

PERANCANGAN TANGKI TIMBUN *CRUDE OIL* DENGAN *WORKING VOLUME* 5.372 BARREL BERDASARKAN STANDAR API 650 DI FASILITAS PRODUKSI LAPANGAN PT X

Bagas Dwi Pangestu^{1*}, Zami Furqon¹

¹Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No.38, Cepu

*E-mail: bagasdwpangestu2226@gmail.com

ABSTRAK

Tangki timbun *crude oil* merupakan infrastruktur yang esensial dalam fasilitas produksi lapangan PT X karena memiliki fungsi sebagai tempat penyimpanan utama untuk menjamin kontinuitas *supply crude oil*, sehingga menentukan nilai perancangan yang aman dan sesuai standar adalah suatu keharusan. Penelitian ini berfokus pada perancangan teknis untuk mendapatkan data desain dari perancangan tangki timbun *crude oil* dengan kebutuhan *working volume* sebesar 5.372-barrel, atau setara dengan volume total 610,7 m³, yang dirancang berdasarkan standar baku API (*American Petroleum Institute*) Standard 650 (*Welded Tanks for Oil Storage*). Perancangan yang meliputi perhitungan dimensi utama ini menghasilkan spesifikasi tinggi tangki 5,4-meter dan diameter tangki 18-meter dengan volume yang tersedia adalah 8643-Barrel sehingga memiliki *safety margin* sebesar 60,92 % antara *working volume actual* dan *working volume choosed*. Dalam perancangan ini, telah diperhitungkan pula volume operasional, termasuk volume *dead stock* sebesar 67,87 m³. Dengan mematuhi ketentuan perhitungan serta ketentuan standar API 650, hasil perancangan ini menyimpulkan bahwa tangki tersebut layak dan aman untuk diimplementasikan di fasilitas produksi lapangan PT X.

Kata kunci: API 650, *Crude Oil*, Perancangan alat, Tangki timbun

1. PENDAHULUAN

Menjaga tingkat produksi *crude oil* untuk memenuhi komitmen ekspor dan target nasional merupakan fungsi kritis dari Fasilitas Produksi Lapangan PT X, sebuah fasilitas operasional di sektor hulu minyak dan gas. *Crude oil* yang diproduksi dari sumur produksi harus dikelola dan disimpan dengan hati-hati sebelum dikirim ke fasilitas pengumpulan atau terminal untuk pengolahan lebih lanjut agar aktivitas produksi di lapangan ini terus berlangsung. Tangki penyimpanan merupakan komponen utama dari fasilitas produksi dalam rantai nilai ini. Tangki ini berfungsi sebagai titik pengukuran (*metering*) dan pengendalian kualitas minyak, serta penyimpanan cadangan untuk menyeimbangkan fluktuasi laju aliran antara produksi dan distribusi [1]. Tangki diklasifikasikan sebagai peralatan statis dalam konteks fasilitas pengolahan dan penyulingan minyak karena karakteristik beban mereka, yang umumnya tetap stabil dan konstan sepanjang masa pakai teknisnya. Namun, karena beban hidrostatik yang tinggi yang dikandungnya, peralatan ini menimbulkan risiko keselamatan yang tinggi, terutama terkait dengan kemungkinan kebocoran, kebakaran, dan kegagalan struktural [2].

Kesuksesan program perawatan sumur dan pemeliharaan sumur telah menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam kinerja produksi di lapangan PT X dalam beberapa kuartal terakhir. Namun, infrastruktur pendukung saat ini, terutama sistem penyimpanan, memiliki keterbatasan yang terbatas hal tersebut di akibatkan karena adanya peningkatan produksi. Lebih

dari 90% kapasitas tangki penyimpanan saat ini sedang digunakan, dan sering mendekati kapasitas maksimum. Kondisi kritis ini membawa beberapa risiko operasional yang signifikan, termasuk kemungkinan penghentian produksi akibat kekurangan ruang penyimpanan, peningkatan pembakaran gas yang tidak efisien, dan pelanggaran kode keselamatan akibat operasi yang melebihi batas desain aman [3].

Pihak manajemen PT X memutuskan bahwa kebutuhan mendesak untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan sebesar 5.372-barrel didasarkan pada analisis kebutuhan dan proyeksi produksi. Kapasitas ini dianggap ideal untuk menangani produksi berlebih setiap hari, memberikan waktu penyimpanan yang cukup bagi air dan minyak bumi untuk mengendap (*settling*) dan terjadinya pemisahan antara air dan minyak bumi, serta menjaga operasional yang lancar tanpa memerlukan investasi yang berlebihan. Desain tangki penyimpanan *crude oil* baru yang memenuhi persyaratan kapasitas, keamanan, dan efisiensi untuk seluruh Fasilitas Produksi Lapangan PT X merupakan solusi strategis yang telah dipilih [3].

Standar yang menjadi acuan dalam perancangan tangki adalah *Standar American Petroleum Institute (API) 650: "Welded Tanks for Oil Storage"*, standar digunakan untuk menjamin integritas dalam melakukan perhitungan dan pengambilan keputusan serta standar ini memberikan metodologi yang komprehensif untuk menetapkan standar diameter dan tinggi tangki sehingga dari standar ini dapat dijadikan acuan dalam menentukan diameter, tinggi, penentuan *dead stock* serta dapat menjadi gambaran untuk aspek *fitness-for-service* pada kurun waktu yang panjang [4].

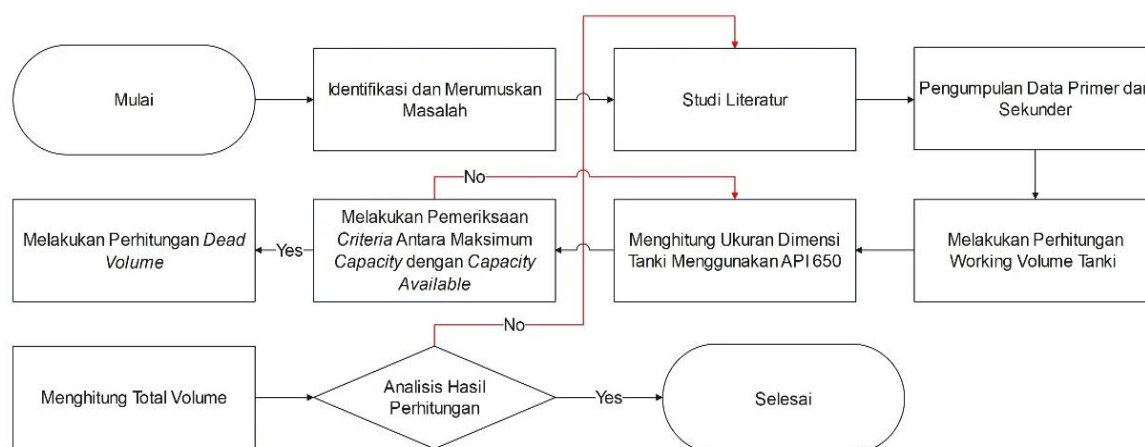
Berdasarkan latar belakang di atas, masalah utama yang sedang dibahas adalah kurangnya teknik desain komprehensif untuk tangki penyimpanan *crude oil* guna meningkatkan kapasitas bahan baku 5.372 barel yang memenuhi standar API 650 dan sesuai dengan kondisi operasional spesifik di Lapangan PT X [5]. Masalah ini menjelaskan konfigurasi dimensi tangki optimal untuk kapasitas 5.372 barel berdasarkan API 650, perhitungan volume operasional dan volume mati (*dead volume*) sesuai kebutuhan proses produksi, serta pengaturan tingkat operasional yang aman dan efektif untuk memastikan proses produksi berjalan lancar [5].

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk menyusun dokumen desain tangki timbun *crude oil* yang memiliki working volume sebesar 5.372-barrel yang berlandaskan pada standar API 650. Dan adapapun tujuan khusus penelitian ini meliputi penentuan dimensi utama tangki (diameter dan tinggi *shell*) yang optimal berdasarkan ketetapan yang dimiliki oleh API 650, selanjutnya adanya penghitungan kapasitas *liquid volume* yang meliputi *working volume* dan *dead volume*, analisis level-setting operasional yang meliputi *Low Liquid Level (LLL)*, *Low Low Liquid Level (LLLL)*, *High Liquid Level (HLL)*, dan *High High Liquid Level (HHLL)*, selain itu agar penelitian ini lebih terfokus, maka ditetapkan batasan masalah yang mencakup perancangan terbatas pada perhitungan dimensi utama tangki berdasarkan API 650, perhitungan volume terbatas pada *liquid volume*, *working volume*, dan *dead volume*, analisis *level-setting* terbatas pada penentuan *Low Liquid Level (LLL)*, *Low Low Liquid Level (LLLL)*, *High Liquid Level (HLL)*, dan *High High Liquid Level (HHLL)*, serta perhitungan *retention time* untuk kondisi pengisian dan pengosongan tangki [6]. Di luar ruang lingkup penelitian ini adalah analisis pondasi, sistem perpipaan detail, dan studi kelayakan ekonomi, perhitungan *retention time* untuk berbagai skenario operasi pengisian dan pengosongan tangki.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian perancangan tangki timbun *crude oil* dengan kapasitas *working volume* 5372-barrel dirancang sebagai studi perancangan teknik (*engineering design study*) yang sistematis, pengolahan data dan skema perancangan dilakukan dengan

menggunakan *software Microsoft Excel*. Mekanisme perancangan dapat dilihat Gambar 1. yang disajikan alur metode penelitian dalam format diagram alir (*flowchart*).



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

Berdasarkan Gambar 1 terdapat diagram alir yang tercantum, metodologi penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian tahapan sistematis. Proses diawali dengan identifikasi dan perumusan masalah untuk memperoleh pemahaman komprehensif mengenai permasalahan yang dihadapi, sekaligus menentukan kerangka solusi yang tepat. Langkah berikutnya melakukan studi literatur mendalam guna membangun dan mendapatkan kerangka landasan teoritis yang kuat, dengan fokus pada standar perhitungan struktural API *Standard 650* yang menjadi acuan utama. Studi literatur ini sangat krusial mengingat perancangan tangki timbun berkapasitas besar harus memenuhi prinsip rekayasa yang teruji dan standar industri yang ketat guna menjamin keamanan material, keselamatan pekerja, serta kelestarian lingkungan.

Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data primer dan sekunder melalui observasi lapangan. Data yang dikumpulkan meliputi parameter operasional seperti laju alir produksi, kapasitas penyimpanan yang dibutuhkan, dan massa jenis *crude oil*. Data-data ini menjadi dasar input dalam proses perancangan teknis. Selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi tangki dengan menerapkan metodologi API 650, yang mencakup analisis pengaruh variasi diameter dan tinggi tangki terhadap tegangan maksimum pada *shell* akibat beban hidrostatis dan eksternal, sehingga dapat ditentukan konfigurasi dimensi yang optimal. Setelah menentukan diameter dan tinggi menggunakan API 650, perlu dilakukan verifikasi hasil dengan membandingkan volume kerja yang diperlukan dan volume kerja aktual yang diperoleh dari pengukuran diameter dan tinggi. Apabila hasil pemeriksaan menunjukkan ketidaksesuaian, maka akan dilakukan iterasi kembali ke tahap studi literatur untuk penyempurnaan dan penyesuaian desain. Apabila seluruh verifikasi dinyatakan sesuai maka desain dapat digunakan dengan melakukan analisis dan menyimpulkan desain akhir.

3. PEMBAHASAN

A. Data Desain Penunjang Desain Tangki

Proses perancangan diawali dengan analisis data operasional yang menjadi dasar perhitungan kebutuhan volume. Berdasarkan data dari fasilitas produksi, diperoleh parameter-parameter kritis seperti dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Desain Tangki

Parameter	Nilai	Satuan	Konversi
<i>Flowrate air dari wash tank</i>	15.160	BWPD	631,67 BPH
<i>Flowrate water dari crude tank</i>	60.86	BWPD	2,54 BPH
<i>Flowrate water (Margin 10%)</i>	15.221	BWPD	634,20 BPH
<i>Total flowrate</i>	16.743	BWPD	697,62 BPH
Massa jenis air	964,6	Kg/m ³	
Kriteria waktu pengisian	7,7	Jam	462 Menit
Kriteria waktu tinggal	1	Jam	60 Menit

Berdasarkan data dari fasilitas produksi, diperoleh parameter-parameter kritis. Perancangan tangki timbun *crude oil* dengan *working volume* sebesar 5372-barrel diawali dengan analisis komprehensif terhadap data desain operasional. Data primer yang menjadi dasar perhitungan untuk parameter aliran dan operasional Lapangan PT X. Berdasarkan data lapangan, fluida yang akan ditampung adalah *crude oil* dengan kandungan udara yang memerlukan pemisahan dan penampungan secara terbalik. Karakteristik fluida yang akan disimpan di tangki ditunjukkan oleh data densitas sebesar 964,6 kg/m³, yang menjadi acuan dalam tekanan hidrostatik.

Dari data desain yang tersedia, menunjukkan bahwa *flowrate water* dari *wash tank* sebesar 15.160 bwpd dan dari *crude tank* sebesar 60,86 bwpd, sehingga total *flowrate input* ke dalam tangki sebesar 15.221 bwpd, dari total nilai tersebut diterapkan *safety margin* sebesar 10% untuk memberikan kapasitas aman terhadap fluktuasi sistem produksi dan penyimpanan sehingga *flowrate inlet* tangki sebesar 16.743 bwpd atau jika dilakukan konversi setara dengan 697,62 BPH. Selain itu terdapat parameter kritis lainnya seperti *filling time criteria* yakni selama 7,7 jam (462 menit), *filling time* ini didapat dari data desain yang optimal selama operasi di lapangan produksi PT X, sehingga mencerminkan berapa lama waktu yang disediakan untuk pengisian, selanjutnya adalah *retention time* selama 1 jam (60 menit) untuk memastikan proses separasi antara *crude oil*, *water* dan sedimen dapat terpisahkan secara optimal.

B. Perhitungan Working Volume

Berdasarkan data dasar tersebut, proses perancangan diawali dengan melakukan perhitungan nilai *working volume* yang diperlukan. *Working volume* merupakan kapasitas atau beban yang akan diterima oleh tangki, dan menunjukkan seberapa besar kapasitas dalam volume yang perlu disiapkan dengan mempertimbangkan waktu pengisian (*filling time*) dan laju alir total (*flowrate total with 10% margin*) perhitungan dapat dilakukan melalui persamaan,

$$\text{Working Volume} = \text{Filling time} \times \text{Flowrate Water (Margin 10\%)} \quad (1)$$

Berdasarkan perhitungan volume yang dibutuhkan, telah didapatkan hasil bahwa nilai dari *working volume* sebesar 5.372-barrel, nilai tersebut menjadi acuan kritis untuk menentukan dimensi tangki dikarenakan hasil perhitungan ini menjadi basis kalkulasi untuk menetapkan diameter dan tinggi tangki dengan mengacu pada Standar API 650, sekaligus menjadi landasan dalam menetapkan konfigurasi *level-setting* operasional. Hasil analisis *working volume* ini tidak hanya menunjukkan kesesuaian dengan kebutuhan riil lapangan, tetapi juga menyediakan ca-

dengan kapasitas yang memadai untuk mengantisipasi potensi peningkatan produksi di masa depan.

C. Pemilihan Dimensi Tanki Menggunakan API 650

Tahap selanjutnya setelah mendapatkan nilai dari *working volume*, maka proses perancangan dilanjutkan dalam tahap penentuan dimensi tangki. Penentuan ini dilakukan dengan mengacu pada Tabel A-1a "Typical Sizes and Corresponding Nominal Capacities (m^3) for Tanks with 1800-mm Courses" yang merupakan bagian integral dari Standar API 650 [7]. Tabel 2 digunakan untuk menentukan tinggi dan diameter dari tangki. Dimensi dapat dipilih dengan mempertimbangkan beberapa parameter seperti, pengaruh dari tinggi dan diameter terhadap kapasitas ruang yang tersedia, atau dapat mempertimbangkan biaya untuk melakukan pembuatan serta dapat juga mempertimbangkan geografis lingkungan baik itu kondisi angin, tanah dan cuaca. Hasil akhir yang dipilih melalui analisa baik itu, lingkungan, biaya dan geografis maka akan mendapatkan pertimbangan yang maksimal dalam pemilihan desain dan kelancaran operasi serta produksi.

Tabel 2. Typical Sizes and Corresponding Nominal Capacities (m^3) for Tanks with 1800-mm Courses API 650 [8]

API STANDARD 650

os | Table A-1a—(SI) Typical Sizes and Corresponding Nominal Capacities (m^3) for Tanks with 1800-mm Courses

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10	Column 11
Tank Diameter m	Capacity per m of Height m^3			Tank Height (m) / Number of Courses in Completed Tank						
		3.6 / 2	5.4 / 3	7.2 / 4	9 / 5	10.8 / 6	12.6 / 7	14.4 / 8	16.2 / 9	18 / 10
3	7.07	25	38	51	64	76	—	—	—	—
4.5	15.9	57	86	115	143	172	—	—	—	—
6	28.3	102	153	204	254	305	356	407	—	—
7.5	44.2	159	239	318	398	477	557	636	716	795
9	63.6	229	344	458	573	687	802	916	1,031	1,145
10.5	86.6	312	468	623	779	935	1,091	1,247	1,403	1,559
12	113	407	611	814	1,018	1,221	1,425	1,629	1,832	2,036
13.5	143	515	773	1,031	1,288	1,546	1,804	2,061	2,319	2,576
15	177	636	954	1,272	1,590	1,909	2,227	2,545	2,863	3,181
18	254	916	1,374	1,832	2,290	2,748	3,206	3,664	4,122	4,580
<i>D = 18</i>										
21	346	1,247	1,870	2,494	3,117	3,741	4,364	4,988	5,089	—
24	452	1,629	2,443	3,257	4,072	4,886	5,700	5,474	<i>D = 20</i>	—
27	573	2,061	3,092	4,122	5,153	6,184	6,690	<i>D = 22</i>	—	—
30	707	2,545	3,817	5,089	6,362	7,634	<i>D = 26</i>	—	—	—
36	1,018	3,664	5,497	7,329	9,161	<i>D = 30</i>	—	—	—	—
<i>D = 36</i>										
42	1,385	4,988	7,481	9,975	—	—	—	—	—	—
48	1,810	6,514	9,772	11,966	—	—	—	—	—	—
54	2,290	8,245	12,367	<i>D = 46</i>	—	—	—	—	—	—
60	2,827	10,179	15,268	—	—	—	—	—	—	—
66	3,421	12,316	16,303	—	—	—	—	—	—	—
<i>D = 62</i>										

Terdapat karakteristik tanah di Lapangan PT X yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan dimensi tangki, hal ini dikarenakan kondisi geoteknik dapat mengakibatkan penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) yang dapat terjadi akibat distribusi tekanan tidak merata. Apabila dipilih konfigurasi dengan diameter lebih kecil dan tinggi yang lebih dominan, maka akan tercipta profil tangki yang terlalu “lancip” dengan tekanan vertikal akan terpusat pada area dasar yang sempit hal tersebut akan menjadi permasalahan pada proses produksi dikarenakan akan terjadi perubahan struktur tanah yang tidak seragam dikarenakan tidak kuat dalam menahan distribusi tekanan dari tangki [9]. Maka berdasarkan hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 konfigurasi dimensi yang dipilih adalah diameter 18-meter dan tinggi 5,4-meter sehingga menyediakan *working volume actual* sebesar 8.643-barrel, dimensi tersebut telah memenuhi *working volume required* sebesar 5.371-barrel, dengan selisih nilai sebesar 3.272-barrel atau sekitar 60.92% dari *working volume required*. Dapat dilihat pada Tabel 3, nilai tersebut lebih dari cukup untuk mengatasi fluktuasi produksi dan juga penanganan bahan baku yang berlebih akibat proses produksi.

Tabel 3. Data Volume Required dan Chosed

Diameter	Tinggi	Capacity Required	Capacity Chosed
18-meter	5,4-meter	5.372-barrel	8.643-barrel
<i>Capacity Chosen > Capacity Required</i>			

Terdapat kapasitas berlebih yang dapat dijadikan sebagai *safety margin* sebesar 60,92%, akan memberikan fleksibilitas operasional yang memadai untuk mengakomodasi fluktuasi produksi tak terduga, serta akumulasi sedimentasi tanpa harus mengorbankan keamanan operasi. Selain itu, kelebihan kapasitas juga berfungsi sebagai manajemen tambahan terhadap kemungkinan *overflow*, khususnya dalam kondisi darurat atau selama pemeliharaan peralatan kontrol level.

D. Perhitungan Dead Volume Menggunakan API 650

Dead volume merupakan volume bagian bawah tangki, digunakan untuk mengakomodasi akumulasi sedimen baik itu padatan ataupun *sludge* yang terdapat pada fluida yang disimpan, atau juga dapat dilakukan untuk mengambil *free water* yang tidak terkandung atau telah terpisahkan dari *crude oil* selain itu juga adanya *dead volume* diharapkan dapat menjaga ketinggian cairan minimum diatas *inlet* atau *outlet nozzle* untuk mencegah terjadinya kavitasi pada aliran tersebut. Perhitungan *dead volume* dilakukan dengan menggunakan rumus,

$$Dead Volume = \pi \times \frac{(D^2)}{4} \times Hd \quad (2)$$

$$Hd = Minimum Distance from Bottom Tank (For Regular Type) + (0,5 \times Thickness Nozzle) \quad (3)$$

Perhitungan *dead volume* dilakukan dengan menggunakan nilai diameter yang sudah ditentukan dan mencari nilai Hd yang didapat dengan menggunakan nilai ketinggian *nozzle* dari dasar tangki dan juga ketebalan dari *nozzle* pada Tabel 4. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, *dead volume* didapatkan dengan memperhatikan dimensi *nozzle* outlet 4 inci sesuai ketentuan yang terlampir pada Tabel 5. Penentuan tinggi *dead volume* (Hd) sebesar 0,2667-meter berdasarkan pada pertimbangan antara tangki sebagai peralatan utama dan pompa sebagai pe-

nunjang sehingga dapat mencegah terjadinya kavitasi pada pompa dan memastikan tidak terdapatnya *entrainment* sedimen dalam aliran *output*.

Tabel 4. Dimensions for Shell Nozzles (USC) [8]

Parameter	Nilai (inch)	Konversi (ft)
<i>Diameter Nozzle</i>	4	0,3333
H_N	10,25	0,8542
<i>OD Nozzle</i>	4,5	0,3750
<i>Thickness Nozzle</i>	0,5	0,0417
H_d	10,5	0,8750

Tabel 5. Dimensions for Shell Nozzles API 650 [8]

Table 5.6b—Dimensions for Shell Nozzles (USC)

Dimensions in inches

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9 ^c
NPS (Size of Nozzle)	Outside Diameter of Pipe <i>OD</i>	Nominal Thickness of Flanged Nozzle Pipe Wall ^a <i>t_n</i>	Diameter of Hole in Reinforcing Plate <i>D_R</i>	Length of Side of Reinforcing Plate ^b or Diameter <i>L = D_o</i>	Width of Reinforcing Plate <i>W</i>	Minimum Distance from Shell- to-Flange Face <i>J</i>	Minimum Distance from Bottom of Tank to Center of Nozzle	
							Regular Type ^d <i>H_N</i>	Low Type <i>C</i>
Flanged Fittings								
60	60	e	60 ¹ / ₈	120 ³ / ₄	145 ³ / ₄	16	64 ⁵ / ₈	60 ³ / ₈
54	54	e	54 ¹ / ₈	108 ³ / ₄	131 ¹ / ₂	16	58 ⁵ / ₈	54 ³ / ₈
52	52	e	52 ¹ / ₈	104 ³ / ₄	126 ¹ / ₂	16	56 ⁵ / ₈	52 ³ / ₈
50	50	e	50 ¹ / ₈	100 ³ / ₄	121 ³ / ₄	16	54 ⁵ / ₈	50 ³ / ₈
48	48	e	48 ¹ / ₈	96 ³ / ₄	117	16	52 ⁵ / ₈	48 ³ / ₈
46	46	e	46 ¹ / ₈	92 ³ / ₄	112	16	50 ⁵ / ₈	46 ³ / ₈
44	44	e	44 ¹ / ₈	88 ³ / ₄	107 ¹ / ₄	15	48 ⁵ / ₈	44 ³ / ₈
42	42	e	42 ¹ / ₈	84 ³ / ₄	102 ¹ / ₂	15	46 ⁵ / ₈	42 ³ / ₈
40	40	e	40 ¹ / ₈	80 ³ / ₄	97 ³ / ₄	15	44 ⁵ / ₈	40 ³ / ₈
38	38	e	38 ¹ / ₈	76 ³ / ₄	92 ³ / ₄	14	42 ⁵ / ₈	38 ³ / ₈
36	36	e	36 ¹ / ₈	72 ³ / ₄	88	14	40 ⁵ / ₈	36 ³ / ₈
34	34	e	34 ¹ / ₈	68 ³ / ₄	83 ¹ / ₄	13	38 ⁵ / ₈	34 ³ / ₈
32	32	e	32 ¹ / ₈	64 ³ / ₄	78 ¹ / ₂	13	36 ⁵ / ₈	32 ³ / ₈
30	30	e	30 ¹ / ₈	60 ³ / ₄	73 ¹ / ₂	12	34 ⁵ / ₈	30 ³ / ₈
28	28	e	28 ¹ / ₈	56 ³ / ₄	68 ³ / ₄	12	32 ⁵ / ₈	28 ³ / ₈
26	26	e	26 ¹ / ₈	52 ³ / ₄	64	12	30 ⁵ / ₈	26 ³ / ₈
24	24	0.50	24 ¹ / ₈	49 ¹ / ₂	60	12	29	24 ³ / ₄
22	22	0.50	22 ¹ / ₈	45 ¹ / ₂	55 ¹ / ₄	11	27	22 ³ / ₄
20	20	0.50	20 ¹ / ₈	41 ¹ / ₂	50 ¹ / ₂	11	25	20 ³ / ₄
18	18	0.50	18 ¹ / ₈	37 ¹ / ₂	45 ³ / ₄	10	23	18 ³ / ₄
16	16	0.50	16 ¹ / ₈	33 ¹ / ₂	40 ³ / ₄	10	21	16 ³ / ₄
14	14	0.50	14 ¹ / ₈	29 ¹ / ₂	36	10	19	14 ³ / ₄
12	12 ³ / ₄	0.50	12 ⁷ / ₈	27	33	9	17 ³ / ₄	13 ¹ / ₂
10	10 ³ / ₄	0.50	10 ⁷ / ₈	23	28 ¹ / ₄	9	15 ³ / ₄	11 ¹ / ₂
8	8 ⁵ / ₈	0.50	8 ³ / ₄	19	23 ¹ / ₄	8	13 ³ / ₄	9 ¹ / ₂
6	6 ⁵ / ₈	0.432	6 ³ / ₄	15 ³ / ₄	19 ¹ / ₂	8	12 ¹ / ₈	7 ⁷ / ₈
4	4 ¹ / ₂	0.337	4 ⁵ / ₈	12	15 ¹ / ₄	7	10 ¹ / ₄	6
3	3 ¹ / ₂	0.300	3 ⁵ / ₈	10 ¹ / ₂	13 ¹ / ₂	7	9 ¹ / ₂	5 ¹ / ₄
2 ¹ / ₂	2 ³ / ₈	0.218	2 ¹ / ₂	—	—	6	7	ⁿ

Berdasarkan parameter geometri tangki dengan diameter 18 meter, perhitungan *dead volume* menghasilkan nilai sebesar 67,87 m³ atau setara dengan 426,87 barrel. Volume ini merupakan alokasi ruang yang sengaja disisihkan di bagian bawah tangki untuk menampung akumulasi sedimen dan air yang terpisah secara gravitasi dari *crude oil* selama proses penyimpanan. Adanya *dead volume* ini menjamin kualitas *crude oil* yang dikeluarkan melalui *nozzle*

outlet tetap memenuhi spesifikasi yang ditentukan, sekaligus meminimalkan risiko kerusakan peralatan akibat kontaminasi partikel padat.

Berdasarkan hasil yang didapat dapat dilakukan analisis lebih lanjut bahwa terdapat rasio antara *dead volume* terhadap total volume yakni sebesar 7,36%, suatu nilai yang berada dalam rentang optimal untuk tangki penyimpanan *crude oil* [10]. Konfigurasi ini tidak hanya memenuhi ketentuan dari standar API 650 tetapi juga akan memberikan keuntungan terhadap operasional yakni periode *maintenance* yang lebih panjang karena akumulasi sedimen dapat tertampung dengan baik tanpa mengganggu kapasitas efektif tangki. Dengan demikian, perhitungan *dead volume* dan *total volume* yang telah dilakukan menghasilkan desain yang menguntungkan untuk aspek pemeliharaan untuk mendukung kelancaran operasi dan kemudahan perawatan fasilitas penyimpanan di Lapangan PT X.

E. Perhitungan Total Volume

Perhitungan total volume tangki, akan memberikan gambaran akhir mengenai berbagai komponen yang mengacu pada API 650 dan juga kebutuhan operasional PT. X, nilai total volume didapatkan sebesar 5.798-barrel (921,90 m³) didapatkan dari nilai *working volume* 5.372-barrel (854,03 m³) dan juga nilai dari *dead volume* sebesar 426,87-barrel (67,87 m³). Berdasarkan standar API 650, desain total volume yang dihasilkan telah memperhatikan aspek keselamatan baik itu dalam menentukan diameter tangki sebesar 18-meter dan tinggi 5,4-meter, pemilihan dimensi tersebut meminimalkan risiko kegagalan struktural dan juga menjaga kualitas tangki serta lingkungan yang menunjang [11].

F. Menentukan Liquid Volume

Melakukan penentuan *liquid volume* pada tangki timbun *crude oil* dilakukan melalui beberapa langkah analisis komprehensif yang mempertimbangkan antara kebutuhan operasional dan persyaratan keselamatan berdasarkan standar API 650. *Liquid volume* dalam desain ini terdiri dari beberapa komponen utama yang mencakup *working volume* sebesar 854,03 m³ (5.372-barrel) antara level LLL (11%) dan HLL (95%), serta volume tambahan yang dialokasikan untuk keperluan operasional dan keselamatan seperti tampak pada Tabel 6. Berdasarkan data yang diperoleh, konfigurasi *liquid volume* terdistribusi pada berbagai level ketinggian dengan spesifikasi yang jelas.

Tabel 6. Dimensions for Shell Nozzles (USC) [12]

<i>Level Setting</i>	<i>Out Nozzle</i>	<i>In Nozzle</i>	<i>OF</i>	<i>LLLL</i>	<i>LLL</i>	<i>HLL</i>	<i>HHLL</i>	<i>Criteria Level</i>	<i>Shell Height</i>
0,00	5%	95%	-	7%	11%	95%	97%	98%	100%
<i>Level, m</i>	0,27	5,13	N/A	0,378	5,13	5,238	5,238	5,292	5,4
<i>Volume between level setting, m</i>	0,27	5,13		0,378	0,216	4,536	0,108	0,054	0,108
<i>Volume between level setting, m³</i>	68,71	1305,43		96,19	54,97	1154,27	27,48	13,74	22,6

Level Setting	Out Nozzle	In Nozzle	OF	LLLL	LLL	HLL	HHLL	Criteria Level	Shell Height
Retention time between level (unloading rate), min	56,41	1072		78,97	45,13	947,7	22,6	11,3	22,6
Retention time between level (filling time), min	103,47	1966,00		144,9	82,78	1738,36	41,39	20,69	41,39

Berdasarkan analisis data penyesuaian level yang didapat dari perhitungan, dapat ditentukan bahwa volume antara LLLL (7%) dan LLL (11%) sebesar 54,97 m³ memiliki fungsi sebagai volume penyangga hal ini bertujuan agar mencegah terjadinya kerusakan pada tangki dan juga memberikan margin operasional. Sebaliknya, volume antara HLL (95%) dan HHLL (97%) sebesar 27,48 m³ ditetapkan sebagai margin keamanan (*safety margin*) untuk mencegah kelebihan isi yang tidak terjadi. Konfigurasi ini menunjukkan bahwa, dengan kapasitas total 1.374,13 m³, volume fluida yang dapat digunakan secara efektif mencapai 1.154,27 m³ pada level HLL, dengan volume kerja 854,03 m³ dan volume pendukung operasional 300,24 m³.

Berdasarkan analisis waktu retensi, volume fluida yang tersedia dapat mendukung operasi pengisian hingga 1.738,36 menit (28,97 jam) dan operasi pengosongan hingga 947,7 menit (15,8 jam), yang kurang dari persyaratan minimum 60 menit. Penelitian ini menunjukkan bahwa desain volume fluida tidak hanya memenuhi persyaratan kapasitas tetapi juga memastikan kualitas proses pemisahan *crude oil* dari udara dan sedimen. Distribusi volume fluida yang ideal juga mempengaruhi karakteristik *crude oil* Lapangan PT X, yang memiliki densitas 964,6 kg/m³ dan kandungan sedimen yang sedang. Oleh karena itu, konfigurasi volume fluida yang telah ditetapkan merupakan hasil optimalisasi hubungan antara karakteristik fluida yang diukur, keselamatan operasional, dan kapasitas penyimpanan yang diperlukan [13]. Dengan demikian, konfigurasi *liquid volume* yang telah ditetapkan merupakan hasil optimasi antara kebutuhan kapasitas penyimpanan, aspek keselamatan operasional, dan karakteristik fluida yang ditampung.

4. SIMPULAN

Berdasarkan semua analisis dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemasangan fasilitas penyimpanan *crude oil* dengan tangki penyimpanan berkapasitas kerja 5.372 barel di Fasilitas Produksi Lapangan PT X telah berhasil memenuhi semua spesifikasi desain berdasarkan API 650. Dimensi tangki sebesar 18-meter dan tinggi 5,4-meter ideal untuk menyeimbangkan aspek teknis, operasional, dan geoteknik, dengan kapasitas total 8.643 barel yang menyediakan cadangan operasional sebesar 60,92%. Analisis distribusi volume menunjukkan komposisi yang tepat antara *working volume* 5.372-barrel, *dead volume* 426,87 barrel, dan total volume 5.798-barrel, didukung oleh konfigurasi *level-setting* yang komprehensif meliputi LLL (11%), LLLL (7%), HLL (95%), dan HHLL (97%). Desain ini tidak hanya memenuhi kebutuhan *immediate operasional* dengan *retention time* 1.738,36 menit untuk pengisian dan 947,7 menit untuk pengosongan, tetapi juga mengakomodasi pertimbangan geoteknik melalui distribusi tekanan yang merata untuk mencegah penurunan tanah yang tidak seragam. Berdasarkan penelitian ini memperkuat validasi penerapan Standar API 650 dalam konteks peran-

cangan tangki timbun, API 650 memiliki kerangka kerja yang dapat diadopsi untuk perancangan fasilitas serupa di wilayah dengan karakteristik tertentu, serta berkontribusi dalam pengembangan teknos perancangan peralatan proses yang mengintegrasikan aspek teknis, keselamatan, dan kelayakan ekonomi secara berkelanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mahardhika, P., & Ratnasari, A. "Perancangan Tangki Stainless Steel untuk Penyimpanan Minyak Kelapa Murni Kapasitas 75 m³". *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 3(1), 39. 2018.
- [2] Prayogi, D. S., & Upara, N. "Perancangan Tangki Bahan Bakar Biodiesel B30 Pada Engine Diesel" Jiang FA R175 A. 2022.
- [3] Delin Fitrianis, "*PERANCANGAN DAN ANALISIS TANGKI HORIZONTAL DAN PORTABLE SKID UNTUK PENYIMPANAN SOLAR KAPASITAS 50.000 LITER MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT ANALYSIS*". PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN MANUFAKTUR, JURUSAN TEKNIK MESIN, POLITEKNIK NEGERI JAKARTA. 2022.
- [4] API Standard 650. "*Welded Steel Tank for Oil Storage 13th Edition*". American Petroleum Institute, Washington, D.C. 2020.
- [5] E Popov. "Mechanics of Materials, second edition". Berkeley: University of California. 1984.
- [6] American Petroleum Institute. "API STANDARD 650 THIRTEENTH EDITION", MARCH 2020 API MONOGRAM PROGRAM EFFECTIVE DATE: SEPTEMBER 1, 2020.
- [7] B. Geyer, Wayne. "*Handbook of storage tanks, codes, regulation, and design*", 207 Madison Avenue, New York. 2020.
- [8] American Petroleum Institute. "API 650-2016 12th (Annex T)", Addendum. 2016.
- [9] Terrace, Norton, "*Aboveground Oil Storage Tanks*", Nova Science Publisher, New York. 2019.
- [10] Yogaryansyah, Herlita. "*PRARANCANG PABRIK ASETAT ANHIDRAT DARI ASAM ASETAT DAN KETENE DENGAN METODE DEKOMPOSISI ASETON KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN*". SARJANA TEKNIK KIMIA, UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA. 2021.
- [11] Fikri, Akhmalu. "*ANALISIS PERANCANGAN MANUFAKTUR PADA TANGKI PENYIMPANAN BAHAN BAKAR MINYAK BERJENIS ABOVEGROUND TANK BERDASARKAN AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API) 650*". S1 thesis, Universitas Mercu Buana Jakarta. 2019.
- [12] Fitrianisa, Delin. "PERANCANGAN DAN ANALISIS TANGKI HORIZONTAL DAN PORTABLE SKID UNTUK PENYIMPANAN SOLAR KAPASITAS 50.000 LITER MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT ANALYSIS". Sarjana Teknik Mesin. Politeknik Negeri Jakarta. 2022.
- [13] Sultan, Fathin. "Analisis Kesesuaian Lahan Industri Menggunakan Pendekatan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kecamatan Nongsa, Kota Batam)". Prodi Teknik Geomatika. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. 2025.