

KAJIAN KEEKONOMIAN DESAIN SEPARATOR *SURFACE FACILITIES* PADA LAPANGAN X

Oleh : Risdiyanta, ST, MT. *)

ABSTRAK

Salah satu tantangan di lapangan produksi di Indonesia adalah minyak dengan sifat fisik yang berbeda misalnya *specific gravity* dan tingginya *water cut* untuk lapangan-lapangan produksi yang sudah tua. Minyak, gas dan air akan dipisahkan di sebuah *surface facilities* dengan menggunakan separator dengan konfigurasi tertentu. Konfigurasi separator ditentukan dengan menentukan jumlah stage dan tipe separator. Konfigurasi bertujuan untuk menghasilkan pemisahan yang optimal sehingga prosentase produk hidrokarbon dapat dipisahkan dari air dengan maksimal. Dari simulasi tiga model konfigurasi separator pada kondisi suhu dan tekanan yang sama dihasilkan bahwa produk hidrokarbon yang dipisahkan dari air mempunyai jumlah laju alir dan kemurnian yang relatif sama, maka untuk menentukan keekonomian desain separator dilakukan analisa keekonomian dengan sensitivitas *specific gravity* (s.g) crude oil dan *water cut* dengan menggunakan simulator HYSYS. Dari hasil simulasi didapatkan korelasi antara harga separator terhadap berbagai *specific gravity* crude oil dan *water cut* sehingga dapat dihitung keekonomian desain separator baik itu berupa konfigurasi maupun tipe dari separator yang digunakan. Dalam kasus ini penulis mendapatkan kesimpulan bahwa konfigurasi separator tiga stage yaitu Separator pertama tiga fasa sedangkan separator kedua dan ketiga dua fasa adalah yang paling ekonomis.

I. LATAR BELAKANG

Saat ini beberapa lapangan minyak di Indonesia telah ditargetkan oleh pemerintah untuk memproduksi minyak sesuai dengan target produksi yang telah ditetapkan pertahunnya. Untuk mengejar target tersebut, beberapa perusahaan perminyakan berusaha dapat memproduksi lapangan minyak meskipun reservoir di lapangan tersebut merupakan minyak *black oil*.

Minyak *black oil* yang umumnya memiliki API gravity antara 20 – 30 merupakan minyak yang cukup viscous untuk diproduksi, selain itu minyak jenis tersebut mempunyai selisih *specific gravity* yang kecil dengan air sehingga lebih susah untuk dipisahkan dalam separator.

Salah satu tantangan dalam memproduksi minyak di Indonesia adalah adanya perbedaan sifat fisik crude oil

seperti *specific gravity* dan dengan bertambahnya usia lapangan minyak maka persentase *water cut* (rasio air minyak) juga akan semakin besar, dengan bertambahnya *water cut* maka akan mempengaruhi nilai keekonomian dari separator.

Untuk mendapatkan produk hidrokarbon dengan kemurnian tinggi maka dilakukan operasi pemisahan bertingkat atau multi stage, karena itu dalam proses tersebut di perlukan konfigurasi separator yang mampu memisahkan minyak gas dan air secara optimum, sistem pemisahan pada kondisi operasi tertentu diperlukan konfigurasi separator yang tepat sehingga produk hidrokarbon yang dihasilkan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, selain mempunyai kandungan hidrokarbon yang tinggi maka minyak yang dihasilkan juga harus mempunyai karakteristik sesuai

dengan spesifikasi yang diinginkan oleh pasar.

Dalam operasi pemisahan bertingkat/*multi stage* biasanya dihasilkan produk hidrokarbon dengan kemurnian yang relatif sama sehingga untuk menentukan keekonomian desain separator dilakukan dengan pendekatan lain seperti nilai *specific gravity crude oil* dan *water cut*.

Dalam hal ini penulis mencoba untuk melakukan simulasi desain separator dalam operasi pemisahan bertingkat atau *multi stage* menggunakan simulator HYSYS untuk melakukan kajian secara ekonomi untuk merancang separator di lapangan X sehingga bisa diperoleh desain separator dalam sebuah sistem pemisahan yang mempunyai biaya terendah tetapi tetap bisa mengakomodasi fluida yang akan dipisahkan dalam separator tersebut dan dihasilkan produk hidrokarbon dengan kemurnian yang tinggi.

II. BATASAN MASALAH

Pembahasan penelitian ini dibatasi pada permasalahan :

1. Kondisi Operasi (Tekanan dan Suhu) memakai sistem pemisahan yang sudah ada di lapangan lain yang mempunyai jenis minyak yang sama.
2. Perhitungan menggunakan data-data lapangan
3. Minyak yang mengalir adalah setelah *choke*

III. ASUMSI-ASUMSI

1. Laju aliran adalah *steady state* (konstan)
2. Berat jenis fluida dalam aliran adalah tetap
3. Tidak ada material solid yang terikut

IV. RUMUSAN MASALAH

Masalah yang dicoba untuk dicari penyelesaiannya adalah :

3. Hubungan antara *specific gravity minyak* dengan harga separator
4. Hubungan antara *water cut* dengan harga separator
5. Berbagai konfigurasi separator dalam sistem pemisahan bertingkat/*multi stage*

V. TUJUAN PENELITIAN

Menentukan konfigurasi separator yang paling ekonomis dalam sistem pemisahan bertingkat/*multi stage* pada *surface facilities*

VI. METODOLOGI

Metode serta langkah-langkah dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut :

6. Studi literatur
Studi literatur dilakukan untuk mengetahui teori-teori dasar yang menunjang dalam penulisan penelitian dan sebagai acuan dalam menyusun rencana serta tujuan dari penelitian. Studi literatur juga bertujuan pula sebagai bekal awal dalam menentukan arah dalam penyusunan penelitian. Studi literatur dalam penelitian ini meliputi: kesetimbangan uap-cairan, perancangan separator yang sesuai terhadap masalah yang dihadapi, serta mempelajari kasus-kasus dari penelitian sebelumnya.
7. Pengambilan data lapangan
Penelitian diawali dengan pengumpulan data-data lapangan, yang meliputi
 - 2.1. Data-data fluida meliputi *flowrate* minyak, air dan gas
 - 2.2. Data-data komposisi hidrokarbon dalam sampel minyak dan gas

- 2.3. Sifat fisik minyak, antara lain :
viskositas kinematik, density,
API Gravity, Berat Molekul,
Specific Gravity
- 2.4. Data-data kondisi operasi
meliputi separator suhu dan
tekanan
8. Pemodelan operasi pemisahan
bertingkat atau *multi stage*
9. Analisa dan pembahasan.
Analisa dan pembahasan
dilakukan setelah melakukan
pengolahan data lapangan.
Adapun analisa dan pembahasan
meliputi : sensitivitas *water cut* dan
specific gravity terhadap
keekonomian desain separator

10. Kesimpulan.

Kesimpulan merupakan pengambilan keputusan dari rangkaian penelitian, yang mana kesimpulan tersebut mengarah kepada pemilihan desain separator yang paling ekonomis dalam proses pemisahan multi stage.

VII. PEMBAHASAN

a. Data – Data Lapangan

Data-data lapangan yang diperoleh selama survei di lapangan adalah sebagai berikut :

Oil well analysis:

Tabel VII.1. Data-data Fluida

Deskripsi	Maximum	Minimum
<i>Liquid Flow Rate</i> , BFPD	7,000	-
<i>Crude Oil Flow Rate</i>	4,600	
<i>Water Flow Rate</i> , BWPD	6,300	1,400
<i>Gas Flow Rate</i> , MMSCFD	2.52	-

Tabel VII.2. Sifat Fisik Crude Oil

Deskripsi	Well Number	
	5A-237	5A-243
<i>Field</i>	Niru	Niru / NR6
<i>Formation</i>	W3	W3
<i>API Gravity @ 60°F</i>	23.38	25.21
<i>SG @ 60°F</i>	0.9136	0.9029
<i>Kinematic Viscosity @ 100</i>	14.0	16.6
<i>Kinematic Viscosity @ 122</i>	10.7	11.0
<i>Kinematic Viscosity @ 140</i>	7.9	7.5
<i>Kinematic Viscosity @ 160</i>	4.8	-
<i>Kinematic Viscosity @ 168</i>	-	-
<i>Pour Point, °C</i>	27	24
<i>Asphalt Content, % wt</i>	-	-
<i>Wax Content, % wt</i>	-	-
<i>Salt Content, lb/1000 bbl</i>	4,814	-
<i>Salt Content, % weight</i>	-	-

Tabel VII.3. Komposisi *wellstream*

Komponen		Persen Mol	Persen Berat
<i>Hydrogen Sulfide</i>	H ₂ S	0.00	0.00
<i>Carbon Dioxide</i>	CO ₂	9.51	3.08
<i>Nitrogen</i>	N ₂	0.01	0.00
<i>Methane</i>	C ₁	17.29	2.05
<i>Ethane</i>	C ₂	3.01	0.67
<i>Propane</i>	C ₃	4.49	1.46
<i>Iso-Butane</i>	i-C ₄	1.20	0.51
<i>n-Butane</i>	n-C ₄	1.89	0.81
<i>Iso-Pentane</i>	i-C ₅	1.07	0.57
<i>n-Pentane</i>	n-C ₅	0.82	0.43
<i>Hexanes</i>	C ₆	2.05	1.30
<i>Heptanes Plus</i>	C ₇₊	58.66	89.12
Total		100.00	100.00

Properti Heptanes Plus:

Specific Gravity @ 60/60 °F : 0.8524
Molecular Weight : 206.10

Tabel VII.4. Analisis Hidrokarbon Cair pada sampel separator minyak

Komponen		Persen Mol	Persen Berat
<i>Hydrogen Sulfide</i>	H ₂ S	0.00	0.00
<i>Carbon Dioxide</i>	CO ₂	1.91	0.46
<i>Nitrogen</i>	N ₂	0.00	0.00
<i>Methane</i>	C ₁	0.99	0.09
<i>Ethane</i>	C ₂	0.81	0.13
<i>Propane</i>	C ₃	2.90	0.70
<i>Iso-Butane</i>	i-C ₄	1.14	0.36
<i>n-Butane</i>	n-C ₄	1.97	0.62
<i>Iso-Pentane</i>	i-C ₅	1.34	0.53
<i>n-Pentane</i>	n-C ₅	1.04	0.41
<i>Hexanes</i>	C ₆	2.83	1.33
<i>Heptanes Plus</i>	C ₇₊	85.07	95.37
Total		100.00	100.00

Properti Heptanes Plus:

Specific Gravity @ 60/60 °F : 0.9110
Berat Molekul : 206.14

Tabel VII.5 Analisis Kandungan Hidrokarbon dalam gas

Komponen		Persen (Mol)
Hydrogen Sulfide	H ₂ S	0.00
Carbon Dioxide	CO ₂	26.34
Nitrogen	N ₂	0.03
Methane	C ₁	53.50
Ethane	C ₂	7.89
Propane	C ₃	8.02
Iso-Butane	i-C ₄	1.33
n-Butane	n-C ₄	1.69
Iso-Pentane	i-C ₅	0.48
n-Pentane	n-C ₅	0.31
Hexanes	C ₆	0.32
Heptanes plus	C ₇₊	0.09
Total		100.00

Calculated Gas Gravity (Air=1.000) : 0.9939

Kondisi Operasi Proses

1. Separator satu :
 - i. Tekanan : 757,8 KPa
 - ii. Suhu 43,13 °C
2. Separator dua :
 - i. Tekanan : 346,8 KPa
 - ii. Suhu 47,42 °C
3. Separator tiga :
 - i. Tekanan : 106,8 KPa
 - ii. Suhu : 46,8

b. Tahapan Penentuan Konfigurasi Separator

Dalam menentukan tahapan konfigurasi separator dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mencari jumlah stage optimum yang bisa memisahkan air, minyak dan gas serta jumlah dan komposisi hidrokarbon yang diperoleh
- b. Setelah diperoleh jumlah stage optimum maka selanjutnya dilakukan eksperimental konfigurasi separator untuk mencari desain dengan harga yang paling minimal dan memberikan hasil optimal, dimana dalam mencari disain konfigurasi yang paling ekonomis penulis

melakukan sensitivitas terhadap *specific gravity* dan *water cut*.

- c. Adapun kemungkinan-kemungkinan konfigurasi yang akan dioptimasi adalah sebagai berikut :

1. Konfigurasi model satu : separator tiga-dua-dua fasa
2. Konfigurasi model dua : separator dua-tiga-tiga fasa
3. Konfigurasi model tiga: dua-dua-tiga fasa

c. Model

Model yang dikembangkan untuk menentukan keekonomian desain separator adalah berdasarkan terhadap *specific gravity* minyak dan *water cut*. Untuk melakukan simulasi keekonomian separator dilakukan Sensitivitas terhadap *specific gravity* dengan kisaran 0.8 – 0.925 dan *water cut* dengan kisaran 20%-90% untuk mengetahui pengaruh kedua variable tersebut terhadap harga separator. Dari sensitivitas yang dilakukan dapat diketahui harga separator yang paling ekonomis.

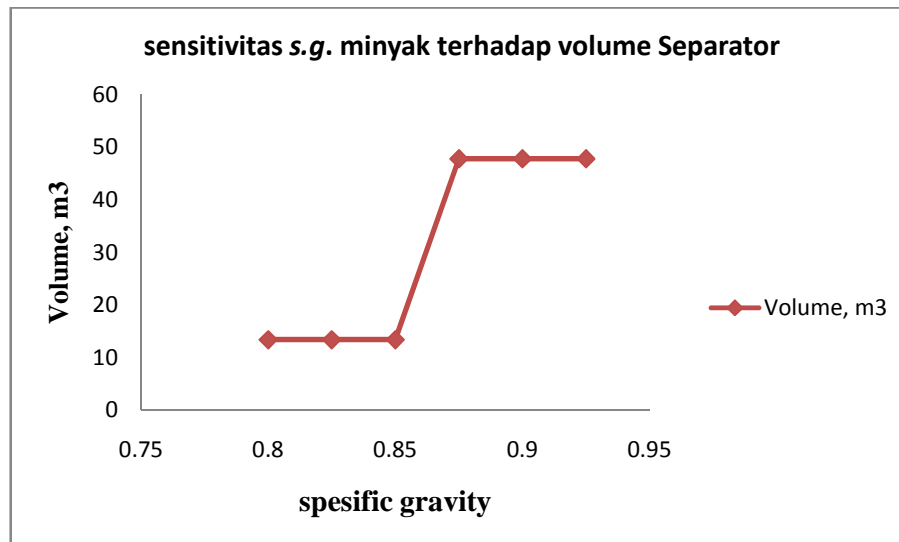
d. Korelasi Spesific Gravitas Terhadap Volume Separator

Dari sensitivitas *specific gravity* minyak terhadap volume separator didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel VII.6 Sensitivitas *Specific Gravity* Terhadap Volume Separator

No	Spesific gravity	Volume Separator (m3)
1	0.800	12.95
2	0.825	12.95
3	0.850	12.95
4	0.875	47.80
5	0.900	47.80
6	0.925	47.80

Dari tabel VII.6 didapatkan korelasi seperti grafik dibawah



Gambar VII.1 Sensitivitas *specific gravity* minyak terhadap volume Separator

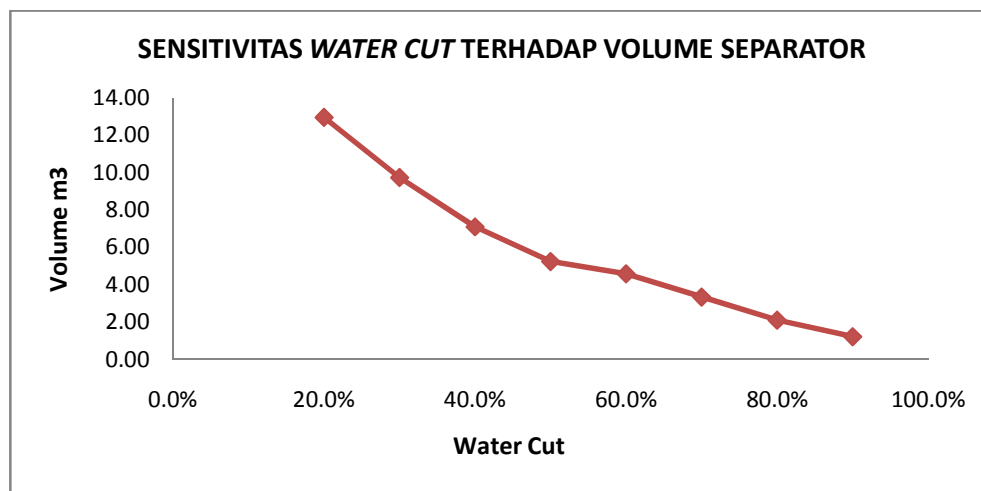
Dari gambar VII.1 terlihat bahwa semakin besar *specific gravity* minyak maka semakin besar volume separator sehingga harga separator semakin mahal

e. Korelasi Water Cut Terhadap Volume Separator

Dari sensitivitas *water cut* minyak terhadap volume separator didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel VII.7 Sensitivitas *Water Cut* Terhadap Volume Separator

No.	Water Cut	Volume (m ³)
1	20%	12.95
2	30%	9.73
3	40%	7.09
4	50%	5.24
5	60%	4.58
6	70%	3.34
7	80%	2.10
8	90%	1.22

Gambar VII.2 Sensitivitas *water cut* terhadap Volume Separator

Dari gambar VII.2 terlihat bahwa semakin besar *water cut* maka semakin kecil volume separator sehingga harga dari separator semakin murah.

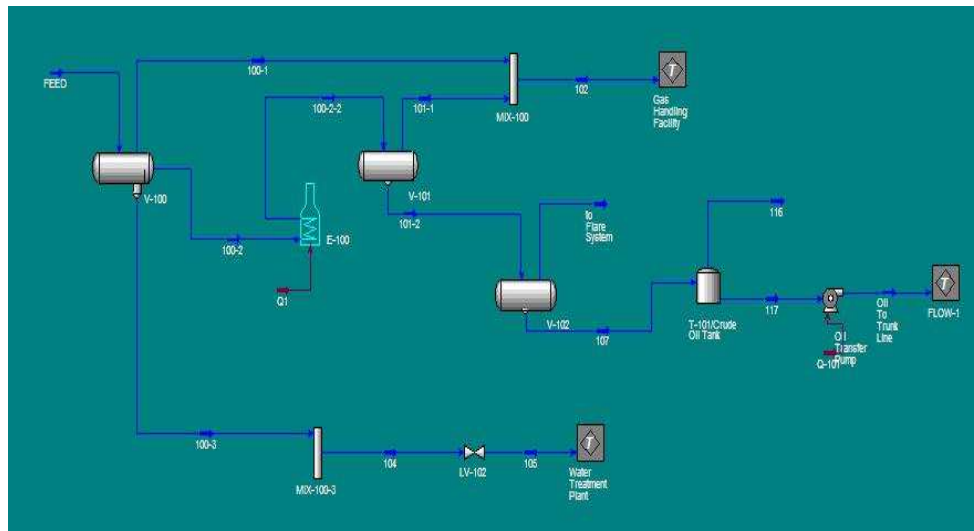
f. Konfigurasi Separator Tiga Stage

Pada pemilihan desain pemisahan ini penulis mencoba untuk merancang tiga model konfigurasi separator tiga stage untuk dibandingkan hasilnya kemudian dipilih model yang paling ekonomis dan hasil pemisahan yang

optimal, dengan dasar sensitivitas terhadap *specific gravity* dan *water cut*

1. Konfigurasi separator tiga stage model satu

Konfigurasi model satu adalah pemisahan dengan menggunakan separator tiga stage dengan konfigurasi separator pertama (V-100) tiga fasa, kedua (V-101) dan ketiga (V-102) separator dua fasa



Gambar VII.3 Konfigurasi separator tiga stage Model 1

Dari model satu dilakukan sensitivitas terhadap *specific gravity* dan *water cut* dimana memberikan hasil sebagai berikut

Tabel VII.8 Sensitivitas *specific gravity* terhadap harga separator untuk konfigurasi model satu

No.	Specific Gravity	Cost (US\$)	
		Horisontal	Vertikal
1	0.800	34,399.25	51,026.78
2	0.825	34,399.25	51,026.78
3	0.850	34,399.25	51,026.78
4	0.875	47,004.33	77,582.91
5	0.900	47,004.33	77,582.91
6	0.925	47,004.33	77,582.91

Dari Tabel VII.4 terlihat bahwa semakin besar *Spesific Gravity* maka semakin mahal harga separator. Sedangkan sensitivitas terhadap *water cut* dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

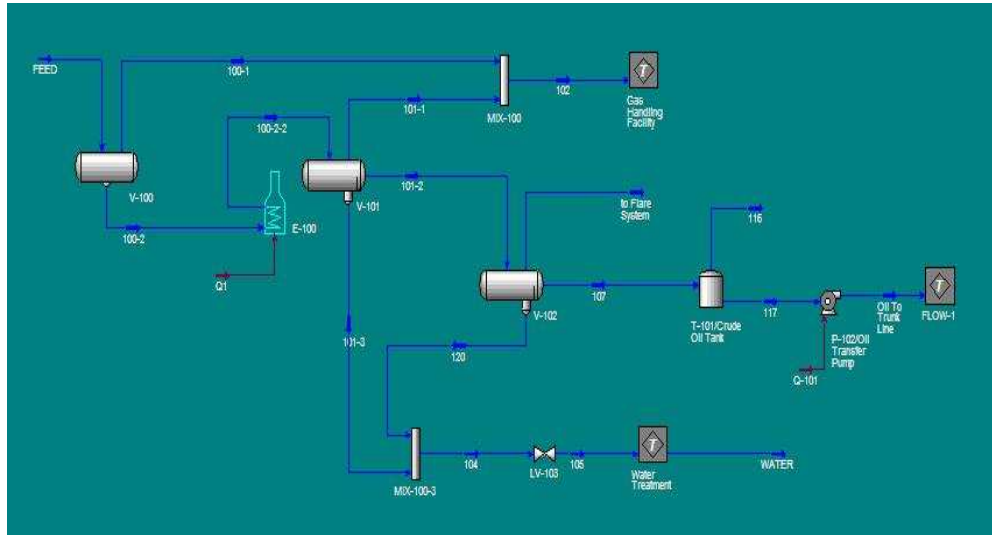
Tabel VII.9. Sensitivitas *Water Cut* Terhadap Harga Separator Untuk Konfigurasi Model Satu

No	Water Cut	Cost (US\$)	
		Horisontal	Vertikal
1	20%	34,399.25	51,009.92
2	30%	30,551.15	44,724.49
3	40%	30,551.15	44,724.49
4	50%	25,759.64	40,734.07
5	60%	24,870.60	38,300.05
6	70%	24,870.60	34,547.24
7	80%	24,870.60	34,547.24
8	90%	23,141.77	31,060.35

Dari Tabel VII.9 terlihat bahwa semakin besar *water cut* yang terkandung dari fluida maka semakin ekonomis harga separator dan separator tipe vertikal lebih mahal daripada tipe horizontal.

2. Konfigurasi Separator Tiga Stage Model Dua

Konfigurasi model dua adalah pemisahan bertingkat tiga dengan konfigurasi separator, pertama (V-100) separator dua fasa, Separator kedua (V-101) dan separator ketiga (V-102) separator tiga fasa



Gambar VII.4 Konfigurasi Separator Tiga Stage Model Dua

Dengan konfigurasi tersebut dilakukan sensitivitas terhadap *specific gravity* dan *water cut* dimana memberikan hasil sebagai berikut

Tabel VII.10. Sensitivitas *Specific Gravity* Terhadap Harga Separator Untuk Konfigurasi Model Dua

No.	Specific Gravity	Cost (US\$)	
		Horisontal	Vertikal
1	0.800	35,693.32	53,238.21
2	0.825	35,367.98	53,238.21
3	0.850	35,367.98	53,238.21
4	0.875	53,499.13	79,998.06
5	0.900	53,499.13	79,998.06
6	0.925	53,499.13	79,998.06

Dari Tabel VII.10 terlihat bahwa semakin besar *specific gravity* dari *crude oil* semakin mahal harga separator.

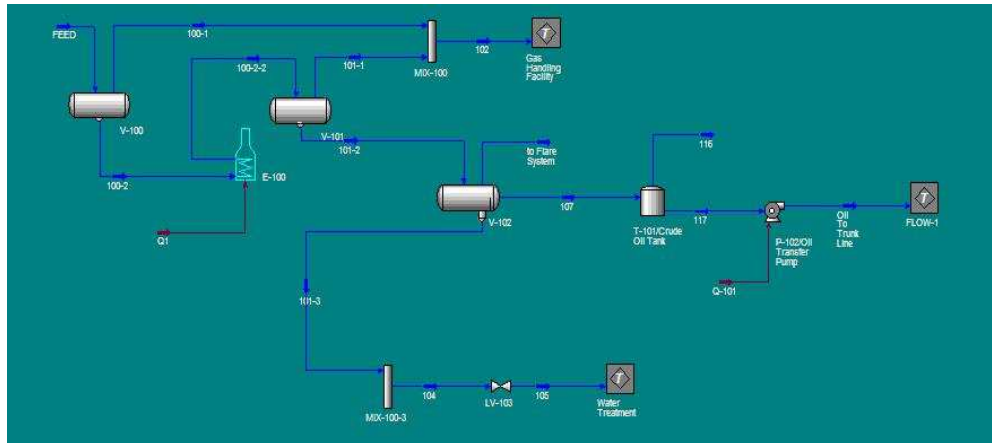
Tabel VII.11 Sensitivitas *Water Cut* Terhadap Harga Separator Untuk Konfigurasi Model Dua

No	<i>Water Cut</i>	<i>Cost (U\$)</i>	
		Horisontal	Vertikal
1	20%	35,693.32	51,026.78
2	30%	32,326.27	51,026.78
3	40%	30,388.26	48,713.88
4	50%	30,388.26	44,292.89
5	60%	29,419.53	42,081.47
6	70%	28,340.83	42,081.47
7	80%	26,381.53	42,081.47
8	90%	26,381.53	39,127.99

Dari Tabel VII.11 terlihat bahwa semakin besar *water cut* semakin murah harga separator.

3. Konfigurasi Separator Tiga Stage Model Tiga

Konfigurasi model tiga adalah pemisahan bertingkat tiga dengan konfigurasi separator pertama (V-100) dan kedua (V-101) adalah separator dua fasa, sedangkan separator ketiga (V-102) separator tiga fasa.



Gambar VII.6 Konfigurasi Separator Tiga Stage Model 3

Dengan konfigurasi tersebut dilakukan sensitivitas terhadap *specific gravity* dan *water cut* dimana memberikan hasil sebagai berikut:

Tabel VII.12 Sensitivitas *Specific Gravity* Terhadap Harga Separator Untuk Konfigurasi Model Tiga

No.	<i>Specific Gravity</i>	<i>Cost (U\$)</i>	
		Horisontal	Vertikal
1	0.800	34,696.67	53,009.92
2	0.825	34,696.67	53,009.92
3	0.850	34,696.67	53,009.92
4	0.875	53,500.96	78,131.59
5	0.900	53,500.96	78,131.59
6	0.925	53,500.96	78,131.59

Dari Tabel VII.12 terlihat bahwa semakin besar *specific gravity* crude oil maka semakin mahal harga separator, sedangkan untuk separator tipe vertikal lebih mahal daripada tipe horisontal.

Sedangkan sensitivitas *water cut* terhadap harga separator terlihat sebagai berikut:

Tabel VII.13 Sensitivitas *Water Cut* Terhadap Harga Separator Untuk Konfigurasi Model Tiga

No	<i>Water Cut</i>	<i>Cost (U\$)</i>	
		Horisontal	Vertikal
1	20%	34,696.67	51,026.78
2	30%	32,326.27	51,026.78
3	40%	30,388.26	48,713.88
4	50%	30,388.26	44,292.89
5	60%	29,419.53	42,081.47
6	70%	28,340.83	42,081.47
7	80%	26,381.53	42,081.47
8	90%	26,381.53	39,127.99

Dari Tabel VII.13 terlihat bahwa semakin besar *water cut* semakin murah harga separator, sedangkan untuk separator. Dari hasil pembahasan diatas didapatkan korelasi bahwa semakin besar *specific gravity* maka harga separator akan semakin mahal, demikian sebaliknya semakin besar *water cut* maka harga separator semakin murah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Tarek H, *"Equations of State and PVT Analysis : Application for Improved Reservoir Modeling"*, 2007, Gulf Publishing Company, USA, hal : 495 – 502.
- Arif Lukman Hakim, *"Penentuan Lokasi injeksi Panas (Thermal Injection) Pada Transportasi Minyak Berparafin Guna Mencegah Permasalahan Pembentukan Wax/Parafin Sepanjang Pipa Alir"*, 2005, Tugas Akhir, Departemen Teknik Perminyakan, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknik Mineral, Institut Teknologi Bandung, Hal : 4-15
- A.R. Solaimany Nazar, B. Dabir dan kawan-kawan, *"Measurement and Modeling of Wax Deposition in Crude Oil Pipelines"*, SPE 69425 copyright 2001.
- Bejan, Adrian and Kraus, Allan D., *"Heat Transfer Handbook"*, 2003, Jhon Willey and Son, Inc., USA, hal : 180 – 183, 190-191
- Broadkey, Robert S and Hershey, Harry C, *"Transport Phenomena : A Unified Approach"*, 1988, McGraw-Hill Book Company, USA, hal : 112 – 117, 143, 146, 148 – 153.
- Christie J. Geankoplis, *"Transport Processes and Unit Operations"*, 2 nd edition, 1983, Allyn and bacon, Inc., USA. Hal : 799
- Incropera P, frank and DeWitt P, David, *"Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 4th edition"*, Jhon Wiley and Sons, USA.
- Sadeghazad, Ayoub /NIOC-Research Institute of Petroleum Industry dan kawan-kawan, *"The Prediction of Cloud Point Temperature : In Wax Deposition"*, SPE 64519 copyright 2000.
- Salvatore J. Rand, *"Significance of Test For Petroleum Products, 2003, ASTM Manual series : MNL 1, 7th edition"*, ASTM International, USA, hal : 233
- Riazi M.R, *"Characterization and Properties of Petroleum Fraction"*, 2005, ASTM Manual series : MNL 50, 1st edition, ASTM International, USA, hal : 135, 373, 384
- Maxwell, JB., *"Data Book on Hydrocarbons : Application to Process Engineering"*, 2 nd printing, D. Van Nostrand Company, Inc., New York, USA. Hal : 90
- Sadeghazzad, A.; Christiansen, R. L. : *"The Effect of Cloud Point Temperature on Wax Deposition"*, SPE 49467, 8th International Petroleum Exhibition and Conference, Abu Dhabi, U.A.E., 11 – 14 Oktober 1998