

PERHITUNGAN EFISIENSI EVAPORATOR (V-1) DI UNIT KILANG PUSAT PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA MINYAK DAN GAS BUMI CEPU

Catharina Bernadeta Kubha¹, Alvira Alwa Setyorini¹, Achmad Chumaidi¹, Jatmiko²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²PPSDM Migas Cepu, Jl. Sorogo No. 1, Blora 58315, Indonesia

ketykubha@gmail.com ; [achmad.chumaidi@yahoo.com]

ABSTRAK

Evaporator merupakan salah satu alat utama di unit kilang PPSDM Migas Cepu yang sudah cukup lama digunakan sehingga perlu dilakukan perhitungan efisiensi evaporator. Perhitungan efisiensi dilakukan untuk mengetahui kelayakan evaporator tersebut untuk proses pengolahan minyak mentah di unit kilang PPSDM Migas Cepu. Perhitungan efisiensi evaporator dilakukan berdasarkan data dari unit kilang yaitu data kondisi evaporator, data densitas tiap komponen, data massa tiap komponen, dan data distilasi ASTM (*American Society for Testing Material*) tiap komponen mulai dari tanggal 7 – 11 Februari 2022 kemudian dilakukan perhitungan neraca massa dan dilanjutkan dengan perhitungan neraca panas. Dari perhitungan neraca massa dan neraca panas tersebut didapatkan efisiensi evaporator sebesar 58,76%. Nilai efisiensi tersebut menunjukkan bahwa evaporator yang ada di unit kilang PPSDM Migas Cepu kurang layak untuk digunakan dan perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan efisiensi evaporator tersebut agar tidak mengganggu proses pengolahan minyak mentah.

Kata kunci: evaporator, efisiensi, neraca massa, neraca panas, PPSDM Migas Cepu

ABSTRACT

Evaporator is one of the main equipments in refinery unit of PPSDM Migas Cepu which has been used for quite a long time so it is necessary to calculate the efficiency of the evaporator. Efficiency calculation is carried out to determine the feasibility of the evaporator for the crude oil processing in refinery unit at PPSDM Migas Cepu. The calculation of evaporator efficiency is done based on data that consists of evaporator condition, density of components, mass of components, and ASTM distillation of components in the refinery unit starting from February 7-11, 2022, then continued with mass balance and heat balance calculation. The results of the mass balance calculation show that the total lost product is 4276.89 kg/day. From mass balance and heat balance calculation, the evaporator efficiency is 58.76%. The efficiency value indicates that the evaporator in the PPSDM Migas Cepu is less suitable to be used and maintenance needs to be carried out to improve the efficiency of the evaporator so it will not interfere the crude oil production.

Keywords: evaporator, efficiency, mass balance, heat balance, PPSDM Migas Cepu

1. PENDAHULUAN

Evaporasi merupakan salah satu proses transfer panas yang banyak digunakan dalam berbagai proses di industri seperti pengentalan larutan gula, natrium klorida (NaCl), natrium hidroksida (NaOH), gliserol, lem, susu dan jus. Alat yang digunakan untuk proses evaporasi disebut evaporator [1,2]. Pada proses evaporasi, panas akan ditambahkan ke dalam

evaporator sehingga komponen yang lebih volatil akan bergerak ke permukaan dan berubah menjadi fase uap [3,4]. Evaporator juga digunakan pada industri pengolahan minyak mentah (*crude oil*), salah satunya PPSDM Migas Cepu. Evaporator di PPSDM Migas digunakan untuk memisahkan fase uap dan fase cair umpan *crude oil* yang berasal dari *furnace* agar kerja alat selanjutnya, kolom fraksinasi, tidak terlalu berat. Senyawa hidrokarbon sebagai penyusun *crude oil* dari *furnace* dimasukkan ke dalam evaporator. Senyawa hidrokarbon yang telah sampai pada titik didihnya akan menguap dan keluar melewati puncak evaporator, sedangkan yang tidak menguap berupa cairan dan keluar sebagai residu [5]. Evaporator di PPSDM Migas Cepu sudah cukup lama digunakan sehingga perlu dilakukan perhitungan efisiensi terhadap evaporator tersebut. Efisiensi evaporator dipengaruhi oleh tiga komponen penting yaitu perpindahan panas, pemisahan uap-cair, dan konsumsi energi yang efisien [6].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Herlambang (2016), evaporator yang ada di PPSDM Migas Cepu memiliki efisiensi sebesar 75,62% [7], sedangkan Munawaroh, dkk (2021) dalam penelitiannya menuliskan bahwa efisiensi evaporator yang ada di PPSDM Migas menurun menjadi 55,01% karena dipengaruhi oleh beberapa faktor [5]. Oleh karena itu, perhitungan efisiensi evaporator perlu dilakukan karena kinerja alat di sebuah industri akan semakin berkurang seiring berjalannya waktu.

Perhitungan efisiensi evaporator didasarkan pada perhitungan neraca massa dan neraca energi dari evaporator itu sendiri. Dari perhitungan neraca massa, bisa dibandingkan jumlah *crude oil* yang diolah dengan jumlah produk yang dihasilkan dan produk yang hilang (*losses*). Dari perhitungan neraca panas, bisa dibandingkan panas yang masuk dengan panas yang keluar dan panas yang hilang. Jika terjadi penurunan efisiensi yang cukup besar, maka evaporator tersebut perlu diperbaiki untuk meningkatkan kinerjanya atau bisa juga diganti dengan yang baru agar bisa memaksimalkan proses pengolahan *crude oil* [8]. Tujuan dari perhitungan efisiensi adalah untuk mengetahui kelayakan evaporator tersebut untuk tetap digunakan dalam tahapan proses pengolahan *crude oil*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Evaluasi efisiensi Evaporator (V-1) dilakukan secara kuantitatif melalui beberapa tahapan yaitu perhitungan neraca massa, neraca energi dan kinerja evaporator. Data untuk perhitungan didapatkan langsung dari *Control Room* dan Laboratorium Unit Kilang PPSDM Migas Cepu.

2.1. Data Operasi Evaporator (V-1)

Data operasi evaporator ini terdiri dari data kondisi operasi evaporator pada Tabel 1, data densitas tiap komponen pada Tabel 2, data massa tiap komponen pada Tabel 3, data distilasi ASTM Pertasol CA pada Tabel 4, data distilasi ASTM Pertasol CB pada Tabel 5, dan data distilasi ASTM Solar pada Tabel 6.

Tabel 1. Data kondisi operasi evaporator (V-1) (7 – 11 Februari 2022)

<i>Top Temperature</i> (T_1) (°F)	<i>Bottom Temperature</i> (T_2) (°F)	<i>Inlet Temperature</i> (T_3) (°F)	<i>Top Pressure</i> (P_1) (kg/cm ²)	<i>Inlet Pressure</i> (P_{in}) (kg/cm ²)
337	302	314	0,33	0,3

Sumber: *Control room* unit kilang PPSDM MIGAS

Tabel 2. Data densitas tiap komponen pada evaporator (V-1)

Tanggal	Densitas <i>Crude oil</i> (kg/L)	Densitas Pertasol CA (kg/L)	Densitas Pertasol CB (kg/L)	Densitas Solar (kg/L)	Densitas Residu (kg/L)
7 Feb 2022	0,829	0,722	0,751	0,822	0,878
8 Feb 2022	0,828	0,726	0,754	0,839	0,878
9 Feb 2022	0,829	0,726	0,757	0,828	0,875
10 Feb 2022	0,831	0,741	0,765	0,833	0,847
11 Feb 2022	0,831	0,727	0,761	0,831	0,871
Rata-rata	0,830	0,728	0,758	0,831	0,870

Sumber: Control room unit kilang PPSDM MIGAS

Tabel 3. Data massa tiap komponen pada evaporator (V-1)

Aliran	Komponen	Volume (L/hari)	% Volume	Densitas rata-rata (kg/L)	Massa (kg/hari)
Masuk	<i>Crude oil</i>	284.161	100	0,830	235.796,63
Keluar	Pertasol CA	351.09	12,36	0,722	25.341,68
	Pertasol CB	10.776	3,79	0,605	6.515,17
	Solar	169.802	59,76	0,828	140.561,93
	Residu	67.652	23,81	0,874	59.100,96
Total Produk		283.339	99,71		
Kehilangan		822	0,29		

Sumber: Laboratorium PHP PPSDM MIGAS

Tabel 4. Data distilasi ASTM Pertasol CA (7 – 11 Februari 2022)

% Volume Distilat	Suhu (°C)					Rata-rata suhu	
	7 Feb 2022	8 Feb 2022	9 Feb 2022	10 Feb 2022	11 Feb 2022	°C	°F
IBP	53	56	51	69	58	57,4	135,3
5	66	69	64	79	72	70,0	158,0
10	72	75	71	86	78	76,4	169,5
20	77	80	79	92	84	82,4	180,3
30	82	85	86	98	90	88,2	190,8
40	86	89	91	103	95	92,8	199,0
50	91	94	96	108	100	97,8	208,0
60	97	100	101	113	106	103,4	218,1
70	104	105	107	119	112	109,4	228,9
80	112	115	115	127	119	117,6	243,7
90	127	130	126	139	134	131,2	268,2

Sumber: Laboratorium PHP PPSDM MIGAS

Keterangan:

IBP: *Intial Boiling Point*

% volume distilat: persentase volume komponen yang sudah terkondensasi

Tabel 5. Data distilasi ASTM Pertasol CB (7 – 11 Februari 2022)

% Volume Distilat	Suhu (°C)					Rata-rata suhu	
	7 Feb 2022	8 Feb 2022	9 Feb 2022	10 Feb 2022	11 Feb 2022	°C	°F
IBP	112	112	110	119	113	113,2	235,8
5	120	120	118	127	117	120,4	248,7
10	126	126	125	134	121	126,4	259,5
20	131	131	130	140	126	131,6	268,9
30	136	136	136	145	130	136,6	277,9
40	140	140	141	150	136	141,4	286,5
50	145	145	146	155	141	146,4	295,5
60	150	150	150	161	148	151,8	305,2
70	156	156	157	168	157	158,8	317,8
80	164	164	166	176	166	167,2	333,0
90	183	182	188	190	187	186,0	366,8

Sumber: Laboratorium PHP PPSDM MIGAS

Tabel 6. Data distilasi ASTM Solar (7 – 11 Februari 2022)

% Volume Distilat	Suhu (°C)					Rata-rata suhu	
	7 Feb 2022	8 Feb 2022	9 Feb 2022	10 Feb 2022	11 Feb 2022	°C	°F
IBP	142	161	140	157	141	148,2	298,8
5	168	170	169	172	171	170,0	338,0
10	186	191	188	192	192	189,8	373,6
20	209	214	209	210	213	211,0	411,8
30	224	230	225	224	232	227,0	440,6
40	240	242	240	242	241	241,0	465,8
50	260	260	260	260	262	260,4	500,7
60	280	281	281	282	280	280,8	537,4
70	300	304	300	308	300	302,4	576,3
80	325	330	327	330	328	328,0	622,4
90	352	364	358	362	354	358,0	676,4

Sumber: Laboratorium PHP PPSDM MIGAS

2.2. Metode Perhitungan

Perhitungan efisiensi evaporator diawali dengan menghitung neraca massa evaporator yaitu total bahan masuk (umpan) dan total bahan keluar (produk) per harinya. Total bahan masuk dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) sedangkan total bahan keluar dapat dihitung dengan Persamaan (2).

$$\text{Total umpan} = \text{Crude oil masuk} + \text{steam} \quad (1)$$

$$\text{Total produk} = \text{Total produk atas} + \text{Total Produk Bawah} \quad (2)$$

Setelah perhitungan total umpan dan total produk dilakukan kemudian dicari selisih antara keduanya sebagai total massa yang hilang (*mass losses*) pada Persamaan (3).

$$\text{Total Kehilangan Massa} = \text{Total umpan} - \text{Total produk} \quad (3)$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan untuk neraca energi evaporator yaitu total panas yang masuk dan total panas yang keluar dari evaporator per harinya. Total panas masuk dapat dihitung menggunakan Persamaan (4) dan total panas keluar dapat dihitung dengan Persamaan (5).

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

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

Selanjutnya, selisih antara panas masuk dan keluar dihitung sebagai total panas yang hilang (*heat losses*) menggunakan Persamaan (6).

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

Hasil perhitungan total massa dan panas yang hilang tersebut dapat mempengaruhi efisiensi panas evaporator yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (7).

$$\text{Efisiensi panas evaporator} = 100\% - \% \text{ panas hilang} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Unit kilang PPSDM Migas berfungsi untuk mengolah *crude oil* (minyak mentah) menjadi fraksi-fraksi yang lebih ringan. Pada PPSDM Migas, produk yang dihasilkan, yaitu Pertasol CA, Pertasol CB, solar dan residu, sedangkan Pertasol CC diproduksi sesuai pesanan dari pembeli. Pada proses produksinya alat-alat yang digunakan terdiri dari *heat exchanger*, *furnace*, evaporator, kolom distilasi fraksinasi, kolom stripper, kondensor, *cooler*, dan separator. Pada penelitian ini, perhitungan efisiensi dilakukan pada alat evaporator.

Tabel 7. Hasil perhitungan 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>	235.796,63	Pertasol CA	25341,68	Solar	35672,35
<i>Steam</i>	14.214,05	Pertasol CB	6515,17	Residu	59100,96
		Solar	104889,58		
		<i>Steam</i>	14214,05		
Total umpan	250.010,68	Total hasil atas	150960,47	Total hasil bawah	94773,32
		Total Produk (kg/hari)			245733,79
		Total Kehilangan (kg/hari)			4276,89

Dari hasil perhitungan neraca massa evaporator pada Tabel 7, terdapat selisih antara massa total masuk dengan massa total keluar, artinya terdapat massa yang hilang selama proses produksi berlangsung. Total massa kehilangan yang diperoleh sebesar 4.276,89 kg/hari. Hal tersebut terbilang relatif besar dan kurang baik untuk pengoperasian evaporator (V-1) di unit kilang PPSDM Migas.

Tabel 8. Hasil perhitungan neraca panas 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>	449.083.066,56	Panas uap	161.434.603,83	Panas cair	88.379.769,56
<i>Steam</i>	36.652.443,74	<i>Steam</i>	35.580.673,28		
Total umpan	485.735.510,31	Total hasil atas	197.015.277,11	Total hasil bawah	88.379.769,56

Total Panas (btu/hari)	285.395.046,67
Total Kehilangan (btu/hari)	200.340.463,64
Panas hilang	41,24%
Efisiensi panas	58,76%

Berdasarkan perhitungan neraca panas, total panas yang hilang di evaporator cukup besar yaitu 200.340.463,64 Btu/hari dengan persen efisiensi panas evaporator yang diperoleh sebesar 58,76% yang dapat dilihat pada Tabel 8. Panas yang hilang tersebut perlu dikurangi karena jumlahnya dapat mempengaruhi nilai efisiensi evaporator. Semakin banyak panas yang hilang ke lingkungan, semakin menurun efisiensi evaporator tersebut. Selain itu, panas yang hilang tersebut juga bisa dimanfaatkan untuk proses lain di unit kilang sehingga bisa meningkatkan hasil produksi [5].

Penurunan efisiensi evaporator ini dapat disebabkan karena evaporator yang digunakan sudah cukup lama sehingga berpotensi membentuk kerak (*fouling*) karena adanya zat padat yang tersuspensi dalam *crude oil*. *Fouling* yang terbentuk akan menghambat laju perpindahan panas dan *pressure drop* meningkat [2,9]. *Pressure drop* tidak dapat dicegah, tetapi dapat dikurangi dampaknya pada proses evaporasi [10]. Pembersihan evaporator sangat penting dilakukan agar tidak menghambat proses di dalam evaporator. Isolasi yang kurang baik pada evaporator juga menyebabkan adanya panas yang hilang ke lingkungan sehingga perlu adanya pemasangan insulator [5].

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa evaporator yang ada di PPSDM Migas kurang layak untuk beroperasi karena efisiensi yang semakin menurun sehingga menyebabkan produktivitas juga menurun.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan efisiensi evaporator yang telah dilakukan berdasarkan data dari unit kilang PPSDM Migas Cepu pada tanggal 7 – 11 Februari 2022, dapat disimpulkan bahwa evaporator tersebut kurang layak untuk digunakan dengan nilai efisiensi sebesar 58,76%. Hal tersebut dapat disebabkan karena adanya kerak (*fouling*) yang terbentuk dan isolasi yang kurang baik.

4.2. Saran

Perhitungan efisiensi evaporator sebaiknya dilakukan berdasarkan data dari unit kilang dengan jangka waktu yang lebih lama, minimal dua minggu, agar hasil perhitungan lebih akurat.

REFERENSI

- [1] C. J. Geankoplis, "Transport Processes and Unit Operations," 3rd ed. University of Minnesota, 1993.
- [2] S. Kakac, "Boilers, Evaporators and Condensers," 1st ed. Wiley-Interscience, 1991.
- [3] D. N. Gerasimov and E. I. Yurin, "Kinetics of Evaporation," vol. 68. Springer, 2018.
- [4] M. Benedict, T. H. Pigford, and H. W. Levi, "Nuclear Chemical Engineering," 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1981.
- [5] S. I. Munawaroh, N. Azizah, Mufid, and M. Subur, "Perhitungan Neraca Massa dan

- Neraca Energi Evaporator pada Unit Kilang PPSDM Migas Cepu," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 7, no. 1, pp. 13–19, 2021.
- [6] P. E. Minton, "*Handbook of Evaporation Technology*," South Charleston: Noyes Publications, 1986.
- [7] Y. D. Herlambang, "Unjuk Kerja Karakteristik Evaporator Terhadap Neraca Massa dan Neraca Panas," *Res. Gate*, 2016, Accessed: May 27, 2022.
- [8] F. U. D. Pratiwi, A. Kartikasari, and A. Chumaidi, "Analisa Efisiensi Kinerja Tripple Effect Evaporator pada Produksi Pupuk Ammonium Sulfat II (ZA II) di Industri Pupuk," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 5, no. 1, pp. 19–23, 2019.
- [9] S. K. Ogbonnaya and O. O. Ajayi, "Fouling Phenomenon and Its Effect on Heat Exchanger: A Review," *Front. Heat Mass Transf.*, vol. 9, 2017.
- [10] A. Setyawan, "Evaluasi Efisiensi Proses Evaporasi Pasca Blowdown Konsentrat," pp. 75–82, 2017.