



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Pengaruh Variasi Bentuk *Perforated* Pada *Fixed Baffles* Untuk Mengurangi Efek *Sloshing* Pada Ruang Muat Kapal Tanker Menggunakan Metode *CFD*

Saeful Huda Mursito¹⁾, Eko Sasmito Had¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*})e-mail : shmursito@gmail.com , ekosasmitohadi@gmail.com, parlindungan_manik@live.undip.ac.id.

Abstrak

Saat ini sebagian besar eksplorasi minyak bumi berada di lautan, dimana kapal digunakan sebagai alat transportasi utama untuk mengangkut minyak bumi tersebut. Kapal tersebut memiliki resiko kecelakaan tinggi karena membawa muatan mudah terbakar dan memperoleh efek *sloshing*. *Sloshing* merupakan sebuah fenomena gerakan bebas dari fluida dalam sebuah tangki. Fenomena ini sering di sebut dengan *free surface effect* yang dapat mengakibatkan deformasi pada struktur tangki. Penelitian ini bertujuan mengurangi efek *sloshing* dari kapal pertamina 17500Ltdwt yang di timbulkan dengan menggunakan *fixed baffle* di tambah dengan variasi *perforated* pada masing-masing *baffle*. pemodelan tangki yang di gunakan untuk simulasi memiliki panjang 20,10m, lebar 11,85m, tinggi 10m. Analisa menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* dengan menambah variasi *perforated* pada *fixed baffle* yakni tanpa *baffle*, *full baffle*, setengah *rectangle*, *full rectangle*, *full oval*, setengah *oval*, *full circle*, dan setengah *circle* dengan variasi pengisian tangki yakni 30%, 50%, 70%, dan 90%. Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa efek *sloshing* pada tangki dengan *full baffle* dapat berkurang 30,54%, *full oval perforated* dapat berkurang 24,54%, *full circle perforated* dapat berkurang 24,12%, *full rectangle perforated* dapat berkurang 23,34%, setengah *rectangle perforated* dapat berkurang 22,07%, setengah *oval perforated* dapat berkurang 21,09%, setengah *circle perforated* dapat berkurang 17,47%.

Kata Kunci : *sloshing*, *free surface effect*, *baffle*, dan *computational fluid dynamic*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan perekonomian di suatu negara, maka kebutuhan energi akan meningkat khususnya pada energi Bahan Bakar Minyak (BBM), dikarenakan BBM dapat membantu menggerakkan roda perekonomian suatu negara seperti sektor transportasi, sektor industri, serta sektor pemerintahan. Semua eksplorasi minyak dan gas bumi berada di lautan, dimana kapal adalah alat transportasi penting untuk mendistribusikan hasil eksplorasi tersebut.

Kapal *tanker* memiliki resiko kecelakaan yang tinggi, selain dari muatan yang berbahaya karena mudah terbakar, kapal pengangkut cairan juga harus memperoleh gaya *sloshing* dari muatan akibat dari pergerakan fluida dinamis.[1]

Sloshing dan gerakan permukaan bebas adalah

masalah umum yang mempengaruhi tidak hanya dinamika aliran di dalam wadah, tetapi juga wadah itu sendiri. Wadah yang membawa cairan, tangki yang digunakan untuk menyimpan cairan harus menahan dinamika yang kompleks akibat gerakan cairan tersebut.[2] *Sloshing* dapat dikendalikan dengan berbagai cara, mulai dari perangkat pasif bekerja dengan tegangan permukaan ataupun membran (sekat) untuk cara aktif.[3]

Sloshing adalah sebuah fenomena gerakan fluida cair di mana cairan dalam sebuah tangki yang memiliki permukaan bebas bergerak sehingga mengenai dinding muatan akibat dari gerakan osilasi kapal. Bila gerakan *sloshing* ini terus terjadi dalam kurun waktu yang cukup lama maka dapat menimbulkan kerusakan / deformasi pada struktur tangki tersebut. Banyak perusahaan pelayaran yang telah berusaha untuk mengurangi efek *sloshing*

yang terjadi pada kapal mereka, salah satu caranya yaitu dengan menggunakan anti *sloshing*. [4]

Anti-*sloshing*, atau disebut juga *baffle*, biasa digunakan untuk meredam gaya yang terjadi pada dinding tangki akibat dari gerakan osilasi pada kapal sehingga mereduksi besarnya hempasan cairan fluida oleh gerak osilasi dari kapal. Selain itu anti-*sloshing* akan menurunkan kecepatan aliran air yang mencoba untuk memukul dinding dengan kecepatan yang tinggi. [5] Anti-*sloshing* dapat ditempatkan di dinding tangki secara *vertikal*, *horizontal*, maupun gabungan antara *vertikal* dan *horizontal*. [6]

Dengan menggunakan desain *baffles* yang baru diharapkan bisa mengurangi efek *sloshing* secara efektif. Desain *baffles* ini bisa diterapkan untuk kapal tanker dengan tidak mempengaruhi struktur kapal dan konstruksi ruang muat kapal tersebut.

Pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan variasi pengisian fluida tanpa menggunakan *baffle* dan menggunakan variasi *baffle* namun hanya di gunakan untuk satu kondisi pengisian sehingga karakteristik dari fluida dan pengaruh dari *baffle* yang terpasang tidak di ketahui secara detail.

Maka dari itu, penelitian ini di lakukan dengan kombinasi variasi bentuk *baffle* dan variasi kondisi pengisian fluida sehingga dapat melihat karakteristik dari fluida terhadap penggunaan *baffle* dengan kondisi pengisian yang berbeda.

Adapun target yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui jenis *baffle* yang paling efektif untuk mengurangi efek *sloshing* pada ruang muat kapal *tanker* pertamina 17500LTDWT. Dari Hasil penelitian di harapkan dapat bermanfaat untuk seluruh pihak terutama industri dunia perkapalan sehingga dapat meningkatkan standar keselamatan kapal serta mengurangi korban kecelakaan kapal.

2. METODE

2.1. Data Utama Kapal

Data yang dibutuhkan untuk penelitian ini didapatkan dari data pada penelitian sebelumnya. Data ukuran utama kapal *Tanker* Pertamina 17500LTDWT. Sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran Utama kapal [1]

Nama Kapal	Ukuran Utama Kapal
<i>Tipe</i>	<i>Tanker</i>
<i>LOA</i>	160,00 meter
<i>LPP</i>	149,50 meter
<i>B</i>	27,70 meter
<i>H</i>	12,00 meter
<i>T</i>	7,00 meter
<i>Vs</i>	13,00 knot

Tabel 2. Ukuran Utama Pemodelan Tangki [1]

Parameter	Ukuran Utama Tangki
Panjang Tangki	20,10 Meter
Lebar Tangki	11,85 Meter
Tinggi Tangki	10,00 Meter

2.2. Pemodelan dan Variasi

Pembuatan model model tangki berdasarkan data dari *General Arrangement* dengan ukuran yang sesuai dengan ukuran tangki kapal sebenarnya. Dengan penambahan variasi pada bentuk *perforated baffle* yang di gunakan dan variasi pengisian tangki.

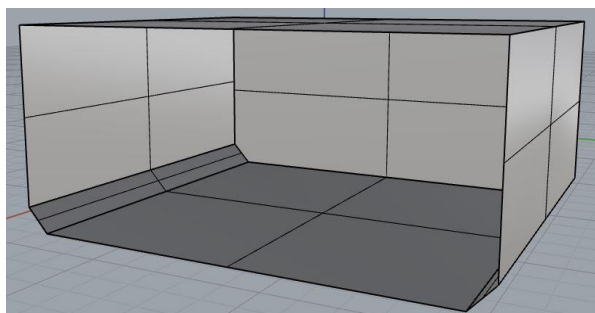
Parameter Tetap :

Ukuran utama dari tangki yang akan di gunakan untuk simulasi dan analisa sama dengan ukuran tangki yang ada di *General Arrangement*.

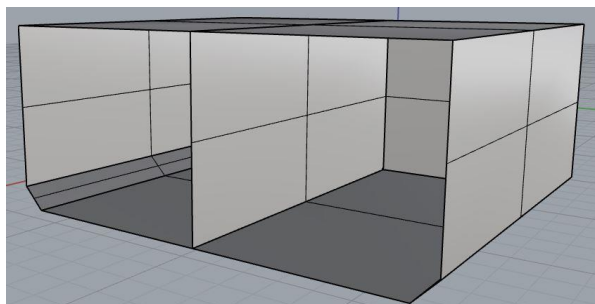
Parameter Peubah

Pengisian tangki di variasi menjadi 4 variasi, antara lain: 30%, 50%, 70%, dan 90%.

Model dimodelkan sebanyak 10 buah dengan bentuk *perforated baffle* yang berbeda – beda, antara lain: *no baffle*, *full baffle*, *full rectangle perforated*, *full circle perforated*, *full oval perforated*, *half rectangle perforated*, *half circle perforated*, *half oval perforated*, *double full baffle*, dan *double full oval* [7]. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat gambar model berikut ini:

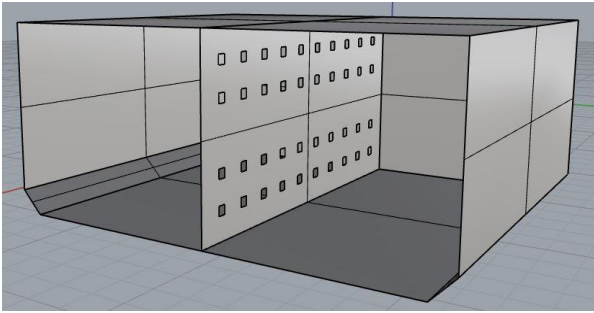


Gambar 1. Tangki *No baffle* [7]
Merupakan tangki kosong tanpa *baffle*



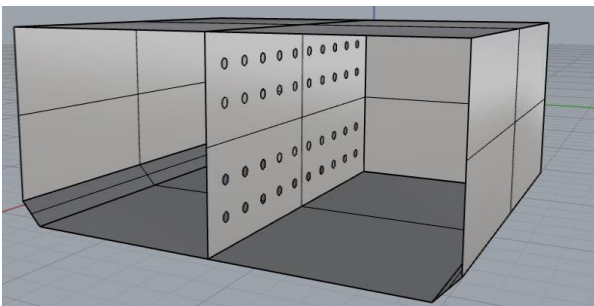
Gambar 2. Tangki *Full baffle* [7]

Merupakan tangki yang menggunakan *baffle* penuh tanpa ada *perforated*nya.



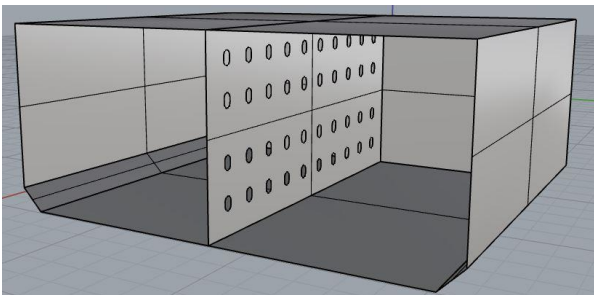
Gambar 3. Tangki *Full Rectangle Perforated* [7]

Tangki yang menggunakan variasi *perforated* bentuk persegi dengan panjang 0,25m dan lebar 0,25m.



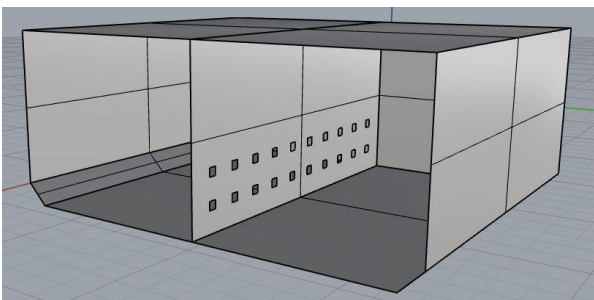
Gambar 4. Tangki *Full Circle Perforated* [7]

Tangki yang menggunakan variasi *perforated* bentuk lingkaran dengan diameter 0,25m.



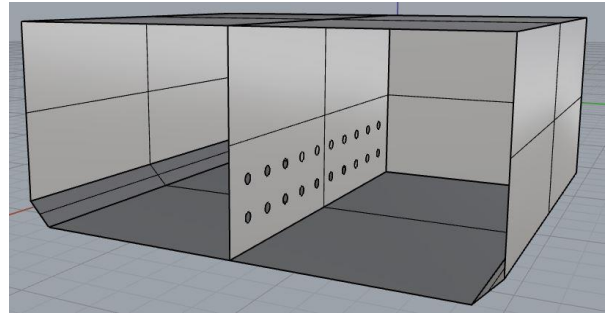
Gambar 5. Tangki *Full Oval Perforated* [7]

Tangki yang menggunakan variasi *perforated* bentuk *oval* dengan lebar 0,25m dan tinggi 0,35m.



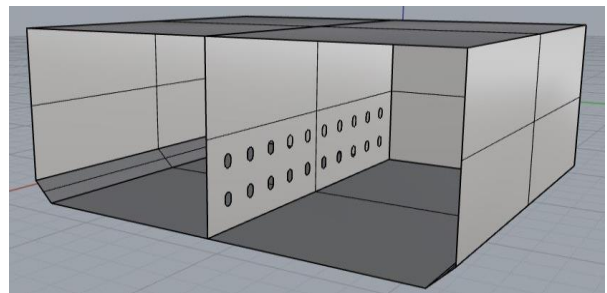
Gambar 6. Tangki *Half Rectangle perforated* [7]

Tangki yang menggunakan variasi *perforated* bentuk persegi namun pada *baffle* ini *perforated*nya hanya berada di bagian bawah *baffle*. Dengan panjang 0,25m dan lebar 0,25m.



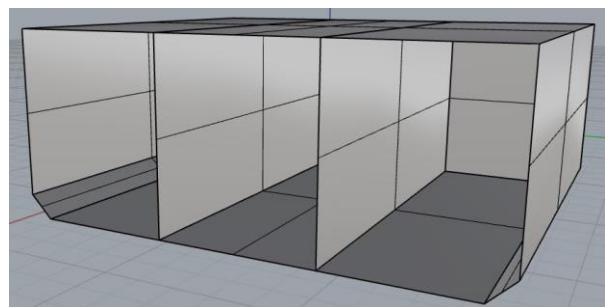
Gambar 7. Tangki *Half Circle Perforated* [7]

Tangki yang menggunakan variasi *perforated* bentuk lingkaran namun pada *baffle* ini *perforated*nya hanya berada di bagian bawah *baffle*. Dengan diameter 0,25m.



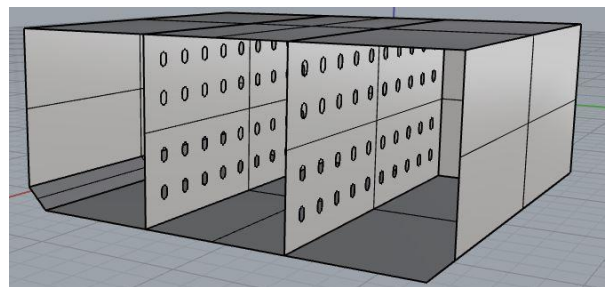
Gambar 8. Tangki *Half Oval Perforated* [7]

Tangki yang menggunakan variasi *perforated* bentuk *oval* namun pada *baffle* ini *perforated*nya hanya berada di bagian bawah *baffle*. Dengan panjang 0,35m dan lebar 0,25m.



Gambar 9. Tangki *Double Full Baffle* [7]

Tangki yang menggunakan *baffle* penuh tanpa ada *perforated*nya. Pada tangki ini terdapat dua *baffle* tanpa ada *perforated*.



Gambar 10. Tangki *Double Full Oval* [7]

Tangki yang menggunakan dua *baffle* dengan menggunakan *oval perforated*, dengan lebar 0,25m dan tinggi 0,35m.

2.3. Simulasi Model

Analisa variasi model tangki ini menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* dengan menggunakan comercial software perkapalan Metode ini sudah sering digunakan untuk menganalisa fluida khususnya pada analisa *sloshing* pada penelitian sebelumnya.

2.4. Pendekatan Perhitungan Sloshing

Sloshing merupakan gerakan bebas dari sebuah fluida di dalam wadah. Hal ini di sebabkan adanya ruang kosong pada wadah yang menyebabkan fluida hanya terisi sebagian. Pada umumnya *sloshing* di anggap bersatu dengan gerakan tangki karena memang dalam beberapa hal gerakan tangki mempengaruhi *sloshing*. [8]

Dengan menggunakan pendekatan gaya yang terjadi pada dinding tangki, lebih sederhana di gunakan meskipun tidak intuitif sebagai grid bergerak. Karena *sloshing* bersifat *Incompressible* maka pendekatan yang lebih sederhana dan paling tepat yakni menggunakan persamaan *Navier Stokes incompressible*.

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \cdot \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + b_i \quad (1)$$

b_i vektor terakhir berisi komponen kekuatan, misalnya gravitasi $g=0,981$ di terapkan pada sistem persamaan (1). Untuk kasus ini, persamaan momentum akan di modelkan sebagai X hasil turunan dari persamaan (2).

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \cdot \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} + (\ddot{x}_{x,z}, 0, 9.81) \quad (2)$$

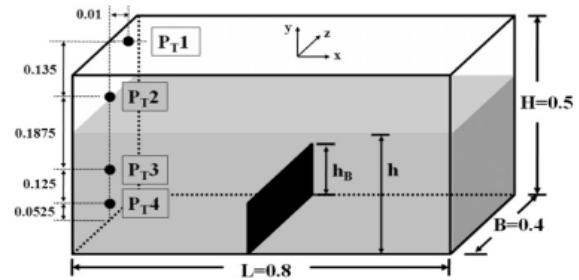
Dengan demikian, pendekatan yang di lakukan dalam menghitung gaya yang terjadi pada dinding tangki dapat di lakukan dengan lebih sederhana, dengan mempertimbangkan meshing yang di gunakan untuk memodelkan tangki. [9]

Anti *sloshing* pada tangki umumnya di bagi menjadi 2 macam, yaitu *Fixed Anti Sloshing* dan *Floating Anti Sloshing*. Untuk *fixed* anti *sloshing* merupakan bagian dari *inner wall* untuk kapal tanker muatan LNG atau *Crude Oil* [10]

Penggunaan *baffles* arah vertikal pada tangki fluida berbentuk kotak merupakan teknik bersifat pasif dan termasuk struktur yang tetap didalam tangki yang terbukti mampu secara efisien mengurangi gelombang *sloshing* di dalam tangki.

Pengaruh tinggi *vertical baffles* pada sebuah tangki juga dapat mempengaruhi gelombang *vortex sloshing*. Semakin tinggi *vertical baffles* semakin

kecil gelombang *vortex sloshing* dan efek tekanan tumbukan *sloshing* juga berkurang. [11]



Gambar 11. Sistem *baffles* arah *Vertical* [11]

Pada dasarnya semua analisa dengan pendekatan CFD menggunakan persamaan dasar dinamika fluida yaitu persamaan kontinuitas, momentum dan energi.

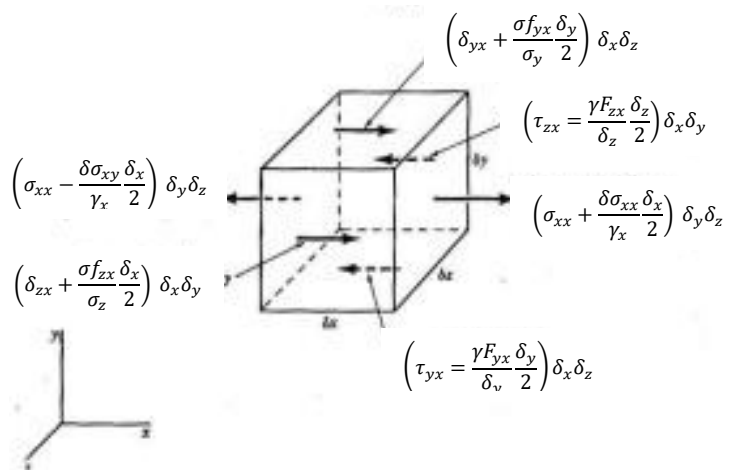
Persamaan Kontinuitas

Pada gambar diperlihatkan bahwa elemen kecil tak hingga yang tetap dalam ruangan dengan fluida yang bergerak disekitarnya.

$$\delta F_x = \delta m a_x$$

$$\delta F_y = \delta m a_y$$

$$\delta F_z = \delta m a_z$$



Gambar 12. Elemen fluida yang bergerak [1]

Berdasarkan gambar di atas dapat di simpulkan rumus pendekatan yang paling sederhana dan paling sesuai, yaitu:

Untuk sisi kanan

$$\rho x + \frac{\partial x}{2} = \rho + \left(\frac{\partial \rho}{\partial x}\right) \frac{\partial x}{2} + \dots \quad (1)$$

$$U x + \frac{\partial x}{2} = U + \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right) \frac{\partial x}{2} + \dots \quad (2)$$

Untuk sisi kiri

$$\rho x - \frac{\partial x}{2} = \rho + \left(\frac{\partial \rho}{\partial x}\right) \left(-\frac{\partial x}{2}\right) + \dots \quad (3)$$

$$Ux - \frac{\partial x}{2} = U + \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)\left(-\frac{\partial x}{2}\right) + \dots \quad (4)$$

Persamaan Momentum

Dalam bagian ini, diterapkan prinsip fisika dasar yang lain dalam model aliran yaitu hukum Newton kedua. Pada elemen fluida yang bergerak akan timbul gaya dimana sumber gaya tersebut adalah :

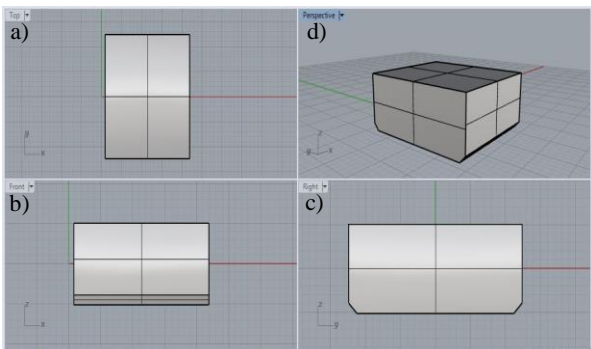
Gaya badan (*Body Free*), yang berlaku langsung pada volume massa dari elemen fluida.

Gaya permukaan (*Surface Force*) yang berlaku langsung pada elemen fluida. Gaya permukaan timbul karena adanya distribusi tekanan yang berlaku pada permukaan disebabkan oleh dinding tangki yang mengelilingi elemen fluida, dan distribusi tegangan geser dan normal yang berlaku pada permukaan juga disebabkan oleh fluida luar yang mendorong permukaan dalam bentuk gesekan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

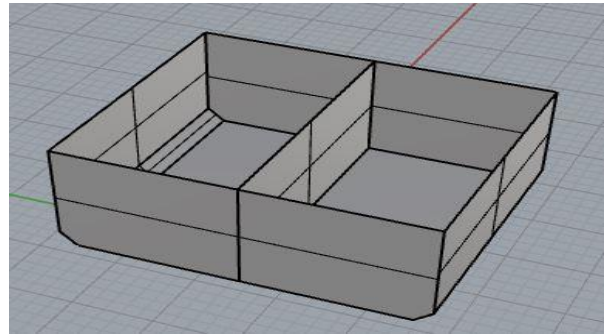
3.1. Tahap Pembuatan Model

Dalam analisa ini tangki yang di modelkan adalah tangki no.3 dari FP. Ukuran tangki di sesuaikan dengan gambar *general arrangement* kapal yang akan di analisa. Sebelum di analisa menggunakan *software* CFD, proses pembuatan model 3D tangki di lakukan menggunakan *comercial software* pemodelan perkapalan tanpa menggunakan *baffle*. Seperti gambar berikut ini:



Gambar 13. Model tangki di *comercial software* pemodelan perkapalan tampak: a) atas, b) samping, c) depan, d) prespektif

Setelah membuat model tangki tanpa menggunakan variasi *baffle* maka selanjutnya membuat variasi *baffle* yang akan ditambahkan pada tangki, pemodelan juga di lakukan menggunakan *comercial software* pemodelan perkapalan. Berikut adalah hasil visualisasi model tangki dengan menggunakan variasi *baffle* :



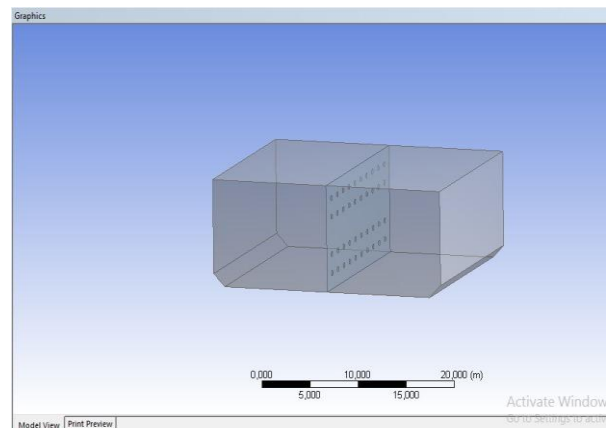
Gambar 14. Model tangki dengan *baffle*

3.2. Simulasi Computational Fluid Dynamics

Model *tangki* yang telah di buat menggunakan *comercial software* pemodelan perkapalan kemudian di-*save as* dalam format *.iges* untuk di-*import* pada *comercial software* perkapalan. Langkah-langkah simulasi sloshing pada *comercial software* perkapalan antara lain :

1. Tahap Geometry

Pada tahap ini model di import dari format *.iges* masuk ke dalam *comercial software* perkapalan. Pada proses ini model di join hingga menjadi 1 part supaya dapat di *meshing*.



Gambar 15. Visualisasi Tahap *Geometry*

2. Tahap Mesh

Setelah model menjadi 1 part selanjutnya adalah melakukan *meshing* pada model. Langkah awal dalam melakukan *meshing* adalah memberi nama pada setiap *face* menggunakan perintah *name selection*, setelah itu menentukan metode *meshing* yang di gunakan, dan yang terakhir menentukan ukuran *element* yang akan digunakan. Semakin kecil *element* yang dibuat waktu *running* semakin lama dan kapasitas *file* semakin besar.

Tabel 3. Statistik hasil *meshing*

Statistik <i>Meshing</i>	Jumlah
<i>Nodes</i>	82836
<i>Element</i>	465236

3. Tahap *Setup*

Pada tahap *setup* dilakukan *inputan* data yang akan digunakan untuk simulasi *CFD*. Langkah awal pada tahapan ini adalah pembuatan *boundary*. *Boundary* yang dibuat menggunakan *wall* karena dinding tangki tidak berubah posisi dan solid. Selanjutnya yaitu *setup default domain*, *setup* ini bertujuan untuk memberikan karakteristik fluida dan perlakuan fluida yang ada di dalam tangki tersebut.

Tabel 4. Konfigurasi *Default Domain*

Parameter	konfigurasi
<i>Reference Pressure</i>	1 [atm]
<i>Bouyancy Model</i>	<i>Bouyant</i>
<i>Gravity X Dim.</i>	0 [m s ⁻²]
<i>Gravity Y Dim.</i>	0 [m s ⁻²]
<i>Gravity Z Dim.</i>	-9.81 [m s ⁻²]
<i>Bouyancy Ref. Density</i>	1.185 [kg m s ⁻³]
<i>Domain Motion</i>	<i>Rotating</i>
<i>Angular Velocity</i>	0.436332 [radian s ⁻²]
<i>Axis Definition</i>	<i>Coordinate Axis</i>
<i>Rotation Axis</i>	<i>Global X</i>
<i>Mesh Deformation</i>	<i>None</i>

Tahapan selanjutnya adalah *analysis type*, tahap ini di gunakan untuk mengatur *time step* pada saat *running* model sedang di lakukan. Selanjutnya adalah pembuatan *expression*, pembuatan *expression* ini di gunakan untuk menentukan karakteristik fluida dan ketinggian fluida.

Tabel 5. Konfigurasi *Expression*

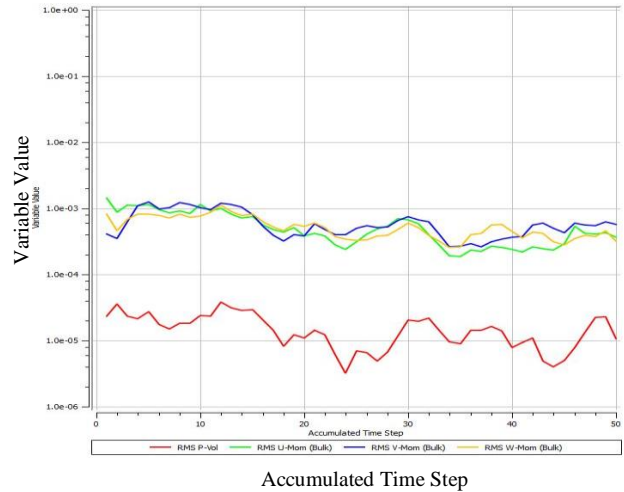
Parameter	Kofigurasi
<i>FluidDen</i>	1000 [kg m ⁻³]
<i>FluidHt</i>	1.9867 [m]
<i>FluidVF</i>	<i>If(z<FluidHt,1,0)*if(z>-5.147[m],1,0)</i>
<i>HydroP.</i>	<i>FluidDen*g*(FluidHt-z)*(FluidVF)</i>

Langkah selanjutnya yaitu *setup global initialization* hampir sama dengan *setup default*

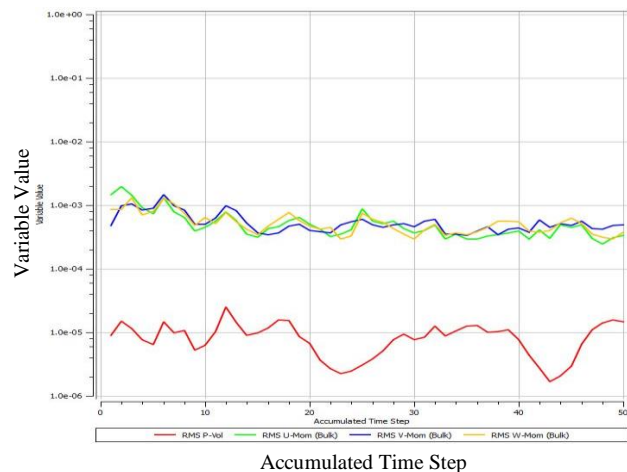
domain. Langkah terakhir adalah penentuan *solver* yang salah satu fungsinya menentukan satuan unit untuk ukuran-ukuran dalam proses simulasi dan *solver control*.

4. Tahap *Solution*

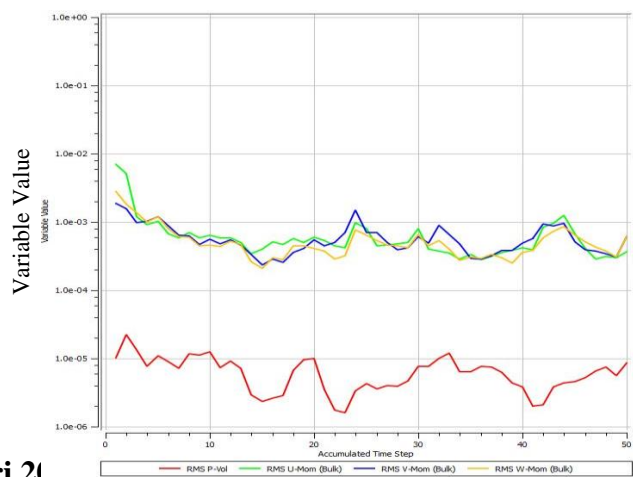
Tahap *solution* merupakan proses perhitungan *running* berupa literasi dari persamaan dasar dinamika fluida *CFD*.



Gambar 16. *Convergence Running Model Full Oval Perforated 30%*

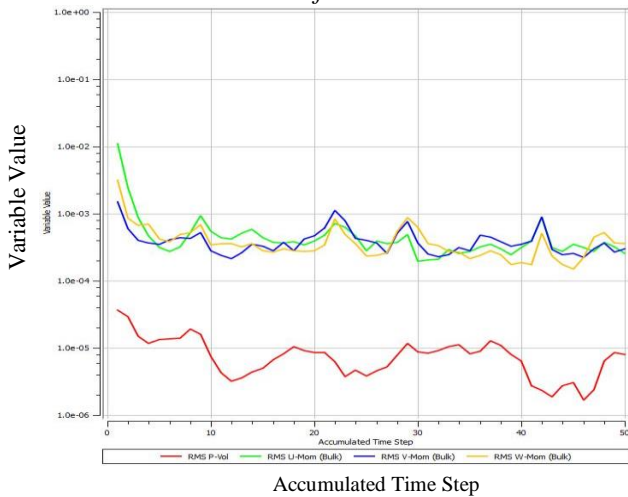


Gambar 17. *Convergence Running Model Full Oval Perforated 50%*



Accumulated Time Step

Gambar 18. *Convergence Running Model Full Oval Perforated 70%*



Gambar 19. *Convergence Running Model Full Oval Perforated 90%*

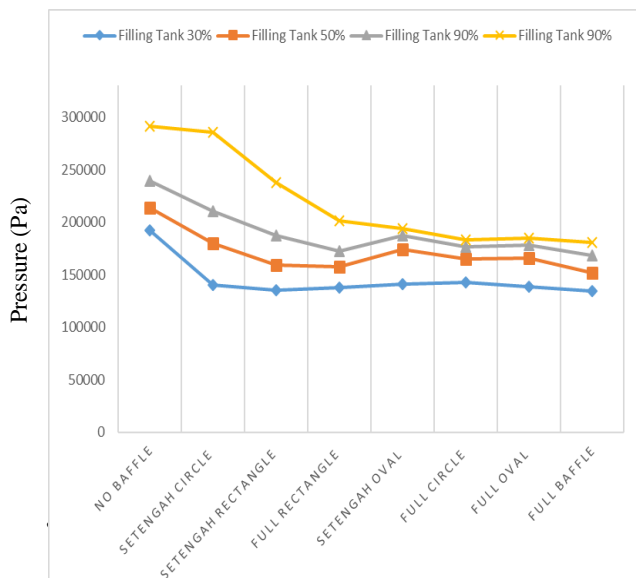
5. Tahap Result

Pada tahap *result* hasil *running* dapat diketahui. Besarnya nilai *pressure* dapat diperoleh serta model dan visualisasi aliran dapat ditampilkan.

3.4. Analisa Hasil

1. Pressure Dinding Kanan

Setelah di lakukan simulasi sloshing pada model tangki dengan variasi pengisian 30%, 50%, 70%, dan 90% di dapatkan hasil, bahwa tangki yang tidak menggunakan *baffle* memiliki *pressure* paling tinggi dan tangki yang menggunakan full *baffle* memiliki *pressure* yang paling rendah. Pada pengisian 30%, 50%, 70%, dan 90% tangki yang menggunakan setengah *circle perforated* memiliki *pressure* yang paling tinggi di bandingkan dengan variasi *perforated* lainnya. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada grafik dan tabel *pressure* dinding tangki kanan berikut ini:

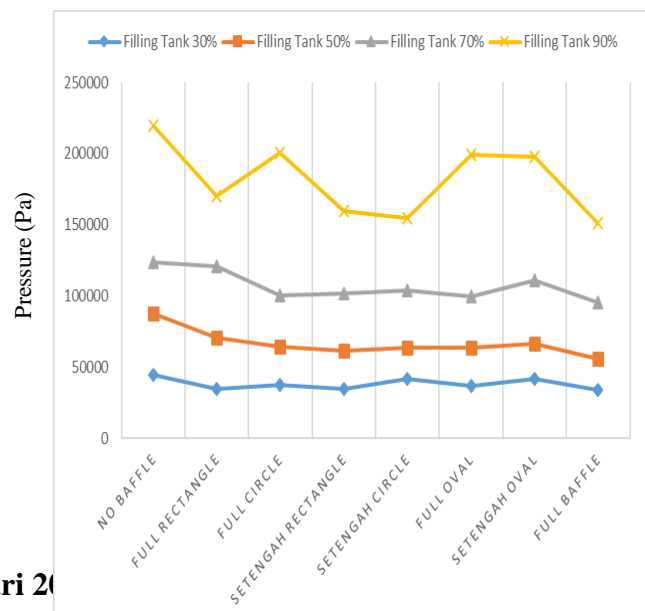


Gambar 20. Grafik *Pressure* Dinding Kanan (Pa)
Tabel 6. Tabel *Pressure* Dinding Kanan (Pa)

No	Bentuk Perforated	Kondisi Filling Tank			
		30%	50%	70%	90%
1	No Baffle	192311	213678	238987	290918
2	Half Circle	139930	179430	210730	285608
3	Half Rectangle	135203	159005	186860	237731
4	Full Rectangle	137855	157298	172383	201674
5	Half Oval	141213	173799	186997	193960
6	Full Circle	142481	165322	176675	182766
7	Full Oval	138704	165639	178089	184970
8	Full Baffle	134265	151524	168036	180926

2. Pressure Dinding Kiri

Setelah di lakukan simulasi *sloshing* pada model tangki dengan variasi pengisian 30%, 50%, 70%, dan 90% di dapatkan hasil, bahwa tangki yang tidak menggunakan *baffle* memiliki *pressure* paling tinggi dan tangki yang menggunakan full *baffle* memiliki *pressure* yang paling rendah. Pada pengisian 30% tangki yang menggunakan setengah *oval perforated* memiliki *pressure* yang paling tinggi di bandingkan dengan variasi *perforated* lainnya. Pada pengisian 50% dan 70% tangki yang menggunakan Full *rectangle perforated* memiliki *pressure* yang paling tinggi di bandingkan dengan variasi *perforated* lainnya. Pada pengisian 90% tangki yang menggunakan full *circle perforated* memiliki *pressure* yang paling tinggi di bandingkan dengan variasi *perforated* lainnya. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada grafik dan tabel *pressure* dinding tangki kiri berikut ini:



Gambar 21. Grafik *Pressure* dinding kiri (Pa)

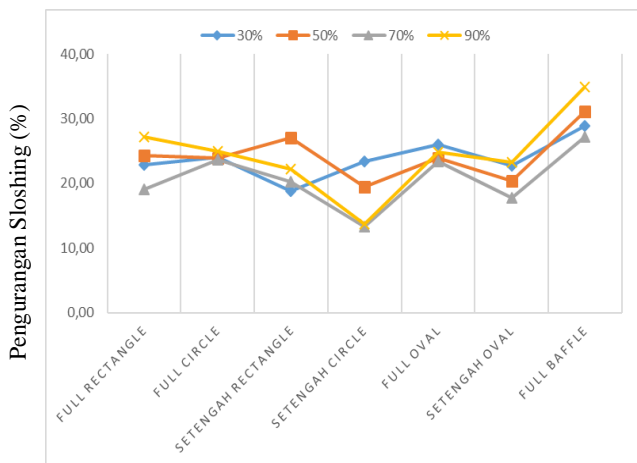
5	<i>Full Circle</i>	24,01	23,90	23,61	24,98
6	<i>Full Oval</i>	25,96	23,96	23,45	24,78
7	<i>Full Baffle</i>	28,84	31,16	27,22	34,94

Tabel 7. Tabel *pressure* dinding kiri (Pa)

No	Bentuk <i>Perforated</i>	Kondisi <i>Filling Tank</i>			
		30%	50%	70%	90%
1	<i>No Baffle</i>	44568	87949,7	123410	219897
2	<i>Half Circle</i>	41542,4	63339	103655	155041
3	<i>Half Rectangle</i>	34442,4	61194,3	101961	159820
4	<i>Full Rectangle</i>	34386,3	70928,1	121067	170502
5	<i>Half Oval</i>	41709,1	66211,3	110824	197760
6	<i>Full Circle</i>	37533,5	64208,1	100172	200430
7	<i>Full Oval</i>	36672	63711	99339,6	199284
8	<i>Full Baffle</i>	34289,3	56120,4	95727,4	151435

3. Pengaruh Penggunaan *Baffle*

Setelah di lakukan simulasi *sloshing* pada model tangki dengan variasi pengisian 30%, 50%, 70%, dan 90% di dapatkan hasil pengurangan *sloshing* dari sebelum menggunakan tangki dengan sesudah menggunakan *baffle*. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada grafik dan tabel berikut ini:



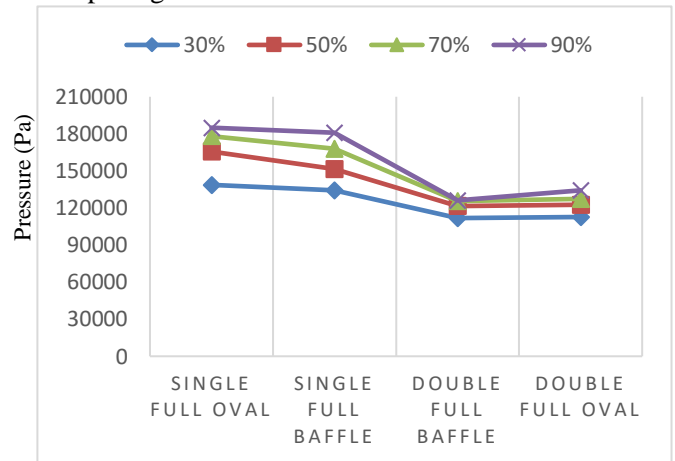
Gambar 22. Grafik Pengaruh penggunaan *baffles* (%)

Tabel 8. Tabel pengaruh penggunaan *baffles* (%)

No	Bentuk <i>Perforated</i>	Kondisi <i>Filling Tank</i>			
		30%	50%	70%	90%
1	<i>Half Circle</i>	23,39	19,51	13,25	13,74
2	<i>Half Rectangle</i>	18,81	27,00	20,30	22,17
3	<i>Full Rectangle</i>	22,84	24,34	19,03	27,14
4	<i>Half Oval</i>	22,78	20,43	17,82	23,31

Dari hasil simulasi diatas dapat diketahui bahwa tangki dengan *full baffle* dapat mengurangi efek *sloshing* paling besar jika di bandingkan dengan variasi *baffle* yang lainnya.

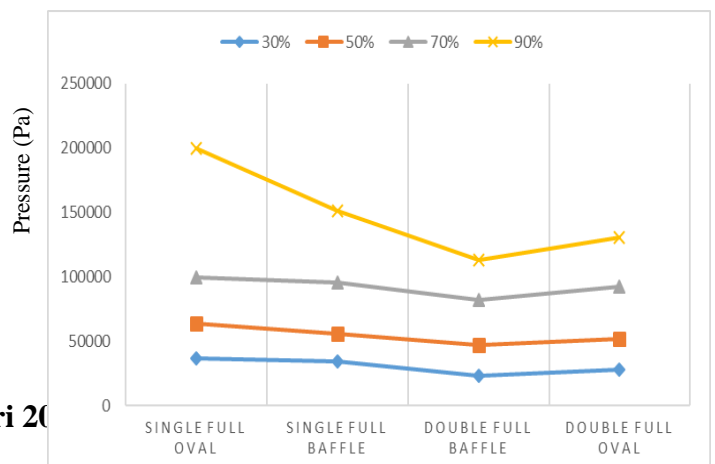
Kemudian kami memberikan tambahan variasi dengan cara menambah jumlah *baffle*. Variasi *baffle* yang kami gunakan untuk perbandingan ini yaitu *full oval perforated* dan *full baffle perforated*. Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada grafik dan tabel berikut ini:



Gambar 23. Grafik perbandingan *pressure* antara *single baffle* dengan *double baffle* dinding kanan (Pa)

Tabel 9. Tabel perbandingan *pressure single baffle* dengan *double baffle* dinding kanan (Pa)

No	Bentuk <i>Perforated</i>	Kondisi <i>Filling Tank</i>			
		30%	50%	70%	90%
1	<i>Single Full Oval</i>	138704	165639	178089	184970
2	<i>Single Full baffle</i>	134265	151524	168036	180926
3	<i>Double Full Oval</i>	112908	122415	127483	126150
4	<i>Double Full Baffle</i>	111827	121544	125573	126150



Gambar 24. Grafik perbandingan *pressure* antara *single baffle* dengan *double baffle* dinding kiri (Pa)
Tabel 10. Tabel perbandingan *pressure single baffle* dengan *double baffle* dinding kiri (Pa)

No	Bentuk <i>Perforated</i>	Kondisi <i>Filling Tank</i>			
		30%	50%	70%	90%
1	<i>Single Full Oval</i>	36672	63711	99299,6	199284
2	<i>Single Full Baffle</i>	34289,3	56120,4	95727,4	151435
3	<i>Double Full Oval</i>	27818,9	51749,2	92386	130317
4	<i>Double Full Baffle</i>	23367	46773	82357,9	113317

3.5. Pembahasan

Berdasarkan data pada Tabel 3 dan 4 menunjukkan bahwa tangki yang tidak menggunakan *baffle* memiliki *pressure* yang paling tinggi baik itu di dinding bagian kanan maupun dinding bagian kiri dan tangki yang menggunakan *full baffle* memiliki *pressure* yang paling rendah baik itu di dinding bagian kanan maupun dinding bagian kiri untuk setiap kondisi pengisian

Pada variasi pengisian 30% pengurangan *sloshing* terbesar terjadi pada tangki yang menggunakan *full rectangle perforated* yakni sebesar 27,29% dan pengurangan *sloshing* yang paling kecil terjadi pada tangki yang menggunakan *setengah oval baffle* yakni sebesar 22,78%.

Pada variasi pengisian 50% pengurangan *sloshing* terbesar terjadi pada tangki yang menggunakan *setengah rectangle perforated* yakni sebesar 27,00% dan pengurangan *sloshing* yang paling kecil terjadi pada tangki yang menggunakan *setengah circle perforated* yakni sebesar 19,51%.

Pada variasi pengisian 70% pengurangan *sloshing* terbesar terjadi pada tangki yang menggunakan *full circle perforated* yakni sebesar 23,61% dan pengurangan *sloshing* yang paling kecil terjadi pada tangki yang menggunakan *setengah circle perforated* yakni sebesar 13,25%.

Pada variasi pengisian 90% pengurangan *sloshing* terbesar terjadi pada tangki yang menggunakan *full rectangle perforated* yakni sebesar 27,14% dan pengurangan *sloshing* yang paling kecil terjadi pada tangki yang menggunakan *setengah circle perforated* yakni sebesar 13,74%.

Berdasarkan tabel 3 dan 4 Slohing ini terjadi karena adanya gerakan permukaan bebas fluida

yang menubruk dinding tangki. Sloshing disebabkan oleh gerakan fluida melintang pada tangki, namun hal ini juga dapat di tambah dengan pergerakan fluida arah memanjang yang dapat mempengaruhi distribusi tekanan pada dinding tangki walaupun tidak besar.[12] Tangki yang menggunakan *baffle* dapat mengurangi sloshing dengan cara meredam / mengurangi pergerakan fluida yang terdapat pada tangki.[13]

Berdasarkan tabel 9 dan 10 dapat di lihat bahwa tangki yang menggunakan *double baffle* memiliki *pressure* yang lebih kecil di bandingkan dengan tangki yang menggunakan *single baffle*. hal ini di sebabkan oleh penggunaan *double baffle* yang dapat mengurangi ruang gerak fluida secara drastis. Sehingga *baffle* dapat berfungsi secara maksimal. Dalam penelitian lain yang juga relevan dengan hasil pada tabel 9 dan 10 mengatakan bahwa dengan menambah *baffle* dapat mengurangi *pressure* dan sloshing motion pada tangki.[12]

Pemasangan sekat memanjang atau *baffle* pada membran dasar tangki dapat mengurangi sloshing motion dan sloshing impact pressure yang hampir mendekati 50% jika di bandingkan dengan tangki tanpa menggunakan *baffle* sama sekali.[5]

4. KESIMPULAN

Setelah di lakukan perhitungan rata-rata dari nilai pengurangan *sloshing* dapat di ketahui Tangki dengan *baffle* penuh dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar 30,54%, tangki dengan *full oval perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar 24,54%, tangki dengan *full circle perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar 24,12%, tangki dengan *full rectangle perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar 23,34%, tangki dengan *setengah rectangle perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar 22,07%, tangki dengan *setengah oval perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar 21,09%, tangki dengan *setengah circle perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar 17,47%.

Pada *Baffle* dengan *perforated, full oval perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* yang lebih baik dibandingkan dengan variasi *perforated* lainnya. Sehingga *baffle* dengan variasi *full oval perforated* merupakan *baffle* paling baik untuk diterapkan pada ruang muat kapal *tanker* pertamina 17500LTDWT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Prakarsa, Ananda Ragil ; Chrismianto, Deddy ; Iqbal, "Analisa Pengaruh Sloshing Pada Ruang Muat Kapal Tanker Pertamina 17500 LTDW Dengan Metode CFD (Computational Fluid Dynamic)," *J. Tek.*

PERKAPALAN, vol. 5, no. 1, pp. 163–172, 2017.

- [2] P. K. Nema and R. No, “Computational study of sloshing behavior in 3-D rectangular tank with and without baffle under Seismic Excitation Computational study of sloshing behavior in 3-D rectangular tank with and without baffle under Seismic Excitation,” NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ROURKELA, 2014.
- [3] A. Brentjes, “Modelling Liquid Sloshing in Rotating Tanks,” 2015.
- [4] D. J. Ha and Geoje-si, “Anti-sloshing structure for LNG cargo tank,” 2010.
- [5] W. Wang and Y. Xiong, “Minimising the sloshing impact in membrane LNG tank using a baffle,” *Proc. 9th Int. Conf. Struct. Dyn.*, no. July, pp. 3171–3178, 2014.
- [6] M. A. Xue, J. Zheng, and P. Lin, “Numerical simulation of sloshing phenomena in cubic tank with multiple baffles,” *J. Appl. Math.*, vol. 2012, 2012.
- [7] R. A. Rachmadani, E. S. Hadi, and G. Rindo, “PENGARUH VARIASI BENTUK PERFORATED PADA FIXED BAFFLES UNTUK MENGURANGI EFEK SLOSHING PADA PALKA KAPAL IKAN TRADISIONAL 30 GT DI DAERAH BATANG - JAWA TENGAH,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 2, Apr. 2016.
- [8] R. A. Ibrahim, “Liquid Sloshing DynamicsLiquid Sloshing Dynamics,” 2005.
- [9] M. Rudman and P. W. Clearly, “Modelling Sloshing In LNG Tank,” *Int. Conf. CFD Miner. Process Ind.*, 2009.
- [10] D. J. Ha, “ANTI-SLOSHING STRUCTURE FOR LNG CARGO TANK,” 2010.
- [11] J. H. Jung, H. S. Yoon, C. Y. Lee, and S. C. Shin, “Effect of the vertical baffle height on the liquid sloshing in a three-dimensional rectangular tank,” *Ocean Eng.*, vol. 44, pp. 79–89, 2012.
- [12] K. H. Halse, “MODELING AND SIMULATION OF SLOSHING MOTION IN MASTER THESIS 2015 FOR MODELING AND SIMULATION OF SLOSHING MOTION IN,” pp. 1–85, 2015.
- [13] R. Belakroum, M. Kadja, T. H. Mai, and C. Maalouf, “An efficient passive technique for reducing sloshing in rectangular tanks partially filled with liquid,” *Mech. Res. Commun.*, vol. 37, no. 3, pp. 341–346, 2010.