

PENYUSUTAN KARENA PENGUAPAN (EVAPORATION LOSS) PADA TANKI JENIS FLOATING ROOF TANK

EVAPORATION LOSS IN FLOATING ROOF TANK TYPES

Indah Agus Setiorini¹⁾, Achmad Faisal Faputri²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Pengolahan Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Corresponding Author E-mail: indah@pap.ac.id dan achmadfaisal@pap.ac.id

Abstract: The amount of losses is strongly influenced by several factors, including ullage (empty space of a storage tank). The higher the ullage, the greater the losses that occur. Losses are also influenced by environmental conditions such as temperature, where high temperatures tend to evaporate light fractions. In storage tanks, the safety factor is an important consideration, one of which is facilities such as Vent and PV Valve as a breathing apparatus in the oil product storage system. Because the "Wind Speed" around the storage tank is the triggering factor for Losses. In addition, losses in storage tanks are also strongly influenced by the physical characteristics of the oil product itself, especially Vapor Pressure (RVP-Reid Vapor Pressure). Evaporation loss itself must be considered because it has an impact on losses in both quantity and quality of an oil product. Basically evaporation loss / loss due to evaporation cannot be avoided, but can be controlled and minimized with adequate facilities, good maintenance, operation and supervision techniques. As an illustration, an example of calculating losses of 131.6 bbl/year for floating roof tank is presented.

Keywords: Evaporation, Losses, Floating Roof Tank

Abstrak: *Besarnya losses sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ullage (ruang kosong suatu storage tank). Semakin tinggi ullage akan semakin besar losses yang terjadi. Losses juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti halnya temperatur, dimana suhu yang tinggi kecenderungan fraksi ringan akan menguap. Dalam storage tank faktor safety menjadi pertimbangan penting salah satunya fasilitas seperti Vent dan PV Valve sebagai alat pernapasan dalam sistem penyimpanan produk minyak wajib tersedia. Karena "Kecepatan Angin" sekitar tanki penyimpanan menjadi faktor pemicu terjadinya Losses. Disamping itu Losses dalam storage tank juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik/sifat fisis produk minyak itu sendiri terutama Vapour Pressure (RVP-Reid Vapour Pressure). Evaporation Loss itu sendiri harus diperhatikan karena berdampak pada kerugian baik kuantitas maupun kualitas suatu produk minyak. Pada dasarnya evaporation loss/kehilangan akibat penguapan tidak dapat dihindari, namun dapat dikendalikan dan di minimais dengan fasilitas yang memadai, Teknik pemeliharaan, pengoperasian serta pengawasan yang baik. Sebagai gambaran, disajikan contoh perhitungan Losses sebesar 131,6 bbl/year untuk floating roof tank.*

Kata kunci : Penguapan, Kehilangan, Atap Bergerak.

1. PENDAHULUAN

Pada industri perminyakan losses sangat merugikan. Pada umumnya losses ini tidak saja dipandang merugikan hanya dari segi kuantitas, tetapi juga dari segi kualitas. Sebab tidak jarang dengan adanya losses, mutu produk berubah dan memburuk. Misalnya saja losses karena penguapan suatu fraksi (white product) akan mengakibatkan kenaikan IBP dan memperbesar *specific gravity*, serta merubah sifat distilasinya. Sifat yang memburuk tersebut akan mempengaruhi penggunaan bahan tersebut. Sebagai contoh misalnya losses sebanyak 1,2 % dari avigas akan mengakibatkan hal-hal sebagai berikut :

a. *Specific gravity* naik sebanyak 0,002, misal 0,7664 menjadi 0,7684.

b. IBP naik 3 °C, misal IBP 40°C menjadi 43°C.

c. Temperatur *recovery* 10 % naik 2 °C, misal 75°C menjadi 77°C.

d. *Vapour pressure* turun 20 %, misal RVP 7,5 psia menjadi 6,0 psia.

e. *Octan number* turun 0,5 satuan, misal ON 88 menjadi 87,5

Losses dalam perminyakan dapat terjadi mulai *field* sampai pada konsumen. *Losses* dalam eksploitasi, transport, pengolahan, distribusi, dan lain-lain. Disamping itu, mungkin juga terjadi *losses* pada pemakai yang disebabkan oleh karena kesalahan penyimpanan dan penggunaan yang tidak rasional. Semua ini merugikan dan perlu sekali dicegah. Untuk dapat melakukan pencegahan, tentu harus mengerti sebab-sebab timbulnya *losses*. *Losses* dapat terjadi karena

penguapan, bocoran dan rembesan, kerusakan alat-alat, kontaminasi, dan lain-lain.

Dari hal-hal tersebut diatas, losses dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. *Losses* kualitas, yang bersangkutan dengan mutu.
- b. *Losses* kuantitas, yang bersangkutan dengan jumlah.

Losses kuantitas dapat disebabkan karena keadaan teknis alat-alat yang tidak memenuhi syarat, pipa-pipa dan armaturnya yang tidak baik juga dapat diakibatkan oleh pekerjaan revisi / reparasi atau pemasangan yang kurang sempurna. Banyak hal yang menentukan besar kecilnya *losses* adalah kecakapan serta keterampilan manusia yang mengangani transport dan penyimpangan.

Kadang-kadang tetesan-tetesan yang terjadi pada sambungan atau *equipment* dianggap kecil, tetapi kalau dihitung benar-benar akhirnya memberi angka yang cukup besar. Misalnya bila satu detik tetes kecil, maka dalam tempo satu bulan dapat terjadi *losses* sebanyak kurang lebih 130 – 200 liter.

2. TEORI DASAR

2.1. Sumber *Losses*

a. Pada transport

1. Transport dengan pipa

Kebanyakan kehilangan terjadi pada sentral perpompaan dan sambungan-sambungan pipa, armatur (*valves, kompensator, flanges*, dsb). Dalam sentral pepompaan *losses* karena kebocoran pompa-pompa karena packing yang kurang baik. *Losses* juga dapat terjadi pada pencucian pipa transporter.

2. Transport dengan *tank car*

Losses terjadi pada saat pengisian dan pembongkaran. *Losses* oleh karena alat-alat yang kurang kompak, dan juga sambungan-sambungan yang tidak baik. Bila penutupan tidak sempurna, dapat juga terjadi penguapan. *Losses* juga terjadi pada saat diadakan pembersihan atau *cleaning*.

3. Transport dengan KA

Losses banyak terjadi pada penuangan (*discharge*) dan pengisian (*loading*). Selain itu, dapat terjadi akibat rembesan-rembesan karena sambungan-sambungan atau armatur yang kurang kompak. Adanya sisa-sisa

dalam tank setelah *discharge* (terutama untuk produk berat), dan pencucian tank juga menimbulkan *losses*.

4. *Transport* melalui laut

Losses banyak terjadi pada *discharge* dan *loading*. Dapat juga pada pernapasan melalui katup pernapasan (*breather valve*). *Losses* juga dapat terjadi akibat kurang kompaknya *packing* pada pompa, sambungan-sambungan pipa, armatur dan sebagainya. Pada pergantian perpompaan jenis produk juga menimbulkan *losses* kualitatif dan kadang-kadang kwantitatif-kuantitatif demikian juga pada saat *tank cleaning*.

a. Pada penyimpanan

Pada penyimpanan petroleum product, dalam tank dan reservoir, *losses* bisa terjadi karena :

1. Pengelasan yang kurang baik dari dinding tanki atau atap (*roof*).
2. Armatur yang kurang baik (*valve, flange, kran* dsb).
3. Terbawa air yang didrain dan pada *tank cleaning*.
4. Pernapasan lewat katup pernapasan (*breather valve*).

Bila ada perpompaan yang berhubungan dengan *tank* tersebut, kemungkinan *losses* terjadi pula pada armatur dan sambungan-sambungan pipa, packing yang kurang sempurna pada sumbu-sumbu pompa.

2.2. *Oil Losses* Karena Penguapan

Oil losses terbesar dalam transport, penyimpanan dan penggunaan *product* disebabkan oleh penguapan (apalagi bagi *product* ringan). Faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya *losses* karena penguapan ini, antara lain :

1. Sifat produk antara lain mudah atau sulit menguap ini dapat dilihat dari *vapour pressure*-nya. Makin besar *vapour pressure* untuk temperatur yang sama, makin mudah produk tersebut menguap.
2. Cara penyimpanan
3. Konstruksi alat penyimpanan dan kondisi penyimpanan.

Cara dan kondisi penyimpanan yang berbeda-beda tergantung pada iklim, keadaan meteorologi ukuran tank dan penuh tidaknya isi tanki. Dalam tanki, penguapan terjadi bila ruangan di atas *liquid* belum jenuh terhadap uap *liquid* tersebut, yaitu tekanan partial uap *liquid* tersebut dalam rongga diatas permukaan *liquid* masih lebih kecil dari vapour pressure-nya. Penyebaran uap dari *liquid* tersebut keseluruh ruangan disebabkan adanya difusi dan arus konveksi (*two phase convection*). Arus konveksi ini terjadi akibat adanya perbedaan temperatur produk dalam tanki selama penyimpanan, yang disebabkan perbedaan temperatur udara dari luar.

Di atas permukaan *liquid* terdapat lapisan difusi perbatasan antara dua fase. Perpindahan uap dalam lapisan ini karena difusi. Diluar lapisan ini terjadi konveksi yang menyebabkan konsentrasi uap menjadi sama diseluruh ruangan diatas permukaan *liquid*.

Untuk menghindari timbulnya defermasi dinding tanki, maka dibuatlah sistem pernapasan dengan memasang katup. Bila tekanan membesar akibat pengembangan termis, maka katup tersebut membuka dan mengeluarkan sebagian gas dari ruangan di atas *liquid*. Sebaliknya bila tekanan mengecil karena penurunan temperatur, maka sebagian udara masuk melewati *valves* tersebut. Disebabkan adanya perbedaan temperatur siang dan malam, terjadilah penganginan produk dan sebagian produk keluar atmosfer.

Bila man hole terbuka, penguapan membesar. Di daerah dingin pembukaan man hole selama satu bulan untuk tank kapasitas 5 ribu ton, akan terjadi *losses* sebesar 53 ton untuk produk dan 28 ton untuk *crude oil*. Akibat pernapasan tersebut, terjadi *losses*. Pada siang hari terjadi penghembusan gas dari ruangan di atas *liquid* ke udara dan malam hari terjadi pengisapan udara dari luar ke dalam ruangan tersebut.

Losses akibat pernapasan tersebut, dapat dihitung dengan tepat. Tetapi *losses* akibat bocor, rembes, dan lain-lain sulit untuk dirumuskan. *Losses* akibat pernapasan tergantung pada temperatur tanki, tekanan dan berat molekul *vapour* hidrokarbon.

Untuk *gasoline*, dalam tanki dengan kapasitas 5.000 m³ dan pengisian 90% (*vapour pressure* 400 mmHg) selama satu hari akan hilang 40 kg bila pengisian 10% *losses* akan naik menjadi 300 kg. Dalam pengisian bensin ke dalam tanki dengan kapasitas 5.000 m³ dari ruangan di atas *liquid*, akan keluar gas. Gas tersebut merupakan campuran antara uap bensin dan udara, dimana terdapat kurang lebih 4 ton bensin. Makin pendek periode antara pengisian dan pengosongan makin kecil *losses*. Sebab gas yang keluar tidak begitu jenuh dengan uap bensin. Untuk menghitung jumlah *losses* pada pernapasan diperlukan data-data meteorologi seperti, temperatur, tekanan udara, intensivitas radiasi cahaya matahari, keadaan mendung dan kekuatan angin.

Data tersebut diperlukan untuk perhitungan termodinamika. Hasil perhitungan ini adalah jumlah *losses* akibat penguapan pada perpompaan dari tanki (*discharge*) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\Delta G = \frac{P_{\text{par}}}{R_{\text{vap}} T} V$$

Dimana: V = volume tanki darimana produk dipompakan (m³)

P_{par} = tekanan vertial produk dalam tanki (kg/m²)

$$P_{\text{par}} = P_s \frac{y}{y+1}$$

P_s = *vapour pressure* uap produk (tekanan uap jenuh)

y = parameter yang ditentukan oleh cara/jalannya p proses penjenuhan ruangan gas di atas *liquid*, dalam hal tersebut harganya adalah:

$$y = \frac{nR_{\text{vap}} T}{W}$$

n = koefisien penguapan

w = kecepatan linier rata-rata penurunan permukaan produk dalam tank pada saat perpompaan (m/ jam)

R_{vap} = konstanta gas di atas permukaan liquid (kgm/ mg derajat)

T = temperatur gas di atas liquid (K)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Teknik Analisis Data

Evaporation loss floating roof tanks terdiri dari :

a. *Standing storage tank loss*

Losses dimana tanki dalam keadaan diam atau level tanki tetap (*ullage* tetap).

b. *Withdrawal loss*

Losses dimana saat isi tanki ditarik atau dikurangi.

3.2 Pengolahan Data

a. *Standing storage loss*

Variable perhitungan:

a) *Seal-related factor*

b) *Wind speed factor*

c) *Vapor pressure function*

d) *Vapor molecular weight*

e) *Product factor.*

f) *Density of condensed vapor*

g) *Seal-related factor* : K_s dan n (welded tanks dan riveted tanks)

K_s = *average seal factor*

n = *wind speed exponent* (V^n)

Wind Speed Factor, V^n dapat ditentukan:

1. Dapat dihitung atau dibaca langsung dari grafik dengan mengetahui kecepatan angin dan *exponent* kecepatan angin dari tabel.

2. Kecepatan angin rata-rata: 2 s.d. 15 miles/jam.

3. Bila tdk tersedia, boleh gunakan data rata-rata kecepatan angin negara terdekat.

Vapor Pressure Function (P^*) dapat ditentukan:

1. Dapat dihitung berdasarkan rumus $P^* = \dots$ (dalam grafik)

2. Dapat dibaca langsung dari grafik dengan diketahui besarnya *vapor pressure* (P) dalam psia. *Vapor pressure* (P) gasoline/naphtha dan *crude oil* dapat ditentukan dengan menggunakan grafik

hubungan RVP, slope dan temperatur *storage* (T_s).

3. Apabila T_s tidak diketahui, boleh menggunakan ketentuan pada tabel sesuai warna tanki.

Vapor Molecular Weight (BM Uap) dapat ditentukan:

1. Berat molekul uap (M_v) dpt dihitung berdasarkan komposisi HC.

2. Bila tidak diketahui, boleh diasumsikan nilainya 64 lb/lb.mol utk gasoline dan 50 lb/lb.mol utk crude oil.

Product factor (K_c) dapat ditentukan:

Product factor (K_c) hanya dibedakan antara *refinery stocks* sebagai gasoline / naphtha dan *crude oil*. Untuk *refinery stocks* $K_c = 1,0$. Untuk *crude oil* $K_c = 0,4$.

Density of Condensed Vapor

Density of condensed vapor (W_v) tidak diketahui, maka dapat diperkirakan dengan menggunakan hubungan antara W_v dan M_v (BM uap) sebagai berikut:

$$W_v = 0,08.M_v$$

$$L_s = K_s.V^n.P^*.D.M_v.K_c$$

Dimana: L_s = *standing loss* (lb/year)

K_s = *seal factor* (lihat tabel)

V^n = kecepatan angin (mph) (lihat grafik)

n = *seal related wind speed exponent* (lihat tabel)

P^* = *vapor pressure function* (lihat grafik)

D = diameter (ft)

M_v = berat molekul rata-rata *vapor* (lb/mol)

K_c = *product factor* misal, *crude oil* $K_c = 0,4$; *gasoline* $K_c = 1$

$$\text{Untuk } \textit{condensed vapor} = \frac{L_s \text{ (lb/year)}}{42 (W_v)}$$

Dimana: W_v = *density of condensed vapor* (lb/gal)

Untuk *gasoline* $W_v = 0,08 M_v$

b. *Withdrawal loss*

Perhitungan menggunakan:

$$L_w = \frac{0,943 \times C \times W_1}{D}$$

Dimana : $L_w = \text{lb/year}$
 $L_w (\text{bbl/year}) = \frac{L_w (\text{lb/year})}{D}$

$Q = \text{average throughput}$
 (bbl/year)

$C = \text{shell clingage factor}$
 (lihat tabel)

$W_1 = \text{densitas cairan (lb/gal)}$

Jika tidak ada data untuk gasoline, maka gunakan $W_1 = 6,1 \text{ lb/gallon}$.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan *Evaporation Loss* pada *Floating Roof Tanks*

Berikut data yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan:

- Jenis tanki = *Floating roof tank, welded, good condition, mechanical Shoe Primary Seal.*
- Digunakan untuk pengisian
- Diameter tank (D) = 100 ft
- Bahan cat = Alumunium Color
- Reid vapour pressure* (RVP)
- Density* (W_L) = 6,1 lb/gallon
- Throughput (Q) = 1.500.000 bbl/year
- Suhu rata-rata (T_a) = 60° F
- Kecepatan angin (V) = 10 mph
- Tekanan Atmosfir (P) = 14,7 psia

Penentuan *losses* menggunakan persamaan berikut:

4.1.1. *Standing Storage Loss*

Penentuan *standing storage loss* menggunakan persamaan berikut:

$$L_s = K_s \cdot V^n \cdot P^* \cdot D \cdot M_v \cdot K_c$$

Dengan menggunakan **Table 1: Summary of Average Seal Factors (K_s) and Wind Speed Exponents.** API Publication 2517, maka akan diperoleh data sebagai berikut:

- Average seal factor* (K_s) = 1,2
- Wind speed exponents* (n) = 1,5
- Wind speed / kecepatan angin* (V) = 10 mph
- Wind speed factor* (V_n) = 32 (Fig.1. API Publication .2517). Dengan menggunakan *Table-2 Average Annual*

Stock Storage Temperature (T_s) as a *Function of Paint Tank Color - API Publication 2517*, maka didapatkan untuk cat alumunium:

$$T_s = T_a + 2,5^\circ F$$

$$T_s = 60^\circ F + 2,5^\circ F$$

$$T_s = 62,5^\circ F$$

Dengan menggunakan Fig.3 *True Vapor Pressure (P) of Refined Petroleum Stocks* (1 psi to 20 psi RVP) API Publication 2517:

$$T_s = 62,5^\circ F$$

$$\text{RVP} = 10 \text{ psi}$$

$$\text{Slope untuk gasoline} = 3$$

Diperoleh *stock true vapour pressure* (P) = 5,4 psia. Kemudian dilakukan penentuan *vapour pressure function* (P^*).

$$P^* = \left[\frac{\frac{P}{14,7 \text{ psia}}}{\left\{ 1 + \left(1 - \frac{P}{14,7 \text{ psia}} \right)^{0,5} \right\}^2} \right]$$

$$\begin{aligned} &: \text{Gasoline} \\ &= \left[\frac{\frac{5,4 \text{ psia}}{14,7 \text{ psia}}}{\left\{ 1 + \left(1 - \frac{5,4 \text{ psia}}{14,7 \text{ psia}} \right)^{0,5} \right\}^2} \right] \\ &: 10 \text{ Psi} \end{aligned}$$

$$P^* = 0,114 \text{ psia}$$

Untuk *gasoline* :

- Product factor* (K_c) = 1
- $K_c = 0,4$ (*crude oil*)
- Berat molekul rata-rata *vapour* (M_v) *gasoline* = 64 lb/mol
- Density of condensated vapour* (W_v)
 $W_v = 0,08 \cdot M_v$
 $= 0,08 \times 64 \text{ lb/mol}$
 $W_v = 5,1 \text{ lb/mol}$

Sehingga didapatkan *standing storage loss* (L_s):

$$L_s = K_s \cdot V^n \cdot P^* \cdot D \cdot M_v \cdot K_c$$

$$L_s = (1,2) \cdot (32) \cdot (0,114) \cdot (100) \cdot (64) \cdot (1)$$

$$L_s = 28.016,6 \text{ lb/year}$$

$$L_s = \frac{28.016,6 \text{ lb/year}}{(42) \times (W_v)} \text{ bbl/year}$$

$$L_s = \frac{28.016,6 \text{ lb/year}}{42 \times 5,1 \text{ lb/mol}}$$

$$L_s = 131 \text{ bbl/year}$$

Jadi, *standing storage loss* sebesar 131 bbl/year.

4.1.2. Withdrawal Loss (L_w)

Penentuan *withdrawal loss* menggunakan persamaan berikut:

$$L_w = 0,943 \times \frac{Q \times C \times W_L}{D}$$

- Throughput* (Q) = 1.500.000 bbl/year
 Dengan menggunakan Table-3 : *Average Clingage Factor* (C) bbl/1000 ft² - *API Publication 2517*
- Untuk *gasoline average clingage factors* (C) = 0,0015 bbl/ft²
- Density* (W_L) = 6,1 lb/gal
- Diameter tanki (D) = 100 ft

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{0,943 \text{ ft}^3 \text{ gal/bbl}^2 \times 1.500.000 \text{ lb/year} \times 0,0015 \times 6,1 \text{ lb/gal}}{100 \text{ ft}} \\ &= 129 \text{ lb/year} \\ &= \frac{129 \text{ lb/yaer}}{(42)(5,1 \text{ lb/mol})} \\ &= 0,6 \text{ bbl/year} \end{aligned}$$

Jadi, *withdrawal loss* sebesar 0,6 bbl/year.

Dengan demikian sehingga didapatkan *evaporation loss* (L_e)

$$L_e = L_s + L_w$$

$$\begin{aligned} L_e &= 131 \text{ bbl/year} + 0,6 \text{ bbl/year} \\ &= 131,6 \text{ bbl/year} \end{aligned}$$

Jadi, *evaporation loss floating roof tanks* sebesar 131,6 bbl/year.

4.2 Pembahasan

Dari perhitungan penyusutan yang telah dilakukan pada tanki penampung jenis *floating roof* dengan jenis produk yang ditampung adalah *gasoline* dapat kita lihat bahwa *losses* yang disebabkan saat tanki dalam keadaan diam atau level tanki tetap (*ullage* tetap) (*standing storage tank loss*) yaitu sebesar 131 bbl/year yang setara dengan 20.829 liter/tahun. Sedangkan *losses* pada saat isi tanki ditarik atau dikurangi *withdrawal loss* sebesar 0,6 bbl/year setara dengan 95,4

liter/tahun. Dengan demikian total seluruh *losses* tiap tahun yaitu sebesar 131,6 bbl/year setara dengan 20.924,4 liter per tahun sehingga apabila harga *gasoline* rata-rata Rp. 9.900 /liter kerugian yang ditanggung sebesar Rp. 207.151.560 per tahun.

5. KESIMPULAN

Semakin besar *ullage*, maka semakin berpotensi terjadinya *losses*, karena sifat gas sendiri mempunyai sifat mengisi ruang kosong. *Losses* juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yaitu Temperatur dan kecepatan angin. Dimana semakin tinggi temperatur maka fraksi ringan akan mengalami penguapan / molekul-molekul zat keluar dari *liquid* sedangkan kecepatan angin identik dengan memperbesar volume yang sangat berpengaruh terjadinya evaporasi. Sifat fisik suatu gas juga mempengaruhi unsur pembentuk uap (*vapour pressure/RVP*) karena semakin besar tekanan uap maka semakin besar pula potensi *losses*. *Losses* Uap itu sendiri tidak bisa dihindari namun bisa dikendalikan.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 1980. *Tanks*, Second Edition. Washington DC.
- American Petroleum Institute. 1962. *Evaporation Loss from Fixed Roof Tanks*. New York.
- Muchtisar D.P. 1982. *Oil Losses dalam Transportasi dan Penyimpanan*. Cepu: PPTMG LEMIGAS.
- Nurhadi, Indra. 1991. *Tank and Vessels*, Bimbingan Profesi Sarjana Teknik (BPST) Angkatan XIV. Jakarta: Direktorat Pengolahan.
- Sutjiatmo, Bambang 1991. *Storage Tank*, Bimbingan Profesi Sarjana Teknik (BPST) Angkatan XIV. Jakarta: Direktorat Pengolahan.
- Walas, M.S., *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Butterworth