panas yang hilang adalah dengan menambahkan *insulator* pada *evaporator*. Panas yang hilang ini dapat dideteksi dengan mengukur suhu bagian luar *evaporator*. Setelah ditinjau, ternyata suhu dibagian *evaporator* cukup panas. Hal ini menandakan memang ada panas yang hilang dengan mengasumsikan panas hilang ke lingkungan. Selain itu, panas yang hilang ini dapat disebabkan karena adanya panas konduksi, konveksi, dan radiasi[5]. Efisiensi energi juga dipengaruhi oleh kebersihan *evaporator*. Selama proses evaporasi, adanya padatan yang tersuspensi dalam cairan akan menimbulkan kerak pada *evaporator* atau disebut juga dengan *fouling*. *Fouling* yang terjadi pada alat penukar panas dapat mengurangi laju perpindahan panas karena koefisien transfer panas mengalami penurunan [6]. Hal tersebut akan berdampak pada terhambatnya proses penguapan. Sehingga, diperlukan pembersihan *evaporator* atau perbaikan seluruh sistem perpipaan didalam *evaporator* secara berkala agar tidak terdapat *fouling*. Hal tersebut sangat disayangkan mengingat panas yang hilang tergolong relatif besar, dan panas yang hilang tersebut seharusnya bisa digunakan untuk pengoperasian di *evaporator* untuk memisahkan komponen-komponen dengan lebih baik lagi.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan :

- Pada hasil perhitungan neraca massa pada *evaporator* (V-1) unit kilang didapatkan massa yang hilang sebesar 419.65 kg/hari, sedangkan pada perhitungan neraca energi, untuk panas yang hilang cukup banyak sebesar 245654961.5 btu/hari
- Dari hasil perhitungan didapatkan hasil efisiensi panas pada alat *evaporator* sebesar 55.012%.
- *Evaporator* (V-1) yang berada pada unit kilang di PPSDM MIGAS Cepu sedang kurang layak untuk digunakan dan perlu diadakan pemeriksaan secara berkala.

Saran :

- Sebaiknya dilakukan pemeriksaan rutin terhadap instalasi alat-alat di unit kilang sehingga apabila telah diketahui terjadi penurunan performa dapat segera diperbaiki agar produksi menjadi maksimal.
- Untuk menjaga kondisi operasi sesuai yang sesuai pada peralatan seperti *evaporator*, kolom destilasi, dan kolom *stripper* dibutuhkan isolasi yang lebih sempurna pada sistem perpipaannya sehingga panas yang hilang dapat ditekan sekecil mungkin.

#### REFERENSI

- [1] Z. A. li and D. I. Industri, 2019, *Evaluasi Ekonomi Steam Tripple Effect Evaporator Pada Proses Produksi Pupuk Ammonium Sulfat li (Za li) Di Industri Pupuk,* Distilat J. Teknol. Separasi, Vol. 5, No. 1, pp. 1–6.
- [2] Rahmatullah, F. Primesa Caesaranty, and F. Puspita Sari, 2019, *Evaluasi performance ammonia converter Pabrik urea ditinjau dari pengaruh temperatur, tekanan, rasio H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>, dan mol inert inlet, serta perhitungan neraca massa dan neraca panas dengan simulator,* J. Tek. Kim, Vol. 25, No. 1, pp. 21–30.
- [3] C. J. Geankoplis, 1993, *Mechanical-Physical Separation Processes, Transport Processes and Unit Operations.*
- [4] B. E. Lauer, 1963, *Basic principles and calculations in chemical engineering (Himmelblau, David M.), J. Chem. Educ.*
- [5] A. Zahidin and L. Rubianto, 2020, *Perhitungan Neraca Massa, Neraca Panas dan Efisiensi Pada Rotary Kiln Unit Kerja RKC 3 PT Semen Indonesia (PERSERO) Tbk.,* Distilat J. Teknol. Separasi, Vol. 6, No. 2, pp. 309–315.
- [6] O. Gudmundsson, O. P. Palsson, H. Palsson, and S. Lalot, 2009, *Fouling detection in a cross-flow heat exchanger based on physical modeling.*