

BAB V

PERHITUNGAN STATIS KWANTITAS MINYAK DI TANGKI TEGAK

V.1 Pengenalan

Metode perhitungan statis kuantitas liquid di tangki tegak ini didasarkan atas API MPMS Chapter 12 part 1, yaitu prosedur perhitungan dengan pendekatan volumetric dan berat terhadap minyak crude oil, produk crude oil dan petrokimia yang disimpan di dalam tangki tegak. Standard ini mengkhususkan pada persamaan, urutan perhitungan, aturan dalam pembulatan hasil pengukuran, dan perbedaan level yang digunakan dalam perhitungan ini sehingga operator yang berbeda melakukan pengukuran bersama pada tangki dan isi tangki yang sama dengan volume yang sama pula diharapkan memiliki hasil perhitungan/pengukuran yang identik.

V.1.1 Ruang Lingkup

Standard ini merupakan suatu langkah-langkah petunjuk bagi pengguna untuk menghitung kuantitas minyak statis di dalam tangki tegak dan tangki kapal pada kondisi atmosferik. Standar ini juga menggunakan beberapa peristilahan dalam perhitungan minyak statis di dalam tangki tegak.

Standar ini juga mengkhususkan persamaan-persamaan yang mana akan memberikan suatu nilai koreksi untuk perhitungan kuantitas minyak di dalam tangki tegak. Perhitungan ini diperlukan sebagai dasar pemahaman bersama oleh para partisipan untuk bisa berekonsiliasi terhadap penentuan volume minyak di tangki tegak. Beberapa informasi tambahan seperti : tabel kapasitas tangki, level, temperatur, dan seterusnya juga harus dipahami bersama oleh beberapa partisipan yang terlibat dalam penentuan volume minyak di tangki tegak.

Standar ini tidak mencakup perhitungan *clingage*, material non cair, kuantitas yang kecil (seperti : onboard quantity, jumlah minyak yang tersisa di tangki dan rumus wedge, yaitu dimana material tidak menyentuh semua bulk head dari tangki kapal), serta perhitungan uap yang mengisi di ruang kosong.

V.1.2 Referensi

Beberapa referensi untuk melengkapi standar ini adalah :

1. API MPMS Chapter 1 : "Vocabulary"
2. API MPMS Chapter 2 : "Tank calibration"
3. API MPMS Chapter 3 : "Tank Gauging"
4. API MPMS Chapter 7 : "Temperatur Determination"
5. API MPMS Chapter 8 : "Sampling"
6. API MPMS Chapter 9 : "Density Determination" (atau ASTM D 1298)
7. API MPMS Chapter 10 : "Sediment and Water" (disarankan ASTM D 4007)
8. API MPMS Chapter 11 : "Physical Properties Data"

V.1.3 Singkatan dan Istilah dalam Standar ini

Dalam standar ini ada beberapa istilah dan singkatan yang harus dipahami bersama mengingat istilah dan singkatan ini banyak dipakai di lapangan. Berikut adalah daftar singkatan dan istilah yang harus diketahui :

CSW	: <i>Correction for sediment and water</i> (koreksi karena adanya sedimen dan air)
CTL	: <i>Correction for Temperatur of Liquid</i> (koreksi volume observed dari liquid yang ada di dalam tangki akibat adanya perubahan temperatur). CTL sama saja dengan VCF (<i>volume correction factor</i>)
CTSh	: <i>Correction for Temperatur of The Shell</i> (faktor koreksi yang mempengaruhi dinding tangki yang disebabkan karena pengaruh temperatur, suhu ambient dan liquid yang didalamnya)
FRA	: <i>Floating Roof Adjustment</i> (yaitu pengaturan/setting yang diperlukan akibat pengaruh dari bergerakinya <i>floating roof</i>)
GOV	: <i>Gross Observed Volume</i> (volume total dari minyak beserta endapan dan air yang tersuspensi didalamnya, tetapi tidak termasuk air bebas, yang diukur pada temperatur dan tekanan observed).
GSV	: <i>Gross Standard Volume</i> (volume total minyak beserta endapan dan air yang tersuspensi didalamnya - tetapi tidak termasuk air bebas - yang terkoreksi oleh <i>volume correction factor</i> . Dimana temperatur minyak di dalam tangki di ukur pada kondisi <i>observed</i> , sedangkan <i>API Gravity/ Density/relative density</i> nya terukur pada kondisi standard 15 oC atau 60 oF)
GSW	: <i>Gross Standard Weight</i> (berat minyak yang dihitung dari GSV)

NSV	: Net Standard Volume (volume total dari minyak, tetapi tidak termasuk endapan, air yang tersuspensi dan air bebas, yang terkoreksi oleh <i>volume correction factor</i> . Dimana temperatur minyak di dalam tangki di ukur pada kondisi <i>observed</i> , sedangkan <i>API Gravity/ Density/relative density</i> nya terukur pada kondisi standard 15 oC atau 60 oF)
NSW	: Net Standar Weight (berat minyak yang dihitung dari NSV)
TCV	: Total Calculated Volume (volume total dari minyak, termasuk endapan dan air tersuspensi, yang terkoreksi oleh <i>volume correction factor</i> . Dimana temperatur minyak di dalam tangki di ukur pada kondisi <i>observed</i> , sedangkan <i>API Gravity/ Density/relative density</i> nya terukur pada kondisi standard 15 oC atau 60 oF. Definisi ini sama dengan GSV + air bebas)
TOV	: Total Observed Volume (volume pengukuran total dari minyak, sedimen dan air tersuspensi, air bebas, dan sedimen bebas yang terbentuk di dasar tangki. Pada standar ini, TOV adalah volume yang dihitung berdasarkan tabel kapasitas tangki sebelum terkoreksi oleh : misal floating roof, temperatur dinding tangki, temperatur minyak.)
TSh	: Temperature of the Tank Shell (temperatur dinding tangki)
VCF	: Volume Correction Factor (koreksi ini sama halnya dengan CTL. Simbol ini, yaitu VCF dan CTL dapat dianggap sama. Tetapi CTL dapat digunakandi semua persamaan pada standar ini.)
WCF	: Weight Correction Factor (suatu factor yang digunakan untuk mengubah volume menjadi berat, biasanya pada temperatur standar)

V.2 Data

Ada beberapa jenis data yang diketahui, yaitu : Input Data, Data langsung (Direct Data) atau Data Utama (Primary Data). Tetapi dalam standar ini tidak membahas definisi data. Data input atau data observasi seperti pada tabel 5.1 dibawah ini haruslah didapatkan/dikumpulkan untuk bisa dilaksanakan proses perhitungan kwantitas minyak di tangki darat.

Tabel 5.1

Shore Tanks	Marine Vessel's Tanks
Recorded reference gauge height ^a	Recorded reference gauge height ^a
Observed reference gauge height ^a	Observed reference gauge height ^a
Innage or ullage or liquid level	Innage or ullage of liquid level
Innage or ullage of free water level	Innage or ullage of free water level
Average tank temperature °F or °C	Average tank temperature °F or °C
Observed density @ tank temperature	Observed density @ tank temperature
Percentage of sediment and water	Percentage of sediment and water
Ambient air temperature	Forward draft reading
	After draft reading
	Degrees of List
	Length between perpendiculars

^aThese data points do not have any direct impact on the calculation process; however, they can impact the calculation process indirectly and are usually recorded at this time.

Yang perlu dipahami adalah bahwa data observasi harus didapatkan yang paling baru dan harus didapatkan pada waktu yang sama. Data ini meliputi : level minyak di tangki, *water cut*, temperatur, dan seterusnya karena data ini untuk perhitungan *ticket report* atau *ullage report* dalam satu batch.

Data terhitung, biasanya disebut dengan data tidak langsung atau data *secondary*. Data terhitung ini memerlukan data input. Berikut adalah tabel data yang termasuk data terhitung.

Tabel 5.2

Shore Tanks	Marine Vessel's Tanks
Density @ standard temperature	Trim of Vessel
Floating roof correction	Density @ standard temperature
Tank shell temperature correction	Trim correction and list correction
Total observed volume	Total observed volume
Free water volume	Free water volume
Gross observed volume	Gross observed volume
Correction for temperature of liquid (<i>CTL</i>)	Correction for temperature of liquid (<i>CTL</i>)
Gross standard volume	Gross standard volume
Sediment and water (volume or factor)	Sediment and water (volume or factor)
Net standard volume	Net standard volume
Weight conversion factor	Weight conversion factor
Apparent mass (weight in air)	Apparent mass (weight in air)
Mass (weight in vacuum)	Mass (weight in vacuum)

V.3 Perhitungan *Gross Observed Volume* (GOV)

Perbedaan proses perhitungan untuk tangki darat (*shore tank*) dan tangki kapal (*marine tank vessel*) terletak pada cara perhitungan GOV. Sedangkan untuk perhitungan selanjutnya adalah sama.

V3.1 Perhitungan GOV untuk Tangki Darat

Untuk menghitung GOV pada tangki darat digunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{GOV} = [(\text{TOV} - \text{FW}) \times \text{CTSh}] \pm \text{FRA} \dots\dots\dots(5.1)$$

Dimana :

GOV = Gross Observed Volume

TOV = Total Observed Volume

FW = Free Water (air bebas)

CTSh = Correction for Temperatur of The Shell

FRA = Floating Roof Adjustment

V3.1.1. Perhitungan TOV untuk Tangki Darat

TOV didapatkan dari tabel tangki darat (*tank's capacity table*). Data ini didapatkan dari hasil pengukuran observasi level minyak di tangki darat dengan cara innage atau ullage (cara pengukuran level minyak di tangki darat secara innage atau ullage lihat di BAB IV).

V3.1.2 Adanya Free Water (air bebas = FW) dan Endapan di Bagian Bottom Tangki

Adalah sangat penting untuk menentukan banyaknya air bebas (FW) dan endapan yang ada di bagian bottom tangki baik setelah ataupun sesudah terjadinya pergerakan minyak di dalam tangki, sehingga dapat ditentukan besarnya koreksi yang akan digunakan. Koreksi akibat adanya air bebas dan endapan di dalam tangki menyebabkan berkurangnya volume minyak yang telah di hitung awal. Jumlah pengurangan volume minyak ini dapat ditentukan dengan mengkonversi level air bebas yang ada di tangki menjadi volume air bebas di tangki dengan bantuan tabel kapasitas tangki yang dipunyai.

V3.1.3 Koreksi Volume Minyak Akibat Pengaruh Temperatur Terhadap Dinding Tangki (CTSh)

Setiap tangki, ketika mengalami perubahan temperatur, akan menyebabkan volume minyak di tangki juga ikut berubah. Dengan asumsi bahwa tangki minyak bentuk silinder tegak yang telah memiliki tabel kapasitas tangki (tabel tangki dengan dasar temperatur dinding tangki) tersebut telah dikalibrasi sesuai dengan standar API MPMS Chapter 2. Jika temperatur dinding tangki observed berbeda dari tabel kapasitas tangki (dengan dasar dinding tangki), maka volume minyak di dalam tangki yang dihitung dengan tabel kapasitas tangki tersebut perlu untuk dikoreksi.

Tangki simpan umumnya mengalami perubahan ukuran dan ketebalan dinding. Perubahan ini bisa disebabkan karena temperatur udara sekeliling (ambient temperatur) dan juga temperatur dari minyak yang didalam tangki, sehingga diperlukan perhitungan koreksi yang sesuai akibat pengaruh temperatur terhadap dinding tangki. Koreksi akibat pengaruh temperatur terhadap dinding tangki ini disebut dengan *Correction for Temperatur of The Shell* (CTSh) dan dirumuskan sebagai berikut :

$$CTSh = 1 + 2a\Delta T + a^2\Delta T^2 \dots\dots\dots(5.2)$$

Dimana :

- a = *Linear coefficient of expansion of the tank shell material* (lihat tabel 5.3)
 ΔT = *Tank shell temperature (TSh) – Base temperature (Tb)*

Tabel 5.3

Type of Steel	Coefficient per °F	Coefficient per °C
Mild Carbon	0.00000620	0.0000112
304 Stainless	0.00000960	0.0000173
316 Stainless	0.00000883	0.0000159
17-4PH Stainless	0.00000600	0.0000108

Base temperature (Tb) (atau *base tank shell temperature*) adalah temperatur dinding tangki yang mana tabel kapasitas tangki volumenya dihitung pada kondisi 60oF (biasanya

untuk amerika menggunakan *Base temperature* 60oF). *Base temperature* ini biasanya di tuliskan di tabel kapasitas tangki. Jika *Base temperature* ini tidak dicantumkan di tabel kapasitas tangki maka biasanya para pembuat tangki menyusun tabel kapasitas tangkinya berdasarkan temperatur operasi minyak yang di simpannya. Sehingga diharapkan pengguna tidak dibingungkan dengan istilah *Base temperature* yang mana ini adalah temperatur dasar dinding tangki. Maka bila disimpulkan, *Base temperature* adalah temperatur operasi (temperatur dasar) tangki yang tertera di tabel kapasitas tangki, bilamana temperatur minyak yang di simpan di tangki beserta temperatur udara ambientnya mempengaruhi temperatur dinding tangki sehingga temperatur dinding tangki berbeda dengan yang ada di tabel kapasitas tangki (berbeda denga temperatur operasi/temperatur dasar tangki yang tertera di tabel kapasitas tangki), maka volume observed minyak yang dihitung dengan tabel kapasitas tangki tersebut perlu koreksi. Faktor koreksi temperatur dinding tangki yang digunakan untuk mendapatkan volume minyak dengan menggunakan tabel kapasitas tangki pada suhu 60 oF adalah **tidak berkaitan** dengan faktor koreksi akibat minyak mengalami ekspansi (mengembangnya minyak) atau kontraksi (menyusutnya minyak) karena perubahan temperatur minyak.

V3.1.3.a Teknis pengukuran temperatur ambient

Rekomendasi pengukuran temperatur ambient adalah sebagai berikut :

1. thermometer sebaiknya dibawa oleh petugas pengukur level minyak ketika akan mengukur tinggi minyak di tangki. Pengukuran temperatur ambient dilakukan sedikitnya 1 kali untuk bagian sekitar tangki yang tidak kena sinar matahari. Jika bagian ini dilakukan pengukuran lebih dari 1 kali, maka hasil pengukuran di rata-rata.
2. sebaiknya termometer untuk bagian tangki yang tidak kena matahari dilekatkan secara permanen di sekitar tangki
3. jarak pengukuran suhu ambient dengan tangki adalah 1 meter dan tanpa ada halangan apapun antara tangki dan termometer pengukur suhu ambient.

V3.1.3.b Pengukuran Temperatur Dinding Tangki

- Untuk tangki berisolasi, temperatur dinding tangki dianggap sama dengan temperatur cairan yang ada di dalam tangki, sehingga :

$$TSh = Tl.....(5.3)$$

- Untuk tangki simpan yang tanpa isolasi, temperatur dinding tangki dihitung dengan rumusan :

$$TSh = \frac{(7 \times Tl) + Ta}{8}(5.4)$$

Dimana :

TSh = temperatur dinding tangki (*tank shell temperature*)

Tl = temperatur cairan di tangki

Ta = temperatur udara ambient (temperatur ambient terukur memiliki range 2,5 oC antara pengukuran pertama dan kedua)

Contoh Perhitungan CTSh :

Tabel kapasitas tangki menginformasikan temperatur dasar dinding tangki (*base shell tank temperatur* = Tb) = 60 oF, dengan tangki terbuat dari logam mild steel tak berisolasi dan memiliki koefisien expansinya = 0,000062/oF (tabel 5.3).

Data lapangan :

Volume terukur (pada temperatur dasar dinding tangki 60 oF) = 100.000 bls

Temperatur ambient (udara sekitar) = 70 oF

Temperatur minyak di tangki = 155 oF

Hitunglah volume observed yang terkoreksi akibat temperatur dinding tangki yang berubah karena pengaruh temperatur minyak dan suhu ambient.

Penyelesaian :

Langkah 1 : menghitung temperatur dinding tangki (TSh) akibat temperatur minyak pada suhu 155oF sebagai berikut :

$$TSh = \frac{(7 \times Tl) + Ta}{8}$$

$$TSh = \frac{(7 \times 155) + 70}{8}$$

$$TSh = 144^{\circ}\text{F (rounded to nearest } 1^{\circ}\text{F)}$$

Langkah 2 : menghitung ΔT

$$\Delta T = \text{Tank Shell Temperature (} TSh \text{)} - \text{Base Temperature (} Tb \text{)}$$

$$\Delta T = 144 - 60$$

$$\Delta T = 84$$

Langkah 3 : menghitung faktor koreksi temperatur dinding tangki (shell temperature correction factor = CTSh)

$$CTSh = 1 + 2\alpha\Delta T + \alpha^2\Delta T^2$$

$$\Delta T = \text{Tank Shell Temperature (} TSh \text{)} - \text{Base Temperature (} Tb \text{)}$$

$$CTSh = 1 + (2 \times 0.0000062 \times \Delta T) + (0.0000062 \times 0.0000062 \times \Delta T \times \Delta T)$$

$$CTSh = 1 + (0.0000124 \times 84) + (0.00000000003844 \times 7056)$$

$$CTSh = 1 + 0.0010416 + .00000027123264$$

$$CTSh = 1.00104 \text{ (rounded to five decimal places)}$$

Langkah 4 : menghitung volume observed terkoreksi

$$V = \text{Volume at } TSh \text{ } 60^{\circ}\text{F} \times CTSh \text{ FOR } 144^{\circ}\text{F}$$

$$V = 100,000 \text{ bbls} \times 1.00104$$

$$V = 100,104 \text{ bbls.}$$

V3.1.4. *Floating Roof Adjustment (FRA)*

Koreksi akibat pergerakan dari *floating roof* dapat dilakukan dua cara :

- a. Koreksi atap tangki dihitung dengan menggunakan tabel kapasitas tangki dengan dasar densitas acuan (tangki tersebut di design dengan dasar densitas cairan tertentu). Jika cairan yang disimpan memiliki densitas yang berbeda dengan design tangki, maka koreksi kedua harus dihitung untuk setiap perbedaan antara densitas acuan dan densitas observasi cairan yang disimpan di dalam tangki tersebut.
- b. Jika tabel kapasitas tangki yang ada adalah sebagai tabel kapasitas gros (*gross capacity table*) atau kapasitas tangki terbuka (*open tank capacity*), maka umumnya tabel tersebut dianggap sebagai *shell capacity tabel* (tabel kapasitas tangki dengan dasar temperatur dinding tangki), pengurangan atap dihitung dengan membagi berat atap (*floating roof*) dengan berat per volume (atau densitas) pada temperatur standar, kemudian dikali dengan CTL. Hasil hitungan itu pada kondisi observasi.

$$\text{Koreksi Atap} = \text{berat atap} / (\text{densitas} \times \text{CTL}) \dots \dots \dots (5.5)$$

Untuk memahami perhitungan koreksi FRA ini berikut 2 contoh yang bisa diikuti :

Contoh 1 : Jika perhitungan koreksi atap dihitung dengan tabel kapasitas tangki

Data – data yang diperoleh :

Jenis minyak : Crude Oil

API Gravity @ 60 oF : 40,3

Temperatur minyak : 84,0 oF

Dari tabel kapasitas tangki :

Total minyak di tangki sebesar 4.088, 2662 bls telah didapatkan dari tabel kapasitas tangki dengan tinggi minyak antara 4 ft 00 in dan 5 ft 00 in. Dimana berat floating roof 1.215.000 lb dengan gravity minyak acuan 35,0 °API.

Kemudian dilakukan koreksi pada berbagai API Gravity, sebagai berikut :

Untuk API Gravity minyak observed 35,0 tidak perlu koreksi

Untuk setiap penurunan 1,0 °API dibawah 35,0 °API tambahkan 24,59 barrels

Untuk setiap kenaikan 1,0 °API diatas 35,0 °API kurangi 24,59 barrels

Maka langkah-langkah mencari FRA adalah sebagai berikut :

Langkah 1 :

Ubahlah API Gravity @ 60 oF = 40,3 menjadi API Gravity observed dengan menggunakan tabel 5A (5A untuk crude oil, 5B untuk produk) dan temperatur observed = 84,0 oF.

API Gravity @ 60 oF : 40,3

Temperatur minyak observed : 84,0 oF

Dengan tabel 5A didapatkan API Gravity observed = 42,4 oAPI (lakukan dengan cara mundur, biasanya kita mencari API Gravity @ 60 oF dari data observed, tetapi kali ini kita mencari data API Gravity observed pada suhu 84 oF dari data API Gravity @ 60 oF)

Langkah 2 :

Hitunglah perbedaan antara API Gravity Observasi dengan API Gravity acuan sebagai berikut :

API Gravity acuan tangki (pada tabel kapasitas tangki) : 35,0

API Gravity Observed pada suhu 84 oF : 42,4

Perbedaan antara API Gravity Observed @ 84 oF dengan API Gravity acuan tangki = $42,4 - 35,0 = 7,4$ °API

Untuk setiap kenaikan 1,0 °API diatas 35 °API harus dikurangi dengan 24,59 bls, sehingga :

$7,4 \times (-24,59) = -181,97$ bls

Maka FRA (Floating Roof Adjustment) = - 181,97 bls

Contoh 2 : Jika perhitungan koreksi atap dihitung dengan Tabel Kapasitas Tangki yang didasarkan atas temperatur dinding tangki (*Shell Capacity Table*)

Hitunglah FRA (Floating Roof Adjustment) dengan menggunakan *Shell Capacity Table*. Perhitungan ini dilakukan karena tidak ada koreksi atap tangki terhadap tabel kapasitas tangki.

Data :

GOV terkoreksi dengan CTSh = 242.362,15 bls

Product : Crude Oil

API Gravity @ 60 oF : 40,3
 Temperatur minyak : 84,0 oF
 CTL (tabel 6A) : 0,9879
 Berat *floating roof* : 1.215.000 lb
 Berat minyak per volume : 6,858 lb/gal (dari ASTM D 1250, Vol : 11, Tabel 8 API Gravity @ 60 oF)

Maka :

FRA (Floating Roof Adjustment) = berat atap/(densitas x CTL)
 = 1.215.000 / (6,858 lb/gal x 0,9879)
 = 179.335,26 gallon
 = 4.269,89 bls

Sehingga :

GOV (*gross observed volume*) dengan koreksi FRA = 242.362,15 bls – 4.269,89 bls
 = 238.092,26 bls

V3.2 Perhitungan GOV untuk Tangki Kapal

Untuk menghitung GOV pada tangki kapal, kurangkanlah TOV dengan FW, sehingga :

$$\text{GOV} = \text{TOV} - \text{FW} \dots \dots \dots (5.6)$$

Jika terjadi Trim atau List pada Kapal, maka persamaan (5.6) menjadi :

$$\text{GOV} = (\text{TOV} \pm \text{koreksi trim adan atau list}) - \text{FW} \dots \dots \dots (5.7)$$

V3.2.1 Total Observed Volume (TOV)

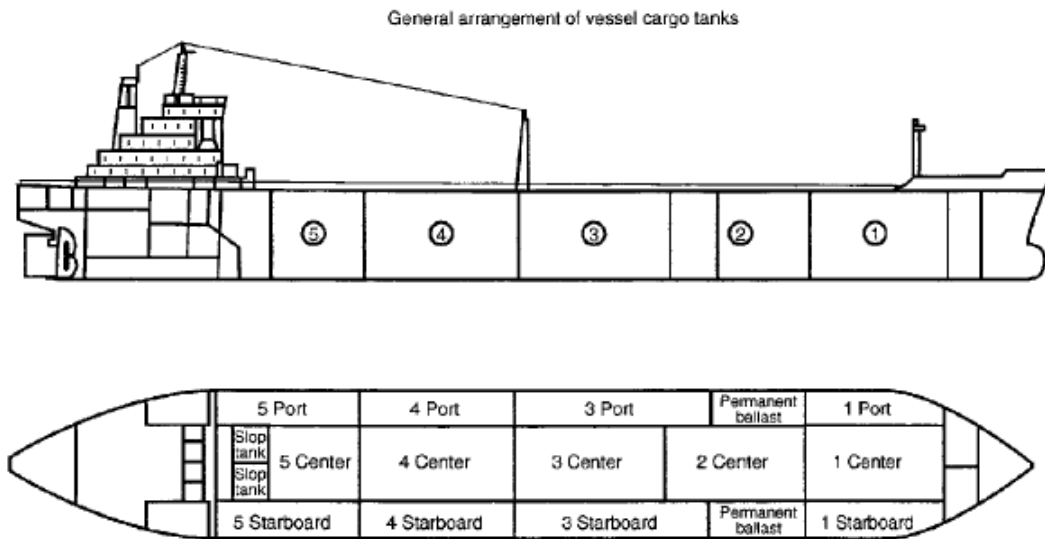
TOV yang diperoleh dari tabel kapasitas tangki kapal sebelumnya terlebih dahulu memasukkan salah satu data berikut :

1. *observed ullage* atau *innage*, jika terdapat koreksi trim dan atau list maka ada koreksi terhadap volume minyak di tangki kapal. Besarnya koreksi trim dan atau list ini akan mempengaruhi besarnya TOV (TOV yang terkoreksi dengan trim dan atau list)

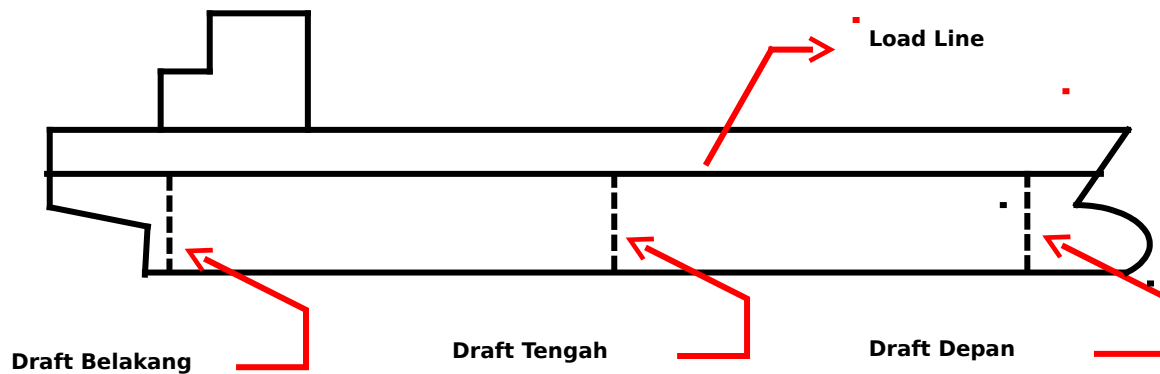
2. koreksi *ullage* dan *innage* akibat *trim* dan atau *list*.
3. observed *ullage* atau *innage* dan trim tangki kapal. Beberapa tabel kapasitas tangki memberikan nilai TOV yang bervariasi, tergantung trim nya saat melakukan *gauging* (pengukuran level minyak).

V3.2.2 Trim, List dan Even Keel

Definisi Trim, List dan Even Keel untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

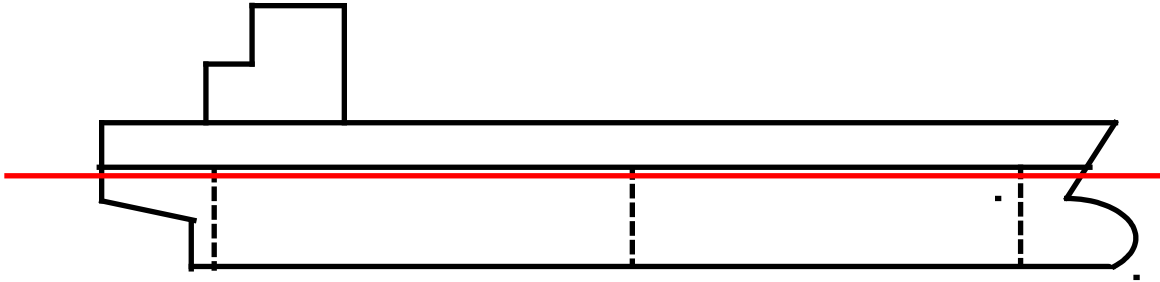


Draft Kapal adalah ukuran yang menyatakan berapa meter badan kapal yang tenggelam dalam air.

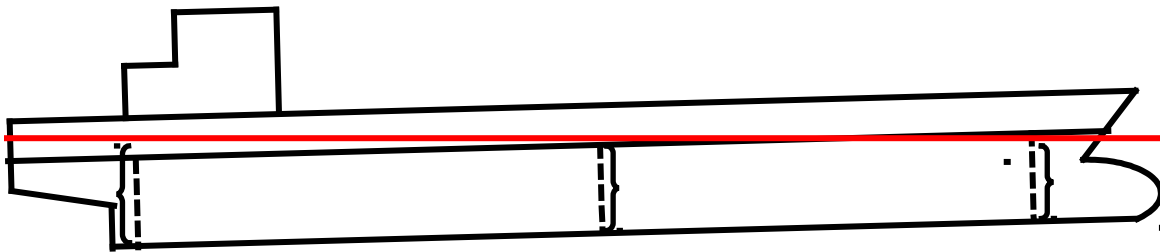


EVEN KEEL adalah kondisi Draft Belakang sama dengan Draft Belakang, maka :

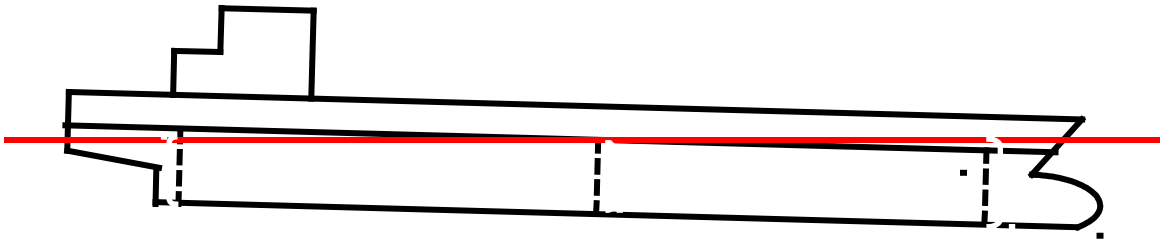
Trim = 0



TRIM adalah selisih atau perbedaan antara Draft Depan dan Draft Belakang :

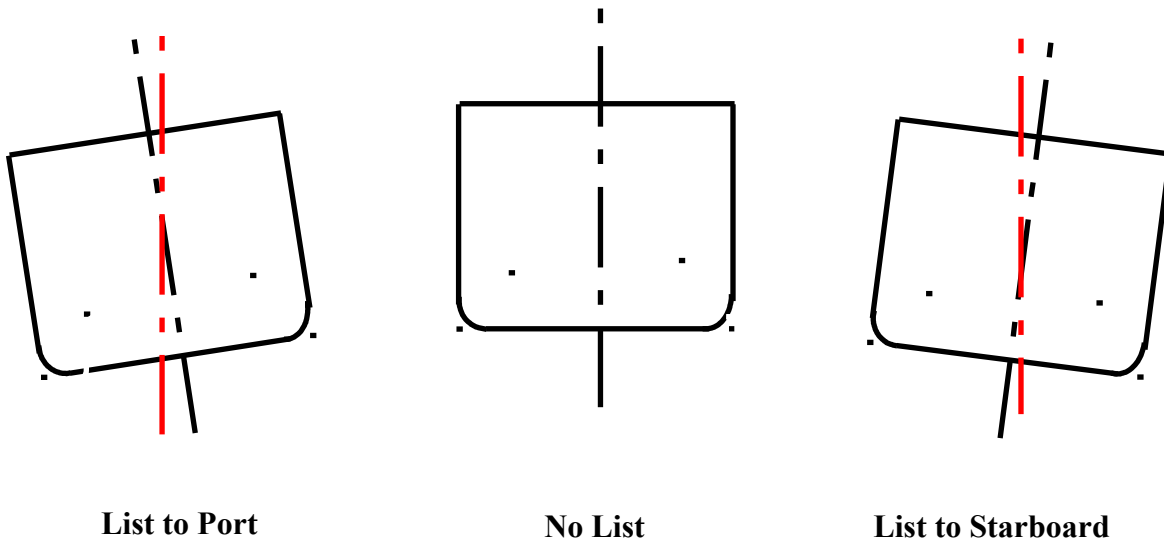


TRIM BY STERN



TRIM BY HEAD

HEEL (atau **LIST**) adalah kondisi kapal miring ke kiri atau ke kanan



Derajat kemiringan kapal (miring ke kiri atau ke kanan) ini diukur dengan menggunakan sebuah alat yang disebut dengan **CLINOMETER**

V3.2.3 Koreksi Trim dan List

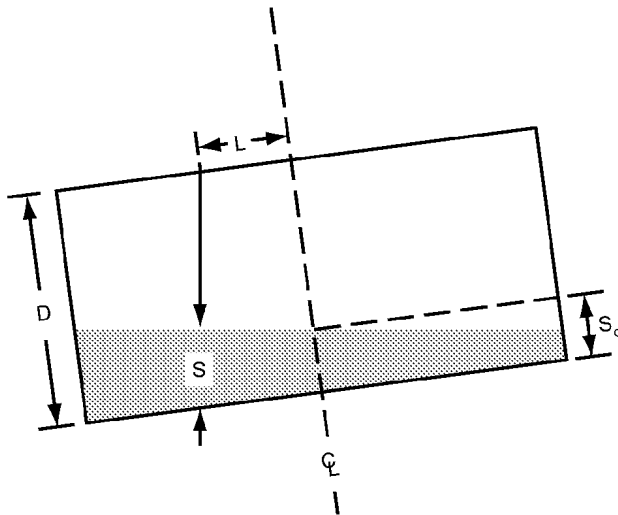
Dikarenakan kondisi kapal yang tidak horizontal saat berada di air, maka volume minyak yang terdapat di tangki kapal mengalami koreksi pengukuran. Koreksi pengukuran tersebut meliputi **TRIM** dan **LIST**.

a. Koreksi TRIM

Koreksi **TRIM** adalah koreksi pengukuran manual akibat kapal miring ke depan atau ke belakang. Berikut adalah persamaan untuk mengetahui tinggi minyak bila tegak lurus dengan garis vertikal (kapal seolah-olah tidak mengalami Trim) :

$$Sc = S \pm \left(\frac{(L \times T)}{LBP} - \frac{((D - S) \times T^2)}{(LBP)^2} \right) \dots\dots\dots(5.8)$$

Dimana :



D = tinggi tangki, dihitung dari titik acuan

S = pengukuran level minyak observed

L = jarak antara lubang pengukuran (hatch) dari titik tengah tangki

Sc = hasil pengukuran koreksi Trim

LBP = panjang kapal antara garis yang saling tegak lurus

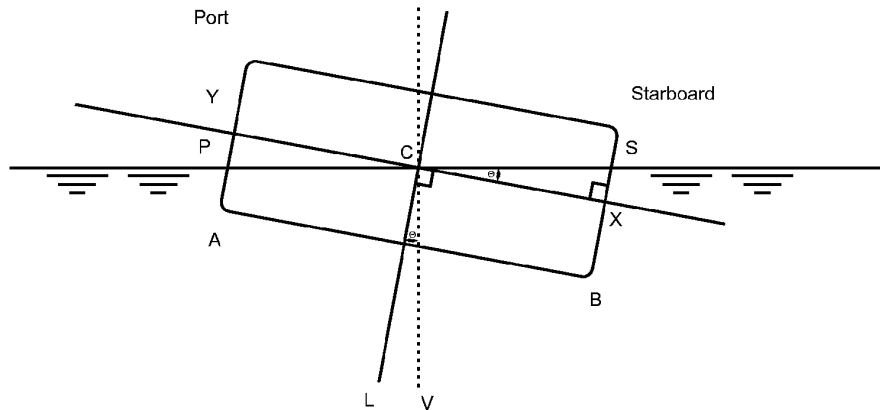
T = Trim dari kapal

Koreksi Trim ini umumnya telah ada di tabel tangki seperti contoh berikut ini :

ULLAGE (M)	(- 1 M)	(1 M)	(2 M)	(3 M)	(4 M)	(5 M)	ULLAGE (M)
0	-	-	-	-	-	775	0
0.09	-	-	-	-	654	705	0.09
0.33	-	-	-	415	492	551	0.33
0.41	-	-	329	372	443	505	0.41
0.58	-	164	216	296	366	434	0.58
0.73	12	88	174	249	324	399	0.73
0.85	- 59	78	157	231	307	383	0.85
0.97	- 71	76	152	228	304	381	0.97
1.11	- 76	76	152	228	304	381	1.11
2	- 76	76	152	228	304	381	2
7	- 76	76	152	230	307	385	7
15	- 76	77	153	231	309	389	15
15.42	- 76	77	153	231	309	389	15.42
15.6	- 76	77	153	231	309	352	15.6
15.75	- 76	77	153	231	290	312	15.75
15.91	- 76	77	153	205	231	250	15.91
16.08	- 76	77	114	128	137	136	16.08
16.13	- 76	68	87	91	96	95	16.13
16.19	- 76	42	44	43	44	43	16.19
16.25	0	0	0	0	0	0	16.25

b. Koreksi List (sudut koreksi kemiringan kapal ke kiri/ke kanan)

koreksi list ini dilakukan bilamana kapal tidak pada posisi horizontal, tetapi miring ke kiri atau miring ke kanan. Perhitungan dari koreksi List ini mengikuti gambar berikut ini :



Legend: PA = Port Draft = 10.0 m
 SB = Starboard Draft = 12.0 m
 XY = Vessel Beam = 30.0 m

Theory: Angle LCV = Angle SCX = Angle of List = θ

$$\text{Tangent } \theta = \frac{SX}{CX} = \frac{(\text{Starboard Draft} - \text{Port Draft})/2}{(\text{Vessel's Beam})/2}$$

This reduces to

$$\text{Tangent } \theta = \frac{\text{Starboard Draft} - \text{Port Draft}}{\text{Vessel's Beam}}$$

Calculation:

$$\text{Tangent } \theta = \frac{(12.0 - 10.0)}{30} = 0.0667$$

From the chart of "Natural Functions of Angles," a tangent value of 0.0667 represents an angle of 4° , rounded to the nearest 0.5° .

Result: Vessel is listed 4° to starboard.

Seperti halnya koreksi TRIM, koreksi LIST ini juga telah ada di setiap tabel kapasitas tangki kapal yang tangkinya telah dikalibrasi seperti berikut :

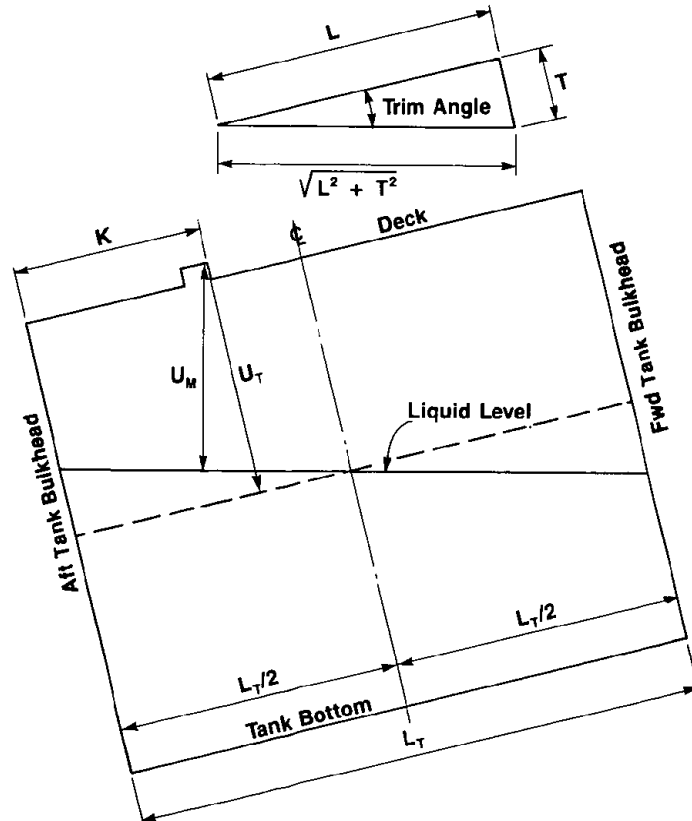
PORT SIDE HEEL						STB. SIDE HEEL					
ULLAGE (M)	(5°)	(4°)	(3°)	(2°)	(1°)	(1°)	(2°)	(3°)	(4°)	(5°)	ULLAGE (M)
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	777	0
0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	621	704	0.12

0.23	-	-	-	-	-	-	-	-	564	654	0.23
0.33	-	-	-	-	-	-	-	414	521	603	0.33
0.41	-	-	-	-	-	-	-	384	484	567	0.41
0.52	-	-	-	-	-	-	220	358	440	528	0.52
0.63	-	-	-	-	-	111	224	322	410	499	0.63
0.66	-	-	-	-	-	100	225	314	402	491	0.66
0.75	- 8	-	-	-	-	102	201	293	383	473	0.75
0.79	- 32	- 47	-	-	-	103	193	286	375	465	0.79
0.81	- 46	- 60	-	-	- 57	101	190	282	372	461	0.81
0.83	- 58	- 71	- 86	-	- 60	58	187	279	369	458	0.83
0.85	- 70	- 82	- 97	- 112	- 62	95	184	276	366	455	0.85
0.91	- 105	- 113	- 116	- 111	- 66	89	176	268	358	446	0.91
0.95	- 128	- 130	- 127	- 109	- 65	86	172	263	352	441	0.95
1	- 147	- 145	- 135	- 107	- 69	84	169	258	348	436	1
1.14	- 214	- 205	- 178	- 140	- 82	84	167	252	338	422	1.14
1.34	- 290	- 266	- 221	- 164	- 82	84	167	252	338	422	1.34
1.56	- 354	- 307	- 248	- 166	- 82	84	167	252	338	422	1.56
1.76	- 388	- 330	- 248	- 166	- 82	84	167	252	338	422	1.76
1.97	- 411	- 331	- 248	- 166	- 82	84	167	252	338	422	1.97
2	- 411	- 331	- 248	- 166	- 82	84	167	252	338	422	2
7	- 385	- 314	- 238	- 162	- 81	85	172	262	356	449	7
15	- 358	- 296	- 228	- 157	- 81	86	176	272	373	476	15
15.18	- 358	- 296	- 228	- 157	- 81	86	176	272	373	476	15.18
15.38	- 358	- 296	- 228	- 157	- 81	86	176	272	373	457	15.38
15.59	- 358	- 296	- 228	- 157	- 81	86	176	272	351	402	15.59
15.88	- 358	- 296	- 228	- 157	- 81	86	176	246	290	311	15.88
16	- 358	- 296	- 228	- 157	- 81	86	122	174	106	192	16
16.06	- 359	- 296	- 228	- 157	- 81	86	120	141	145	151	16.06
16.1	- 361	- 296	- 228	- 157	- 81	80	101	115	115	125	16.1
16.14	- 364	- 298	- 228	- 157	- 81	67	80	84	104	90	16.14
16.19	- 372	- 302	- 229	- 157	- 81	44	47	46	42	63	16.19
16.23	- 380	- 311	- 237	- 160	- 81	18	15	13	11	36	16.23
16.26	- 387	- 318	- 244	- 166	- 86	- 8	- 15	- 16	- 18	14	16.26
16.29	- 392	- 323	- 249	- 171	- 92	- 27	129	- 30	- 32	1	16.29
16.32	- 402	- 333	- 260	- 181	- 106	- 63	- 64	- 66	- 66	- 27	16.32

Angka LIST ini digunakan untuk mengoreksi pengukuran manual observed innage atau ullage.

c. Koreksi TRIM dan LIST

Koreksi TRIM dan LIST ini terjadi karena kapal miring ke kiri/kanan (LIST) dan juga mengalami miring ke depan/ke belakang (TRIM), sehingga bila secara geometri digambarkan sebagai berikut :



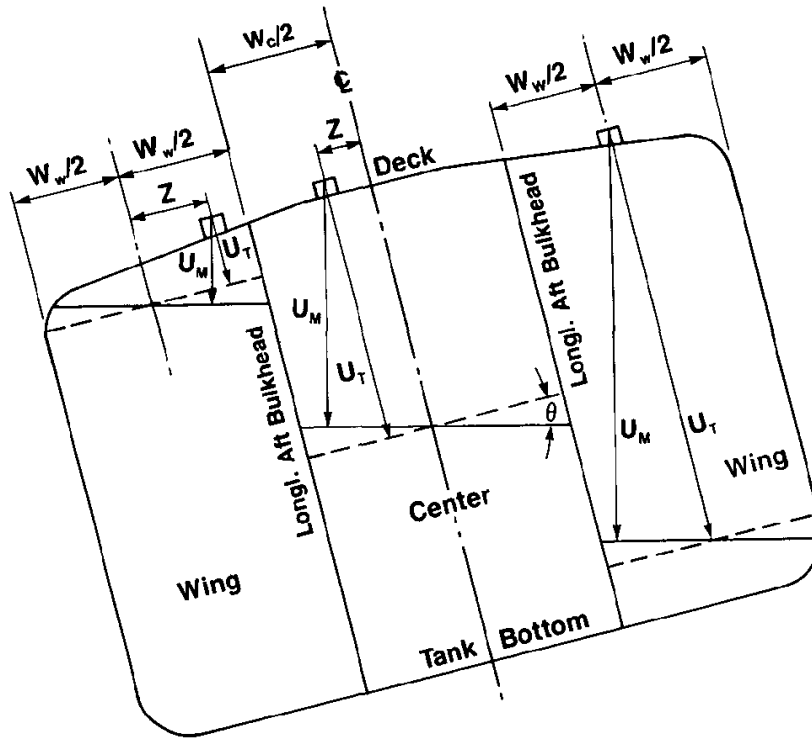
Maka berdasarkan gambar diatas, pengukuran *ullage* terkoreksi karena Trim adalah sebagai berikut :

$$U_T = \left\{ U_M \frac{\sqrt{L^2 + T^2}}{L} \right\} + \frac{T}{L} \left\{ \frac{L_T}{2} - K \right\} \dots\dots\dots(5.9)$$

$$U_T = \left\{ U_M \frac{\sqrt{L^2 + T^2}}{L} \right\} - \frac{T}{L} \left\{ \frac{L_T}{2} - K \right\} \dots\dots\dots(5.10)$$

Persamaan (5.9) digunakan koreksi *ullage* yang saat pengukuran observed cenderung miring ke bagian belakang kapal, sedangkan koreksi ullage dengan persamaan (5.10) adalah saat pengukuran ullage observe cenderung miring ke bagian depan kapal.

Sedangkan *ullage* observasi (U_M) terkoreksi karena kapal juga mengalami List seperti gambar berikut :



Sehingga harga (U_M) yang terkoreksi karena kapal mengalami List adalah sebagai berikut :

$$U_T = \frac{U_M}{\cos\theta} \pm Z \tan\theta \quad \dots\dots\dots(5.11)$$

Maka bila kapal mengalami Trim dan List, persamaan (5.9, 5.10 dan 5.11) digabung menjadi persamaan berikut :

$$U_T = U_M \frac{\sqrt{(L^2 + T^2)}}{L \cos\theta} + Z \tan\theta \frac{\sqrt{(L^2 + T^2)}}{L} \pm \frac{T}{L} \left(\frac{L_T}{2} - K \right) \quad \dots\dots\dots(5.12)$$

Dimana harga θ didapatkan dari perhitungan sudut koreksi List seperti pada halaman sebelumnya pada sub bab V.3.2.3 bagian b.

V.4 Perhitungan *Gross Standard Volume* (GSV) untuk Tangki Darat dan Tangki Kapal

V.4.1 *Gross Standard Volume* (GSV)

GSV dihitung dengan mengalikan GOV dengan faktor koreksi akibat pengaruh temperatur terhadap minyak (atau volume correction factor = VCF atau CTL). Sehingga bila dituliskan sebagai berikut :

$$\text{GSV} = \text{GOV} \times \text{CTL} \dots\dots\dots(5.13)$$

V.4.1.1. Koreksi akibat Pengaruh Temperatur Terhadap Minyak (CTL) atau Volume Correction Factor (VCF)

Volume minyak dipengaruhi oleh perubahan temperatur. Dimana jika temperatur minyak tinggi maka volume minyak akan mengembang, begitu pula sebaliknya, jika temperatur minyak rendah maka volume minyak akan menyusut. Hal ini terkait pula dengan densitas minyak, yaitu bila temperatur minyak tinggi maka densitas minyak akan turun, begitu pula sebaliknya, jika temperatur minyak rendah maka densitas minyak akan tinggi. Oleh karena perubahan volume minyak dan densitas minyak inilah maka volume minyak juga dikoreksi, yang mana koreksi ini disebut dengan faktor koreksi akibat pengaruh temperatur terhadap densitas minyak, yang dikenal dengan CTL atau VCF.

Factor CTL atau VCF ini merupakan fungsi dari densitas dasar minyak beserta dengan temperatur minyak (*base density of the liquid and its temperature*). Koreksi CTL atau VCF ini adalah untuk mengoreksi volume minyak pada kondisi temperatur observasi menjadi volume minyak pada suhu standar. Suhu standar ini yang umum dipakai adalah 15 oC, 20 oC, atau 60 oF.

Untuk mencari besarnya nilai VCF atau CTL ini sebagai berikut :

1. dari hasil sampling minyak di tangki dapatkan data Densitas/Spesific Gravity/API Gravity observed dan temperatur observed, kemudian dengan tabel di ASTM D 1250 ubahlah Densitas/Spesific Gravity/API Gravity observed menjadi Densitas/Spesific Gravity/API Gravity standar.

Catatan :

Untuk Densitas 15 oC gunakan tabel 53A (crude oil) atau 53B (produk)

Untuk Spesific Gravity 60/60 oF gunakan tabel 23A (crude oil) atau 23B (produk)

Untuk API Gravity 60oF gunakan tabel 6A (crude oil) atau 6B (produk)

2. dari hasil pengukuran temperatur dalam (temperatur minyak di dalam tangki) dan Densitas/Spesific Gravity/API Gravity observed menjadi Densitas/Spesific Gravity/API Gravity standar didapatkan faktor koreksi volume minyak VCF atau CTL

Catatan :

Untuk koreksi dengan fungsi Densitas 15 oC gunakan tabel 54A (crude oil) atau 54B (produk)

Untuk koreksi dengan fungsi Spesific Gravity 60/60 oF gunakan tabel 24A (crude oil) atau 24B (produk)

Untuk koreksi dengan fungsi API Gravity 60oF gunakan tabel 6C

Table	Product	Temp	Table Entry
6A	Generalized crude oil	°F	API gravity @ 60°F
6B	Generalized products	°F	API gravity @ 60°F
6C	Individual & special applications	°F	Thermal expansion coefficient
6D	Generalized lubricating oils	°F	API gravity @ 60°F
24A	Generalized crude oil	°F	Relative density @ 60/60°F
24B	Generalized products	°F	Relative density @ 60/60°F
24C	Individual & special applications	°F	Thermal expansion coefficient
54A	Generalized crude oil	°C	Density @ 15°C
54B	Generalized products	°C	Density @ 15°C
54C	Individual & special applications	°C	Thermal expansion coefficient
54D	Generalized lubricating oils	°C	Density @ 15°C
ASTM D-4311	Asphalt to 60°F, Table 1	°F	API gravity @ 60°F, Table A or B
ASTM D-4311	Asphalt to 15°C, Table 2	°C	Density @ 15°C, Table A or B

V.5 Perhitungan Net Standard Volume (NSV)

Untuk menghitung NSV, yaitu dengan mengalikan GSV dengan CSW sebagai berikut :

$$\text{NSV} = \text{GSV} \times \text{CSW} \dots \dots \dots (5.12)$$

Untuk crude oil yang biasanya terdapat endapan dan air tersuspensi, yang mana data sediment dan air ini dikenal dengan BSW (*Based Sediment and Water*) atau *S&W*. Adanya endapan dan air tersuspensi ini diuji dengan ASTM D 4007.

Jika persamaan (5.12) mengikutsertakan adanya S&W, maka persamaan (5.12) menjadi :

$$NSV = GSV \times [(100 - S\&W\%) / 100] \dots\dots\dots(5.13)$$

V.5.1. Perhitungan Koreksi untuk Sediment dan Air Tersuspensi (CSW)

Untuk menghitung harga CSW, persentase dari nilai S&W harus diketahui. Kurangkan persentase S&W dari 100, dan selanjutnya tentukan NSV sebagai persentasenya GSV, kemudian bagilah nilai ini dengan 100, dan terakhir kalikan dengan GSV.

$$CSW = (100 - S\&W\%) / 100 \dots\dots\dots(5.14)$$

V.5.2 Perhitungan Volume dari S&W

Seringkali diperlukan menghitung nilai aktual secara volumetrik dari S&W. Nilai ini dapat diperoleh dengan mengurangkan NSV dari GSV, yaitu :

$$S\&W \text{ (vol)} = GSV - NSV \dots\dots\dots(5.15)$$

V.6. Perhitungan Berat Nyata - di udara (*Apparent Mass – Weight in Air*)

V.6.1 Prosedur Umum

Biasanya, berat nyata dihitung dengan mengalikan GSV atau NSV dengan factor koreksi berat (Weight correction factor = WCF). Jika di rumuskan sebagai berikut :

$$\text{Net Standard Wiegth (in air) (NSW di udara)} = NSV \times WCF \dots\dots\dots(5.16)$$

$$\text{Gross Standard Wiegth (in air) (GSW di udara)} = GSV \times WCF \dots\dots\dots(5.17)$$

V.6.2 Weight Conversion Factor (WCF)

Harga WCF ini bisa didapatkan dari tabel API MPMS Chapter 11 section 1 Volume XI dan Volume XII.

V.7. PROSEDUR PERHITUNGAN

V.7.1 Prosedur Perhitungan Volume

Urutan prosedur perhitungan volume secara garis besarnya adalah sebagai berikut :

$$TOV \rightarrow GOV \rightarrow GSV \rightarrow NSV \rightarrow NSW$$

- a. Dari hasil pengukuran level minyak di tangki, maka gunakan data-data pengukuran tersebut untuk mencari TOV di tabel kapasitas tangki, dan catatlah sebagai TOV.
- b. Kurangkan TOV tadi dengan FW. FW diperoleh dari hasil pengukuran air bebas di dalam tangki.
- c. Hitunglah CTSh
- d. Hitunglah GOV
- e. Koreksilah GOV ini dengan FRA
- f. Kalikan GOV (yang terkoreksi dengan FRA) tadi dengan CTL atau dengan VCF, sehingga didapatkan GSV
- g. Tentukan nilai S&W. Kemudian hitunglah NSV.
- h. Jika diperlukan perhitungan berat (NSW), maka kalikan NSV dengan WCF

Persamaan matematika yang diperlukan dalam urutan perhitungan volume dan berat minyak ini adalah :

$$GSV = [\{(TOV - FW) \times CTSh\} \pm FRA] \times CTL$$

$$NSV = \{[(TOV - FW) \times CTSh] \pm FRA\} \times CTL \times CSW$$

$$NSW = \{[(TOV - FW) \times CTSh] \pm FRA\} \times CTL \times CSW \times WCF$$

V.7.2 Diagram Alir Prosedur Perhitungan Volume

V.7.2.1. Diagram Alir Prosedur Perhitungan Volume dengan menggunakan Automatic Sampler

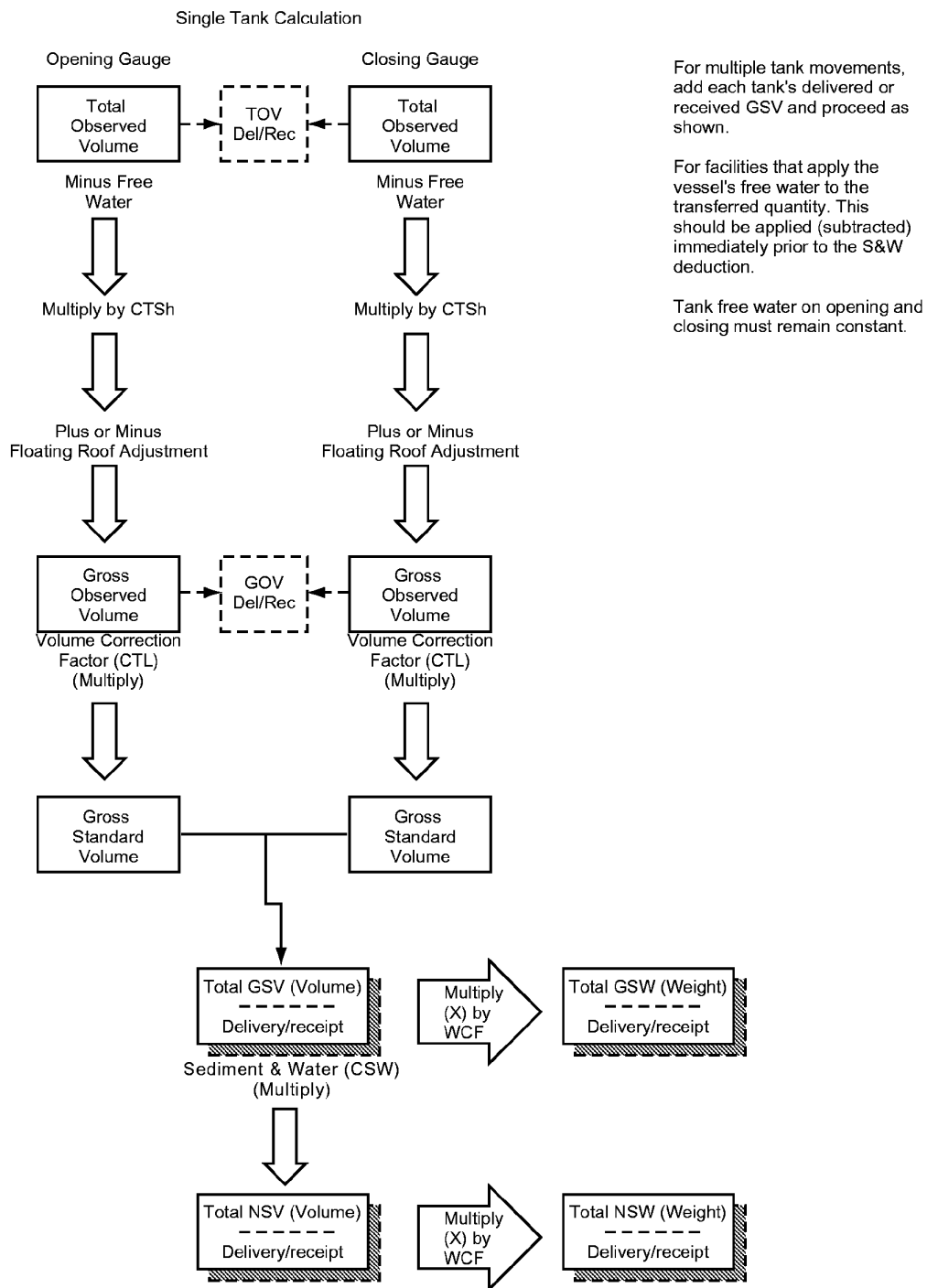


Figure A-1—Custody Transfer Flow Chart—Shore Tank(s) with Automatic Sampler

V.7.2.1. Diagram Alir Prosedur Perhitungan Volume dengan menggunakan Individual Tank Sampler

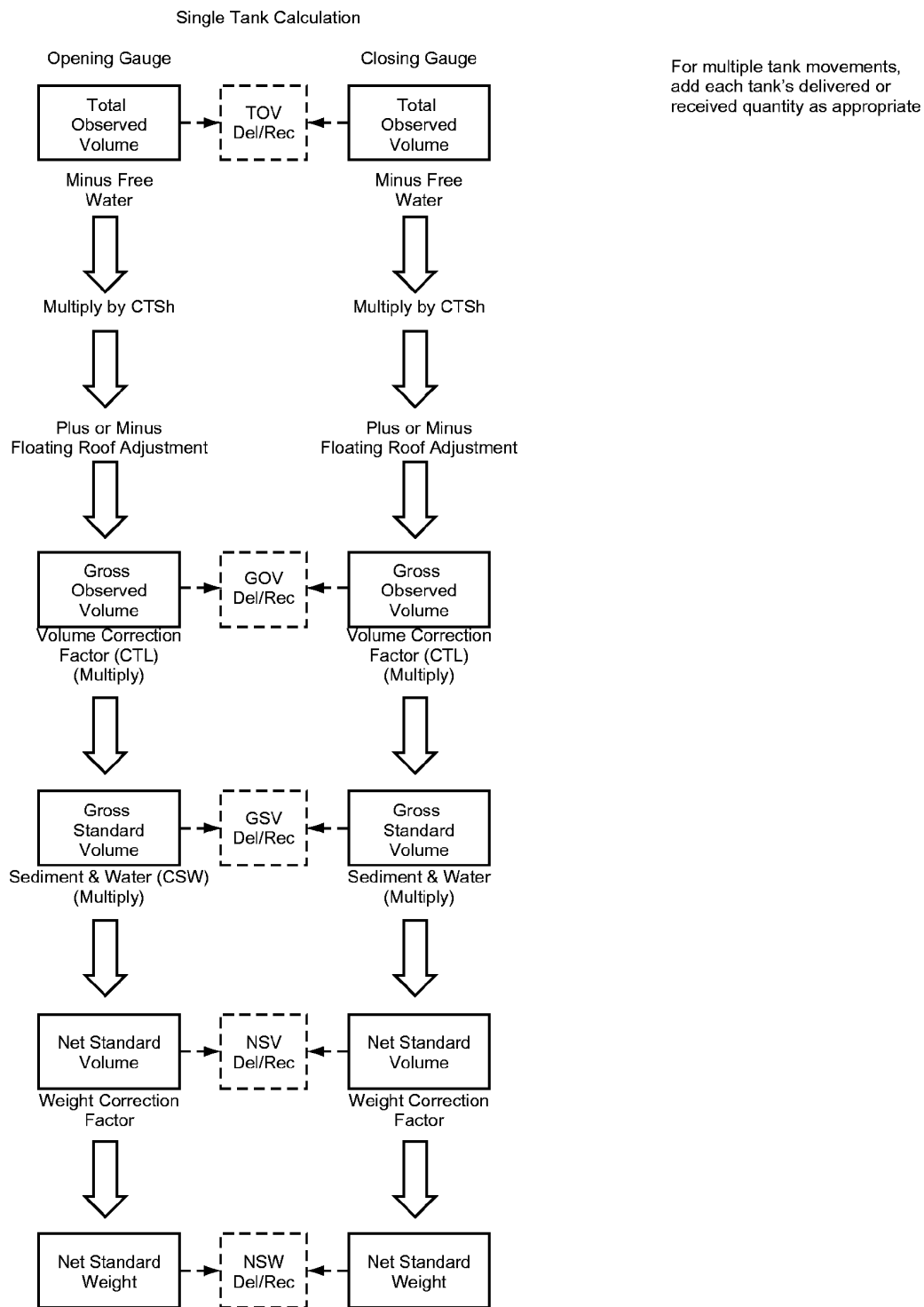


Figure A-2—Custody Transfer Flow Chart—Shore Tank(s) with Individual Tank Samples