

Pengaruh Diferensiasi *Baffle* pada Anti *Sloshing* Kapal Tanker 17500 DWT Menggunakan *Computational Fluid*

Hasfi Adam¹⁾, Teguh Putranto²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia

²⁾ Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email : hasfi.adam@gmail.com

Abstrak – Pemodelan tangki muatan dilakukan pada tangki muatan kapal tanker dengan menyederhanakan tangki menjadi bentuk kotak dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 60 cm, dan tinggi 60 cm. Analisa dilakukan dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Simulasi dilakukan dalam 5 variasi tangki yakni, tangki tanpa *baffle*, tangki kotak dengan *baffle* penuh, tangki dengan *baffle circle perforated*, tangki dengan *rectangle perforated*, dan tangki dengan *oval perforated* menggunakan *software* simulasi fluida. Gerakan tangki disimulasikan melalui persamaan respon gerakan kapal ketika rolling, yakni $\phi = 0,05 \cos (2,423t)$. Simulasi sloshing dilakukan pada model tangki tipe *tetrahedrons meshing*. Batasan kondisi untuk tiap bagian tangki menggunakan batas dinding (*wall*) dimana skema interpolasi tekanan *PRESTO*. Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa tangki dengan *baffle* penuh dapat mengurangi tekanan sebesar 18,19%, tangki dengan *baffle circle perforated* dapat mengurangi tekanan sebesar 5,66%, tangki dengan *baffle oval perforated* dapat mengurangi tekanan sebesar 6,42%, tangki dengan *baffle rectangle perforated* dapat mengurangi tekanan sebesar 11,03%

Kata kunci : *Baffles*, *Computational Fluid Dynamic (CFD)*, *Sloshing*, *Tanker*, *kapal*

I. PENDAHULUAN

FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*) merupakan salah satu bangunan terapung yang digunakan pada proses produksi minyak dan gas, dimana fungsi dari FPSO itu sebagai tempat produksi, penyimpanan minyak dan gas yang nanti ditransfer ke tanker untuk pendistribusian ke konsumen atau pasaran. Selama alat transportasi laut tersebut beroperasi tentunya ada masalah-masalah yang dapat menyebabkan kegagalan sistem. Salah satu masalah yang harus diperhatikan yaitu bagaimana pergerakan fluida di dalam tangki akibat gerakan kapal. Gerakan bebas dari fluida di dalam sebuah tangki disebut *sloshing*. Permasalahan *sloshing* menjadi pembahasan hangat satu dekade terakhir. Hal ini menjadi isu penting dalam desain kapal Tanker. Selama terjadi *sloshing* hebat, pengaruh sloshing berupa beban *impact* dapat menyebabkan

kerusakan struktur tangki (Lee.S.J, dkk.2005). Menurut Rognebakke, Olav dkk (2009) gerakan pada cairan selain dapat menyebabkan kerusakan pada suatu struktur juga mempunyai kemampuan dalam mengganggu stabilitas kapal. Untuk alasan tersebut, maka analisa gerakan sloshing dilakukan, dan untuk mengurangi maupun menghindari terjadinya kerusakan struktur pada lambung kapal dilakukan penelitian dengan cara memberikan suatu peredam gerakan sloshing tersebut. Dalam analisa gerak kapal, efek permukaan bebas/free surface dan sloshing di dalam ruang muat biasanya diabaikan. Beberapa waktu yang lalu banyak eksperimen dan studi numeric menunjukkan bahwa efek paduan *sloshing* dan gerak kapal sangatlah besar terhadap kapal.

Efek *sloshing* merupakan akibat adanya *free surface area fluida* di dalam tangki. Efek ini sangat dikenal luas di kapal tanker. Berbagai

perusahaan galangan kapal telah menggunakan berbagai cara untuk mengurangi efek *sloshing* ini. Salah satunya dengan menggunakan struktur anti *sloshing* (Ha, 2010).

Dengan menggunakan desain *fixed baffles* yang baru untuk system pada kapal tanker diharapkan bisa mengurangi efek *sloshing*. Desain *baffles* ini bisa diterapkan untuk kapal tanker dengan mengurangi sedikit jumlah muatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Kapal adalah kendaraan pengangkut barang, penumpang di laut, pada semua daerah yang mempunyai perairan tertentu. Kapal dengan bentuk dan konstruksinya mempunyai fungsi tertentu yang tergantung, pada tiga faktor utama, yaitu jenis muatan, bahan baku kapal, dan daerah pelayaran kapal (Kusna, 2008). Kapal tanker memiliki karakteristik khusus yang berbeda dengan kapal lainnya. Diantaranya :

- a. Ukuran besar, khususnya untuk daerah pelayaran antar Negara.
- b. Memiliki *coeffisien block* yang besar.
- c. Memiliki daerah *paralel middle body* yang panjang,
- d. Lokasi kamar mesin umumnya di belakang

Sloshing adalah gerakan bebas dari sebuah fluida di dalam sebuah wadah. Hal ini disebabkan oleh gangguan pada wadah cairan yang hanya terisi sebagian. Gerak yang terjadi tergantung pada jenis gangguan dan bentuk wadahnya, sehingga fluida bisa mengalami berupa jenis gerak seperti *simple planar*, *nonplanar*, *rotasional*, *simetris*, *asimetris*, *quasi-periodic* dan *chaotic* (Ibrahim, 2005). Pada umumnya, gerak *sloshing* di dalam tangki tidak dimasukkan dalam analisis konvensional *seakeeping* karena terlalu rumit. Dalam perhitungan *seakeeping*, cairan (*liquid*) di dalam tangki dianggap sebagai *rigid mass*. Namun, secara teori dan eksperimen telah membuktikan bahwa hubungan antara *sloshing* dan perilaku gerak kapal dapat menyebabkan efek yang signifikan terutama dalam sudut pandang gerak *swaying* dan *rolling*. *Sloshing* dipengaruhi oleh karakteristik dari spectrum gelombang. Salah satu metodenya melihat dari kontur pada daerah perairan tersebut, termasuk juga kondisi gelombang yang terjadi disana.

Pada riset ini pendekatan yang dilakukan dalam menghitungnya yang terjadi pada dinding tangki dapat dilakukan dengan lebih sederhana, khususnya ketika mempertimbangkan *meshing* yang digunakan untuk memodelkan tangki. Lebih lanjut lagi, pendekatan gaya pada dinding tangki adalah diperolehnya data seputar kecepatan/percepatan, volume/displasemen yang digunakan sebagai input (Rudmandan Paul, 2009).

Penggunaan anti *sloshing* pada sebuah tangki dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu *Fixed anti sloshing* dan *Floating anti sloshing*. Perkembangan anti *sloshing* pada tangki umumnya dikembangkan oleh perusahaan besar yang berkecimpung dalam pengiriman fluida, maupun galangan kapal. Samsung mengembangkan *anti rolling tank* pada kapal tanker. *Anti rolling tank* dilengkapi dengan *baffles* secara vertical setinggi tanki rolling (Hong, 2011).

Penggunaan *baffles* arah vertical pada tangki fluida berbentuk kotak merupakan teknik bersifat pasif dan termasuk struktur yang tetap di dalam tangki yang terbukti mampu secara efisien mengurangi gelombang *sloshing* di dalam tangki (Belakroum R., et all, 2010). 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 (Jung JH, et all, 2012).

III. METODOLOGI

Riset ini dilakukan dalam beberapa tahapan pekerjaan antara lain meliputi :

Pengumpulan data primer berupa data utama kapal Data – data yang dikumpulkan meliputi :

Loa	=	157,00 m
Lwl	=	149,5 m
B	=	27,7 m
H	=	12,00 m
T	=	7,00 m
Displacement	=	17500 ton
Cb	=	0,76

Pengumpulan data sekunder berupa data gelombang dan data tangki. Data gelombang diambil di perairan laut jawa pada bulan Juli 2016 yaitu :

- ✓ Tinggi gelombang 2,3 meter
- ✓ Kecepatan angin 17 knot

Adapun data tangki yang dipergunakan dengan permodelan sebagai berikut :

- ✓ Tangki persegi dengan ukuran 60 x 60 x 60 mm
- ✓ Tangki dengan *baffles* penuh
- ✓ Tangki dengan ukuran lubang lingkaran diameter 6 mm
- ✓ Tangki dengan ukuran lubang oval berukuran 6 mm
- ✓ Tangki dengan ukuran lubang persegi panjang berukuran 4x6 mm

Pengolahan data yang meliputi pembuatan model dengan autocad, dan menentukan parameter penelitian.

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut:

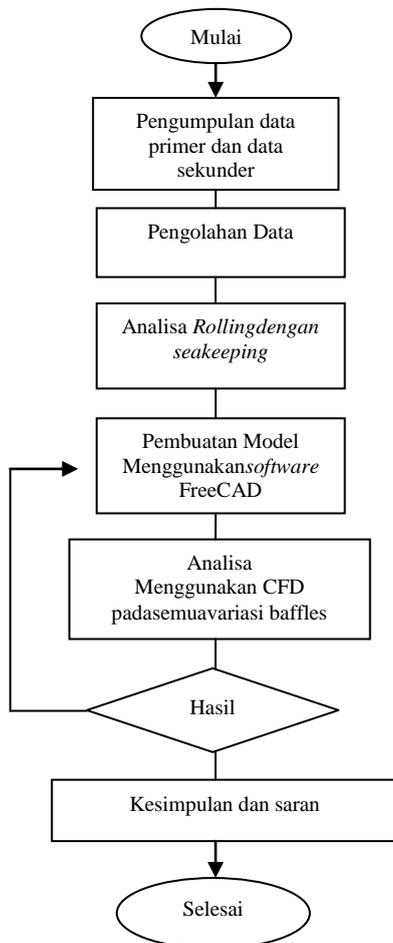
Parameter Tetap

- ✓ Bentuk dan ukuran tangki
- ✓ Tinggi fluida
- ✓ Luasan *perforated* pada tiap variasi *fixed baffles*

Parameter Pengubah

- ✓ Bentuk *Perforated* pada *Baffles*

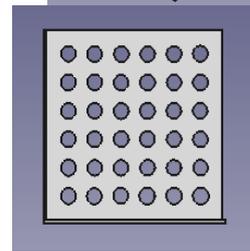
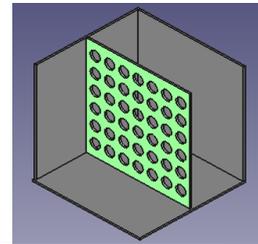
Berikut adalah diagram alir penelitian



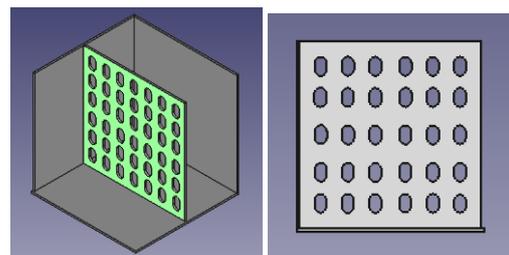
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

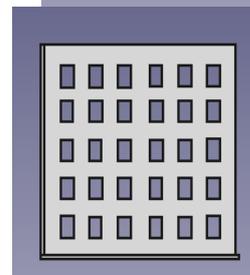
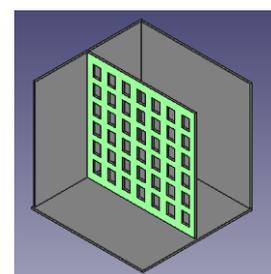
Berikut adalah pembuatan model *fixed baffle* dan modifikasi *perforated* yang dilakukan



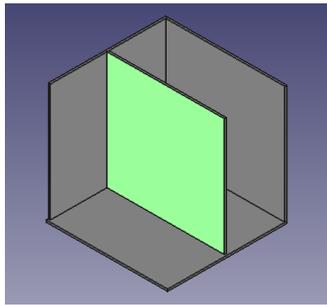
Gambar 2. Model *Fixed Baffles* Dengan *Perforated* Lingkaran



Gambar 3. Model *Fixed Baffle* Dengan *Perforated* Bentuk Oval

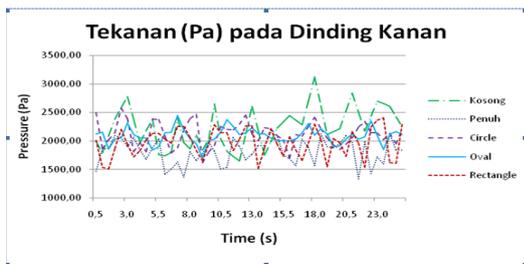


Gambar 4. Model *Fixed Baffle* Dengan *Perforated* Bentuk Persegi

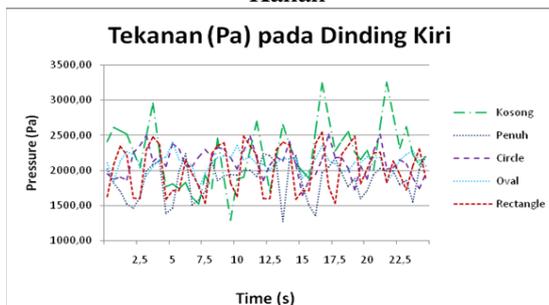


Gambar 5. Model *Fixed Baffle* Dengan *Perforated Penuh*

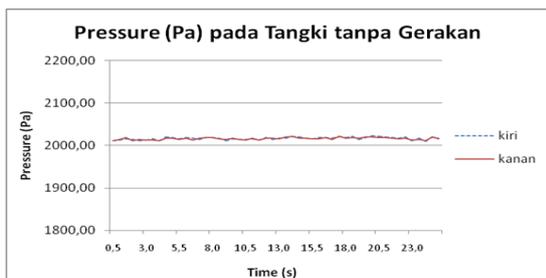
Simulasi sloshing dilakukan dalam 5 variasi tangki yaitu tangki kotak tanpa *baffle*, tangki kotak dengan *baffle* penuh, tangki kotak dengan *baffle circle perforated*, tangki kotak dengan *rectangle perforated*, dan tangki kotak dengan *oval perforated*. Dan mendapatkan hasil sebagai berikut :



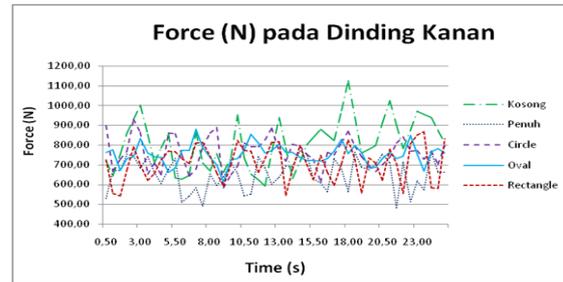
Gambar 6. Grafik Tekanan Pada Dinding Kanan



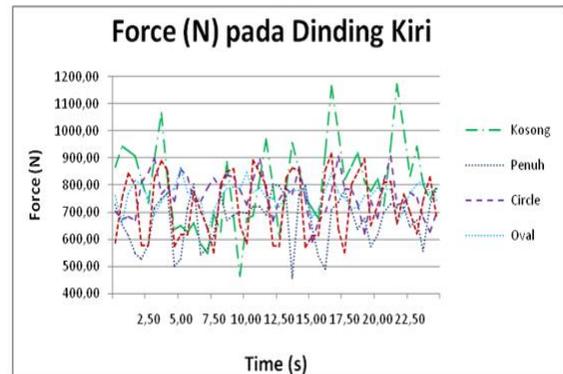
Gambar 7. Grafik Tekanan Pada Dinding Sebelah Kiri



Gambar 8. Grafik tekanan pada tangki tanpa gerakan



Gambar 9. Grafik Gaya Pada Dinding Sebelah Kanan



Gambar 10. Grafik Gaya Pada Dinding Sebelah Kiri

Berikut disajikan tabel rata – rata tekanan dan gaya pada dinding kanan dan kiri

Tabel 1. Rataan Tekanan Dan Gaya Pada Dinding Kanan

Bentuk	Rataan tekanan (Pa)	Rataan gaya (N)
Kosong	2244,6	808,05
Penuh	1809	651,24
Lingkaran	2116,92	762,09
Oval	2087,5	751,5
persegi	1968,77	708,76

Tabel 2. Rataan Tekanan Dan Gaya Pada Dinding Kiri

Bentuk	Rataan tekanan (Pa)	Rataan gaya (N)
Kosong	2244,81	808,13
Penuh	1863,64	670,91
Lingkaran	2118,33	762,6
Oval	2113,54	760,88
persegi	2025,4	729,16

Dari data di atas presentase pengurangan *pressure* akibat efek *sloshing* dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{1(\text{nilai rata baffles kiri+kanan})-(\text{nilai rata baff})}{(\text{nilai rata tanpa baffles kiri+kanan})}$$

(1) Presentase *Baffle* Penuh

$$\frac{(2244,81+2244,60)-(1863,64+1809,00)}{2244,81+2244,60} \times 100 \%$$

= 18,19 %

(2) Presentase *Baffle Circle Perforated*

$$\frac{(2244,81+2244,60)-(2118,33+2116,92)}{2244,81+2244,60} \times 100 \%$$

= 5,66 %

(3) Presentase *Baffle Oval Perforated*

$$\frac{(2244,81+2244,60)-(2113,54+2087,50)}{2244,81+2244,60} \times 100 \%$$

= 6,42 %

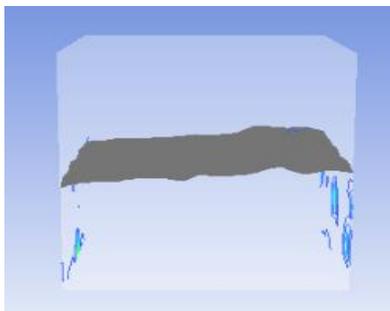
(4) Presentase *Baffle Rectangle Perforated*

$$\frac{(2244,81+2244,60)-(2025,40+1968,77)}{2244,81+2244,60} \times 100 \%$$

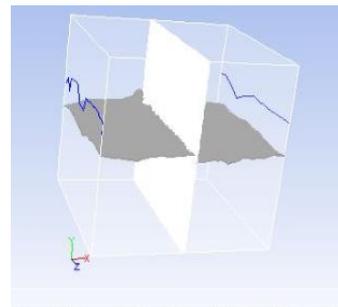
= 11,03 %

Dari hasil diatas dapat diketahui bahwa tangki dengan baffle penuh dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar (407.5) 18,19%, tangki dengan *baffle circle perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar (125.5) 5,66%, tangki dengan *baffle oval perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar (144) 6,42%, tangki dengan *baffle rectangle perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar (248) 11,03%.

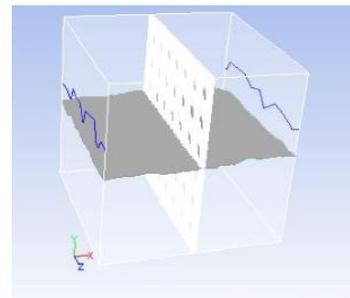
Berikut adalah hasil simulasi *fluent* untuk kondisi asumsi 50% air terisikan pada tangki



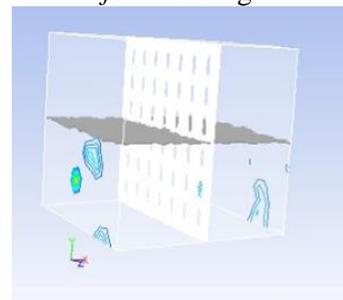
Gambar 11. Simulasi Tangki Tanpa *Baffle*



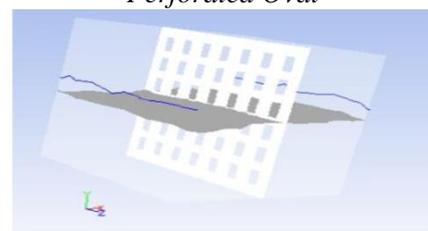
Gambar 12. Simulasi Tangki Dengan *Baffle* Penuh



Gambar 13. Simulasi Tangki Dengan *Perforated* Lingkaran

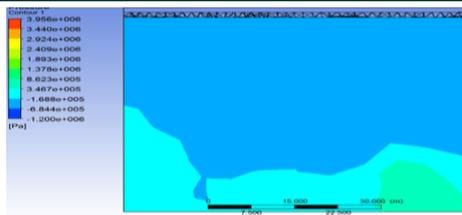


Gambar 14. Simulasi Tangki Dengan *Perforated* Oval

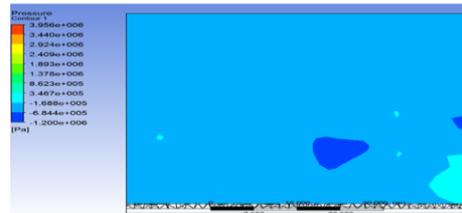


Gambar 15. Simulasi Tangki Dengan *Perforated* Persegi

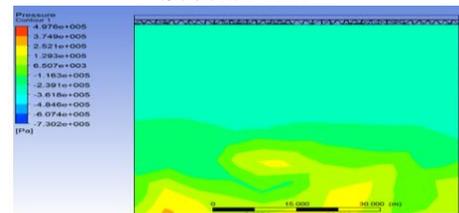
Adapun tekanan dan gaya yang diterima dinding dapat dilihat sebagai berikut :



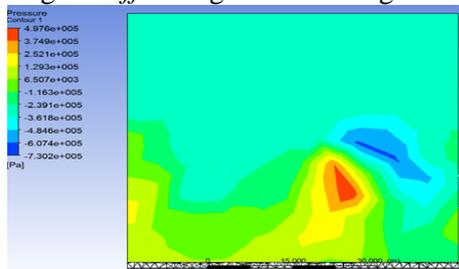
Gambar 16. Simulasi Pembagian Tekanan Pada Tangki Dengan *Baffle* Penuh Pada Dinding Sebelah Kanan



Gambar 17. Simulasi Pembagian Tekanan Pada Tangki Dengan *Baffle* Penuh Pada Dinding Sebelah Kiri



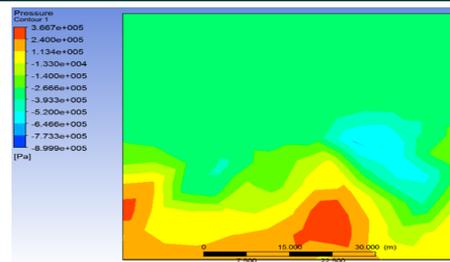
Gambar 18. Simulasi Tekanan Pada Tangki Dengan *Baffle* Lingkaran Dinding Kanan



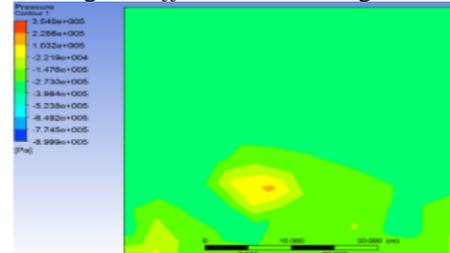
Gambar 19. Simulasi Tekanan Pada Tangki Dengan *Baffle* Lingkaran Pada Dinding Kiri



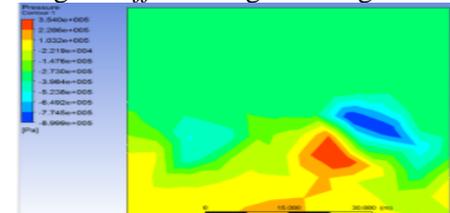
Gambar 20. Simulasi Tekanan Pada Tangki Dengan *Baffle* Oval Dinding Kanan



Gambar 21. Simulasi Tekanan Pada Tangki Dengan *Baffle* Oval Dinding Kiri



Gambar 22. Simulasi Tekanan Pada Tangki Dengan *Baffle* Persegi Dinding Kanan



Gambar 23 Simulasi Tekanan Pada Tangki Dengan *Baffle* Persegi Dinding Kiri

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil yang telah didapatkan dan dibahas pada bab sebelumnya dapat disimpulkan antara lain hal-hal sebagai berikut :

1. Tangki dengan *baffle* penuh dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar (407.5) 18,19%, tangki dengan *baffle circle perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar (125.5) 5,66%, tangki dengan *baffle oval perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar (144) 6,42%, tangki dengan *baffle rectangle perforated* dapat mengurangi efek *sloshing* sebesar (248) 11,03%.
2. Pada *Baffle* dengan *perforated*, *rectangle perforated* dapat mengurangi tekanan lebih baik dibandingkan dengan *oval perforated* dan *circle perforated*. Sehingga *baffle* dengan *rectangle perforated* merupakan *baffle* paling baik untuk diterapkan pada tangki kapal tanker

Saran untuk riset ini selanjutnya diharapkan adanya pengujian laboratorium sebagai validasi atas hasil simulasi yang telah ada saat ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan ucapan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada prodi teknik perkapalan, Universitas Muhammadiyah Surabaya dan ITS Surabaya yang telah memberikan fasilitas dan mendukung penulis hingga dapat melaksanakan penelitian dan menghasilkan luaran penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hakim, PrabaLuqman, 2017 “*Analisa Penambahan Kotruksi Baffles Di Dalam Tangki Kapal Tanker 17500DWT Dengan Simulasi Computation Fluid Dynamic (CFD)*”, 2017
- [2] AsharKhoirulArsad , Aries Sulisetyono, “*Studi Gerakan Sloshing terhadap Tangki Kotak (Rectangular Tank) Dengan dan Tanpa Pelat Memanjang (Baffle) Akibat Gerakan Rolling Kapal Dengan Metode Computational Fluid Dynamics*”
- [3] Gurinder Singh Brar, Simranjit Singh, 2014, “An Experimental and CFD Analysis of Sloshing in A Tanker” *Procedia Technology*
- [4] V. Tejashwar Reddy, 2016, “CFD Analysis of Sloshing within a Tank with Porous Baffles *International Journal of Science and Research (IJSR)*
- [5] P.K. Panigrahy, U.K. Saha, D. Maity, 2009, “Experimental studies on sloshing behavior due to horizontal movement of liquids in baffled tanks,
- [6] Ananda Ragil, Dedy Chrismianto, M.Iqbal, 2011, “Analisa Pengaruh Sloshing pada Ruang Muat Kapal Tanker 17500 LTDW dengan Metode CFD”, *Jurnal Perkapalan Undip*
- [7] Vicenco D Alesandro, 2011,,” *Modelling of Tank Vehicle Dynamic by Fluid Sloshing Coupled Simulation, Politecnico De Milano Dissertation*