

DESAIN LAMBUNG KAPAL LAYAR MOTOR KATAMARAN DENGAN SISTEM PALKA IKAN HIDUP

Parlindungan Manik, Sarjito Jokosisworo¹⁾

¹⁾Program studi Teknik Perkapalan, Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

Email: parlin1974@yahoo.com

Abstrak

Keberadaan dan penggunaan sistem palka ikan hidup, dapat membantu nelayan dalam menekan biaya operasional pengawetan ikan hasil tangkapan sebesar 11,8 %. Sistem palka ikan hidup, dimana palka diberi lubang sirkulasi sehingga air di dalam dan di luar palka terhubung perlu diadakan penelitian mengenai perubahan dan perbedaan tekanan yang terjadi pada saat kapal bergerak.

Kondisi awal dimana kapal belum bergerak permukaan air di dalam palka akan sama tinggi dengan sarat kapal. Ketika kapal mulai bergerak tekanan luar palka akan menurun seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal. Hal ini akan menyebabkan penurunan tinggi permukaan air di dalam palka.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis didapatkan pada kecepatan 12 knot ketinggian permukaan air di dalam palka bernilai positif dengan nilai 0,3947 m untuk diameter lubang sirkulasi 0,20 m (sebelum divariasikan), 0,4515 m untuk diameter lubang sirkulasi 0,15 m, 0,4656 m untuk diameter lubang sirkulasi 0,25 m, 0,4718 m untuk diameter lubang sirkulasi 0,20 m berjumlah dua buah.

Diameter lubang sirkulasi yang optimum dipilih sebesar 0,20 m berjumlah dua buah karena pada kecepatan 12 knot, ketinggian permukaan air bernilai 0,4718 m. Nilai ini paling tinggi diantara variasi lubang sirkulasi lainnya.

Kata kunci : *Catamaran, CFD*, sistem palka ikan hidup

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal ikan dengan muatan hidup menjadi alternatif bagi nelayan untuk mendapatkan *income* yang tinggi bagi kehidupan nelayan. Keberadaan dan Penggunaan sistem palka ikan hidup, dapat membantu nelayan dalam menekan biaya operasional pengawetan ikan hasil tangkapan sebesar 11,8 % [7]. Disamping itu kualitas dan nilai ekonomis hasil tangkapan juga akan naik, yang pada akhirnya akan meningkatkan tingkat kesejahteraan nelayan.

Untuk hasil tangkapan dengan menggunakan sistem palka ikan hidup diharapkan juga ikut melestarikan sumber daya perikanan, karena nelayan akan lebih selektif dalam menangkap ikan. Selain itu peralatan tangkap yang dipergunakan juga harus disesuaikan, misalnya menggunakan bubu karena target hasil tangkapan ini berupa ikan karang dan ikan dasar (ikan demersal) yang terkenal dalam perdagangan adalah grouper (kerapu), snapper (kakap

merah, bambangan, jenaha, gorara), bream (abat, bekung, mili, kurisi) *rock cods* dan *coral cods* [1].

Pada sistem palka ikan hidup ini, air didalam palka akan mengalami perubahan tekanan ketika kapal bergerak dengan kecepatan tertentu. Tekanan tersebut jika bernilai positif maka permukaan air yang ada didalam palka akan meninggi dan keluar yang berakibat ikan didalamnya dapat terlempar keluar. Apabila tekanan tersebut bernilai negatif maka tinggi permukaan air yang ada didalam palka akan menjadi lebih rendah atau berkurang, sehingga ikan yang ada didalamnya pun akan kekurangan air. Keduanya akan menjadi kendala pada operasional penangkapan ikan.

Perubahan tekanan air pada palka akibat perubahan kecepatan kapal tak lepas dari pengaruh letak dan jumlah lubang sirkulasi pada palka. Lubang tersebut digunakan agar air laut bisa masuk kedalam palka. Percobaan model kapal pada *towing tank* akan bisa mensimulasikan kapal pada saat operasional

sesuai dengan kecepatan yang diinginkan dan mendapatkan hasil percobaannya. Namun hal ini akan memakan waktu yang lama dan membutuhkan biaya yang besar. *Computational Fluid Dynamic (CFD)* adalah aplikasi yang dapat menjadi alternatif dalam menganalisis dan mensimulasikan efek yang ditimbulkan oleh kecepatan kapal terhadap perubahan tekanan air didalam palka dengan waktu yang lebih cepat dan biaya yang lebih murah dibanding dengan percobaan di *towing tank*.

1.2 Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang ada terdapat pada latar belakang maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Menghitung hambatan kapal.
2. Menghitung perubahan tekanan yang terjadi pada air didalam dan di luar palka dengan variasi kecepatan, diameter dan jumlah dari lubang sirkulasinya.
3. Menghitung diameter dan jumlah optimum lubang sirkulasi pada palka.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah di gunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan penelitian sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan.

Batasan permasalahan yang di bahas dalam penelitian ini adalah :

1. Ukuran utama dan karakteristik lambung kapal tidak diperhitungkan kembali
2. Panjang palka tidak di variasikan
3. Tidak melakukan pengujian *towing tank*
4. Analisis dan pengolahan data menggunakan *software* Maxsurf, Delftship, dan Ansys CFD.
5. Hasil akhir dari penelitian ini adalah data dan simulasi hasil analisis *software* tersebut.

Variasi lubang sirkulasi:

- Ukuran diameter lubang: 0,15 m, 0,20 m dan 0,25 m
- Jumlah lubang dalam satu lambung:
 - 1 lubang untuk diameter 0,15 m dan 0,25 m
 - 2 lubang untuk 0,20 m

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta permasalahannya maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan kecepatan yang optimum pada kapal dengan menimbang pengaruhnya terhadap sistem fluida pada kapal
2. Mendapatkan diameter optimum lubang sirkulasi pada palka
3. Mendapatkan tinggi permukaan air di dalam palka pada saat kapal bergerak

Gambar 2. Desain Sederhana Suatu Turbin Angin

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada efek yang ditimbulkan oleh perubahan kecepatan kapal terhadap tekanan air di dalam dan di luar palkah dengan beberapa variasi lubang sirkulasinya. Penelitian ini akan disimulasikan untuk mencari nilai kecepatan dan lubang sirkulasi yang optimum. Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. Parameter tetap
 - a) Ukuran utama kapal
 - b) Panjang palkah
 - c) Letak palkah pada lambung kapal
2. Parameter peubah
 - a) Kecepatan kapal
 - b) Jumlah dan ukuran lubang sirkulasi pada palkah
 - c) Jumlah lubang sirkulasi pada palkah.

2.2 Langkah-langkah Penelitian

1. Permodelan
 - a) Penggambaran ulang menggunakan program delftship V.4 dan mendapatkan *lines plan* kapal
 - b) Penggambaran ulang dengan program ICEM CFD melalui koordinat-koordinat x,y dan z yang diperoleh dari *lines plan*

- hasil penggambaran ulang di program *delftship V.4*
- c) Setelah lengkung-lengkung kapal telah terbentuk, dilanjutkan dengan membuat *surface* dan *meshing*. Tipe *meshing* yang dipakai adalah *tetragonal* dengan metode *smooth*.
2. Simulasi pada CFD
 - a) Tahap *Pre Processor*, Pembentukan benda dan daerah disekeliling benda sebagai domain komputasi
 - b) Pembentukan *Grid Generation* atau membagi domain menjadi bagian yang lebih kecil (*subdomain*)
 - c) Penentuan fluida yang akan dialirkan yaitu air dan udara
 - d) Penentuan sifat-sifat fluida seperti densitas, viskositas, temperatur dan lain-lain
 - e) Penentuan kondisi batas model, lokasi pembuatan kondisi batas model harus ditentukan baik pada sekeliling benda maupun aliran yang diperhitungkan
 - f) Diskretisasi substitusi perkiraan-perkiraan tersebut dengan persamaan-persamaan aliran yang berlaku
 - g) Setelah tahap *Pre Processor* selesai, dilanjutkan dengan proses perhitungan (*running*) pada *solver manager*
 - h) Setelah tahap *solver manager* selesai, pengambilan data dapat diambil pada tahap *Post Processor*.
 3. Validasi

Membandingkan hasil analisis CFD dengan , hasil analisis *Hidromax*.
 4. Data hasil analisis
 - a) Hambatan kapal (*Ship resistance*)

Merupakan nilai gaya "force (x Axis)" pada function calculator CFD solver. Hasilnya mempresentasikan hambatan kapal. Nilai hambatan digunakan untuk memverifikasi model dengan membandingkan hasil hambatan pada CFD dengan hasil hambatan pada *Hullspeed* dengan metode *Slender Body*.
 - b) Tekanan (*Pressure*)

Didapatkan dengan menggunakan *probe* pada menu *tools* dengan variabel *pressure*, kemudian memasukkan koordinat *x,y* dan *z* untuk mendapatkan tekanan pada titik

tertentu. Nilai tekanan (*pressure*) digunakan untuk mencari nilai ketinggian permukaan air di dalam palka dengan menggunakan persamaan Bernoulli melalui perbedaan tekanan.

- c) Hubungan Hambatan Kapal dan Tekanan

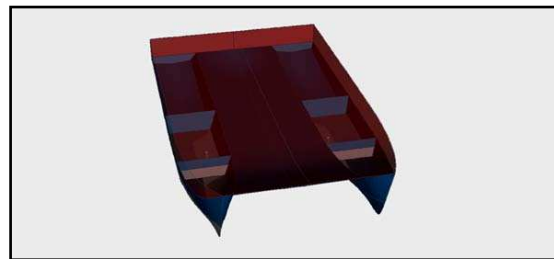
Ketika kecepatan kapal meningkat, maka nilai hambatan kapal dan tekanan di dalam palka akan meningkat pula. Akan tetapi untuk nilai tekanan di luar palka, akan menurun seiring dengan peningkatan kecepatan kapal.

3. PERHITUNGAN DAN ANALISIS DATA

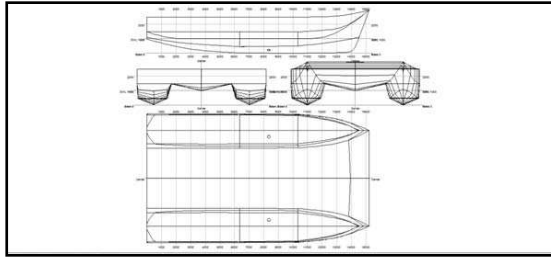
Data ukuran utama kapal :

Length Over All (LOA)	:15,242m
Design Beam (B)	: 2,438m
Beam Over All (BOA)	: 8,861m
Depth (H)	: 2,50 m
Design Draft (T)	: 1,00 m

Dari data pengukuran tersebut di buat pemodelan *hullform* dengan menggunakan bantuan software *Delftship versi 4.03*. Penelitian ini merupakan tindak lanjut dari penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang mana pada penelitian kali ini dilakukan analisis dari desain sistem palka untuk muatan ikan hidup yang akan berpengaruh terhadap sistem fluida didalam palka.

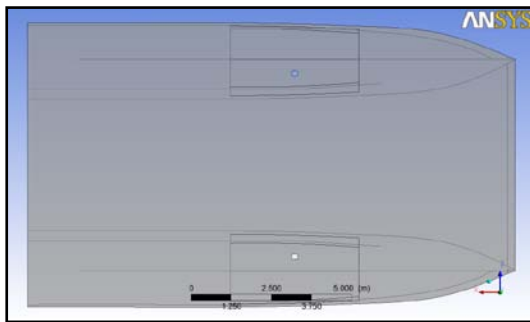


Gambar 1. Permodelan kapal sistem palka ikan hidup menggunakan *delftship versi 4.03*

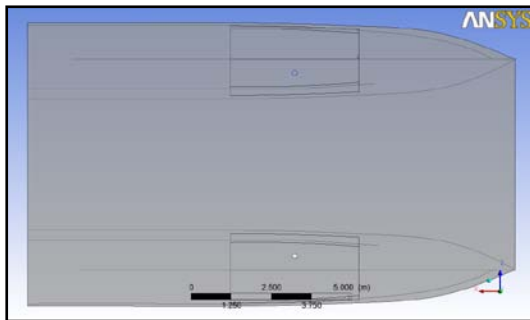


Gambar 2. Lines plan kapal

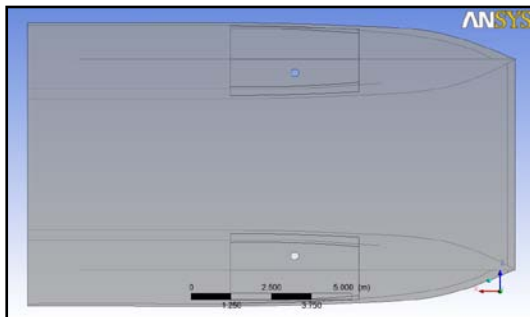
Variasi diameter lubang sirkulasi :



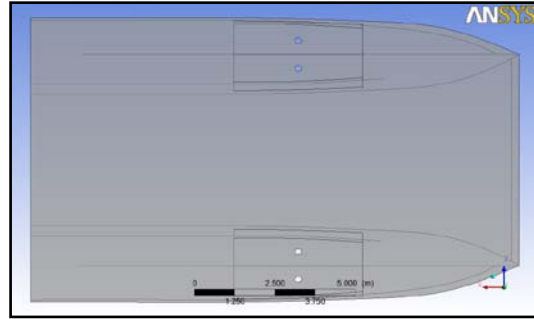
Gambar 3. Diameter lubang sirkulasi 0,20 m (sebelum divariasikan/desain awal)



Gambar 4. Diameter lubang sirkulasi 0,15 m (setelah divariasikan)



Gambar 5. Diameter lubang sirkulasi 0,25 m (setelah divariasikan)

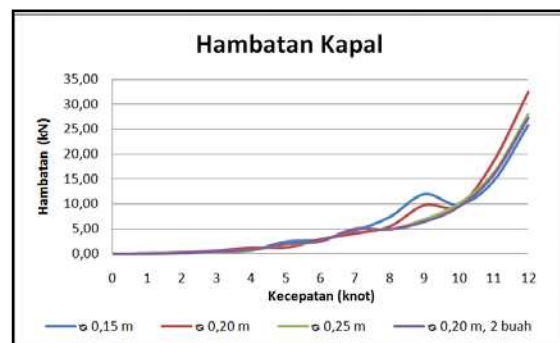


Gambar 6. Diameter lubang sirkulasi 0,20 m, jumlah 2 buah (setelah divariasikan)

3.1 Perhitungan Hambatan Kapal

Tabel 1. Hasil Perhitungan Hambatan Kapal

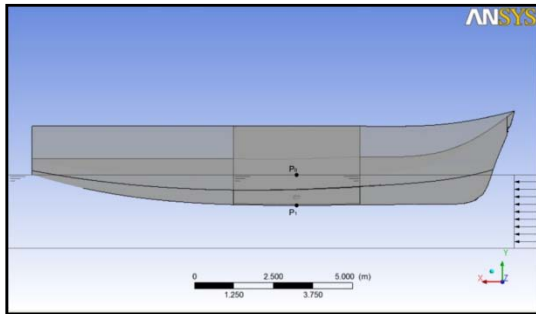
Kecepatan (knot)	Hambatan (kN)			
	0,15 m	0,20 m	0,25 m	0,20 m, 2 buah
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,07	0,06	0,05	0,06
2	0,16	0,28	0,18	0,19
3	0,44	0,59	0,41	0,49
4	0,72	1,27	0,68	0,82
5	2,42	1,26	1,94	2,01
6	2,78	2,89	2,47	2,56
7	4,64	4,07	5,04	5,03
8	7,37	5,47	4,94	4,93
9	11,96	9,75	6,90	6,47
10	9,83	9,60	10,08	9,49
11	14,57	18,47	16,22	15,84
12	25,74	32,34	27,95	27,28



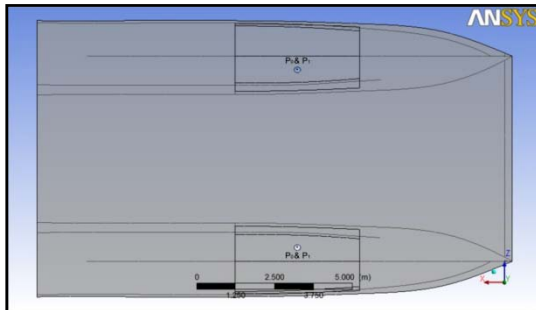
Gambar 7. Grafik Hambatan Kapal

3.2 Perhitungan Tekanan

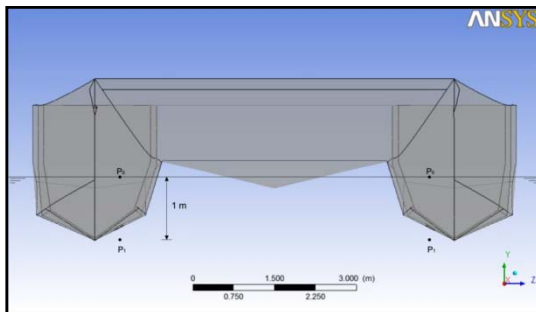
Dalam penelitian ini lokasi tekanan diposisikan pada dua posisi. Posisi pertama (P_0) terletak pada tinggi permukaan air di dalam palka yang sama dengan tinggi sarat pada kapal setinggi satu meter dan tepat diatas lubang sirkulasi. Posisi kedua (P_1) terletak pada *baseline* kapal dimana P_1 ini diposisikan sebagai titik acuan dalam perhitungan.



Gambar 8.. Letak Posisi Titik Tekanan Tampak Samping



Gambar 9. Letak Posisi Titik Tekanan Tampak Atas



Gambar 10. Letak Posisi Titik Tekanan Tampak Depan

3.2.1 Tekanan di Dalam Palka (P_0)

Tabel 2. Tekanan di dalam Palka (P_a)

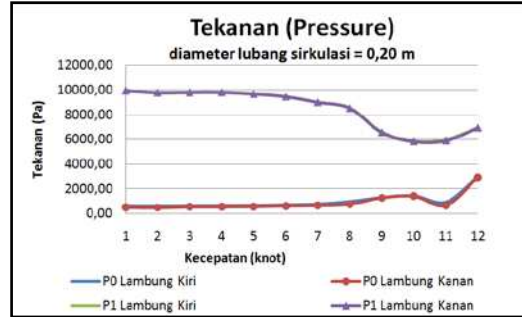
Kecepatan (knot)	Tekanan di Dalam Palka Lambung Kiri (Pa)			
	0,15 m	0,20 m	0,25 m	0,20 m, 2 buah
1	1286,60	570,79	1021,61	901,63
2	1213,29	554,34	820,92	700,29
3	1409,22	596,07	914,24	949,57
4	718,33	618,18	943,92	958,17
5	779,73	639,94	1045,53	1014,01
6	608,93	692,01	1140,67	1119,99
7	786,41	750,02	1241,71	1235,19
8	919,64	951,88	1298,42	1248,44
9	740,10	1277,76	1324,52	1234,73
10	798,41	1415,00	1612,89	1578,62
11	2053,11	913,30	2117,90	2111,51
12	2388	2975,17	2582,69	2501,31

Kecepatan (knot)	Tekanan di Dalam Palka Lambung Kanan (Pa)			
	0,15 m	0,20 m	0,25 m	∞ 0,20 m, 2 buah
1	1323,9	512,665	1016,31	791,96
2	1246,39	479,12	846,053	576,04
3	1448,44	553,169	922,58	846,79
4	718,307	553,222	940,649	860,71
5	802,385	573,613	1028,07	931,41
6	631,065	627,493	1069,94	985,07
7	783,8	659,592	1127,73	1011,62
8	873,386	763,074	1157,66	1083,34
9	657,839	1285,16	1235,43	1217,47
10	777,044	1408,14	1553,48	1527,29
11	2107,25	669,524	2070,61	2033,23
12	2399,56	2932,82	2500,43	2427,01

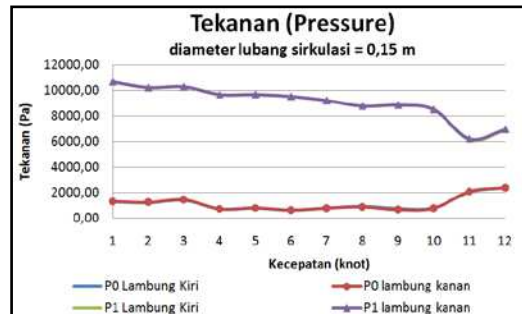
Tabel 3. Tekanan diluar Palkah

Kecepatan (knot)	Tekanan di Luar Palka Lambung Kiri (Pa)			
	0,15 m	0,20 m	0,25 m	0,20 m, 2 buah
1	10641	9937,84	10474,2	10414,4
2	10240,7	9758,71	10206,2	10012,4
3	10285,7	9794,84	10000,6	10019,0
4	9674,21	9803,59	9858,72	9872,51
5	9658,60	9685,57	9717,38	9714,31
6	9520,18	9471,89	9558,72	9556,09
7	9214,67	9003,25	9616,41	9629,42
8	8789,49	8538,36	9085,85	9129,89
9	8850,59	6605,42	8539,05	8618,23
10	8534,44	5868,00	6605,76	6592,75
11	6114,25	5989,26	6322,82	6276,20
12	6886,51	6952,57	7236,79	7227,75

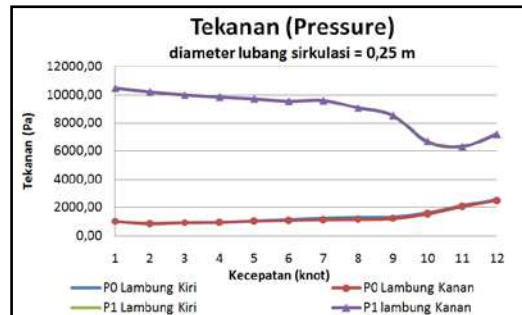
Kecepatan (knot)	Tekanan di Luar Palka Lambung Kanan (Pa)			
	0,15 m	0,20 m	0,25 m	0,20 m, 2 buah
1	10697	9930,75	10481,4	10407,50
2	10236,6	9764,86	10219,4	9996,87
3	10307,3	9787,56	10010,8	9997,05
4	9698,49	9792,82	9862,07	9840,68
5	9702,62	9656,29	9737,43	9703,50
6	9550,93	9442,52	9564,78	9529,84
7	9234,73	8985,5	9608,68	9604,31
8	8800,76	8511,56	9072,87	9082,32
9	8885,31	6565,65	8539,75	8557,72
10	8530,43	5836,56	6688,77	6590,62
11	6233,27	5911,39	6307,49	6208,75
12	6971,02	6938,72	7200,78	7178,85



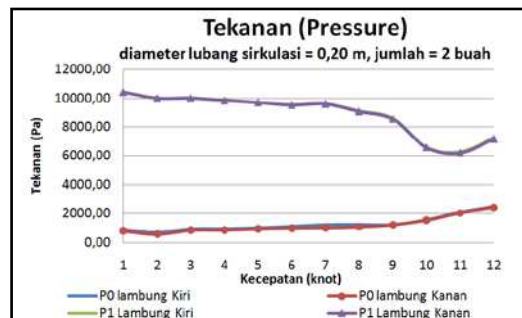
Gambar 11. Tekanan sebelum di variasikan (diameter lubang sirkulasi 0,20 m)



Gambar 12. Tekanan setelah di variasikan (diameter lubang sirkulasi 0,15 m)



Gambar 13. Tekanan setelah di variasikan (diameter lubang sirkulasi 0,25 m)



Gambar 14. Tekanan setelah di variasikan (diameter lubang sirkulasi 0,20 m berjumlah dua buah)

3.3 Perhitungan Tinggi permukaan di Dalam palka

Setelah kita mengetahui nilai Tekanan P_0 dan nilai Tekanan P_1 kita bisa mencari nilai ketinggian permukaan air di dalam palka melalui persamaan Bernoulli.

$$P_0 + \gamma h_0 + \frac{1}{2} \rho v_0^2 = P_1 + \gamma h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2$$

dimana

P = Tekanan (Pa)

γ = Berat jenis fluida ($\rho \cdot g = 1025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 10045 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}^2$)

ρ = Kerapatan air laut (kg/m^3)

v = Kecepatan aliran (m/s)

h_0 = Ketinggian P_0 yang dihitung dari titik acuan (P_1) / ketinggian permukaan air di dalam palka

h_1 = Ketinggian P_1 yang dihitung dari titik acuan (P_1)

Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, jarak antara P_0 dan P_1 ialah satu meter dalam kondisi statis (diam, tidak mempunyai kecepatan) dan juga titik acuan yang digunakan ialah titik P_1 . Sehingga bentuk persamaan menjadi

$$P_0 + \gamma h_0 = P_1 + \gamma h_1$$

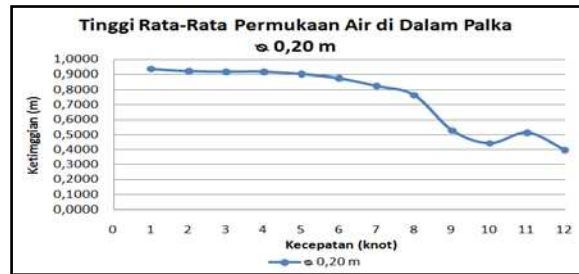
Karena P_1 adalah titik acuan, maka P_1 tidak mempunyai ketinggian ($h_1 = 0 \text{ m}$) sedangkan P_0 mempunyai ketinggian yang berjarak dari P_1 . Sehingga untuk mencari h_0 persamaan menjadi

$$h_0 = (P_1 - P_0) / \gamma$$

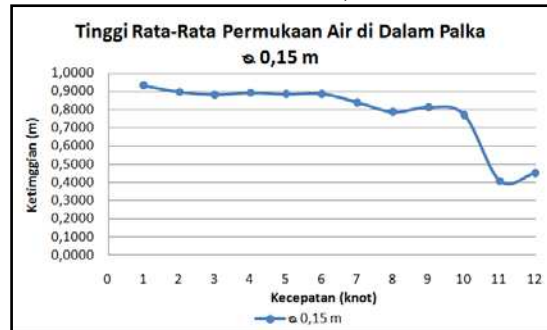
Kecepatan (knot)	Tinggi Permukaan Air Rata-Rata di Dalam Palka (m)			
	0,15 m	0,20 m	0,25 m	0,20 m, 2 buah
1	0,9322	0,9350	0,9416	0,9521
2	0,8968	0,9204	0,9337	0,9325
3	0,8828	0,9175	0,9047	0,9069
4	0,8928	0,9171	0,8878	0,8907

5	0,8850	0,9024	0,8652	0,8697
6	0,8876	0,8758	0,8419	0,8452
7	0,8402	0,8252	0,8390	0,8455
8	0,7863	0,7633	0,7816	0,7905
9	0,8132	0,5280	0,7227	0,7329
10	0,7710	0,4421	0,5041	0,5016
11	0,4075	0,5136	0,4202	0,4151
12	0,4515	0,3974	0,4656	0,4718

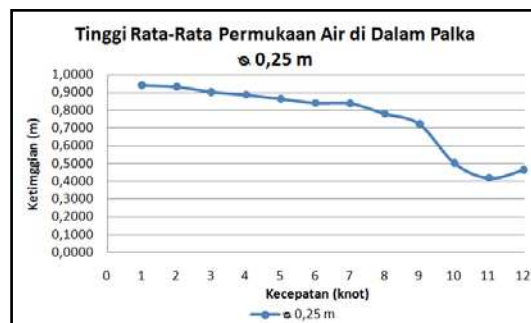
Tabel 4. Tinggi rata-rata permukaan air di dalam palka



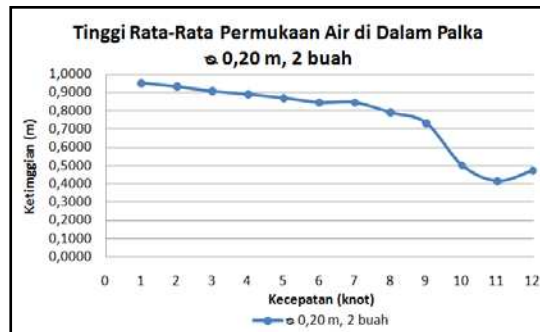
Gambar 15. Tinggi permukaan air di dalam palka sebelum di variasikan (diameter lubang sirkulasi 0,20 m)



Gambar 16. Tinggi permukaan air di dalam palka sesudah di variasikan (diameter lubang sirkulasi 0,15 m)



Gambar 17. Tinggi permukaan air di dalam palka sesudah di variasikan (diameter lubang sirkulasi 0,25 m)



Gambar 18. Tinggi permukaan air di dalam palka sesudah di variasikan (diameter lubang sirkulasi 0,20 m, 2 buah)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

- Kecepatan optimum pada kapal dengan menimbang pengaruhnya terhadap sistem fluida di dalam palka, dipilih berdasarkan nilai ketinggian permukaan air di dalam palka yang bernilai positif dengan kecepatan maksimum yang dicapai adalah 12 Knot untuk semua variasi.
- Diameter optimum dipilih berdasarkan nilai ketinggian permukaan air di dalam palka yang paling tinggi pada kecepatan 12 knot. Berikut urutannya :
 - Diameter 0,20 m berjumlah dua buah dengan ketinggian 0,4718 m (**optimum**)
 - Diameter 0,25 m dengan ketinggian 0,4656 m
 - Diameter 0,15 m dengan ketinggian 0,4515 m
 - Diameter 0,20 dengan ketinggian 0,3947 m
- Ketinggian air minimum rata-rata antara lambung kanan dan lambung kiri yang di dapat dari berbagai variasi ialah
 - 0,3947 m, pada kecepatan 12 knot, (sebelum divariasikan)

- 0,4075 m, pada kecepatan 11 knot (diameter lubang 0,15 m)
- 0,4202 m, pada kecepatan 11 knot (diameter lubang 0,25 m)
- 0,4151 m, pada kecepatan 11 knot (diameter lubang 0,20 m berjumlah dua buah)

Ketinggian air rata-rata antara lambung kanan dan lambung kiri untuk kecepatan maksimum (12 knot)

- 0,3947 m (sebelum divariasikan)
- 0,4515 m (diameter lubang 0,15 m)
- 0,4656 m (diameter 0,25 m)
- 0,4718 m (diameter 0,20 cm berjumlah dua buah)

DAFTAR PUSTAKA

- Hendri Irawan, 2009, **Desain Kapal Ikan dengan Bentuk lambung *Catamaran* yang Menggunakan Sistem Penggerak Layar dan Mesin untuk Muatan Ikan Hidup**. Penelitian Teknik Perkapalan UNDIP: Semarang
- Misbahuddin, 2010, **Analisa Optimasi Posisi Step Hull pada Kapal Patroli FRP 36 Meter dengan Menggunakan CFD Analisis**. Penelitian Teknik Sistem Perkapalan ITS : Surabaya
- Dinas Kelautan dan Perikanan, 2006, **Pengertian Dasar Besaran –Besaran Kapal**, BBPPI, Semarang.
- Iksan Firman, 2009, **Rancang Bangun KLM Purse Seine melalui Modifikasi Bentuk Lambung Kapal Tradisional Batang**, Penelitian Teknik Perkapalan UNDIP: Semarang.
- Versteeg, H.K, Malalasekera, W, 1995, **An Introduction to Computational Fluid Dynamic**, Longman Scientific & Technical, Harlow.
- Eko Sasmito Hadi, et all, 2009, **Rancang Bangun Kapal Layar Motor dengan Model Lambung Katamaran untuk Kapal Multi Fungsi Penangkap Ikan dan Bagan Apung**, Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro.

7. Captain Barb Howe, M.Ed, 2000, **Fishing Vessel Stability – Proving The Principles**, Workers' Compensation Board of British Columbia, Publications & Videos Department, 6711 Elmbridge Way, Richmond, BC V7C 4N1.
8. Endah Suwarni, 2009, **Kajian Numerik Gaya Tahanan Pada Perencanaan Kapal Bersayap Wise Sebagai Alternatif Pengganti Crew Boat 20 Pax Dengan Pendekatan CFD**. Penelitian Teknik Sistem Perkapalan ITS: Surabaya
9. Veldman , Arthur E.P. 2006. **The Simulation of Violent Free-Surface Dynamic at Sea and in Space**. European Conference on Computational Fluid Dynamics.
10. Fonfach , J. M. A., Soares , C. Guedes. 2010. **Improving The Resistance of A Series 60 Vessel with A CFD Code**. V European Conference on Computational Fluid Dynamics.
11. Sarker , M. A. and Rhodes , David G. 2000. **CFD and physical modelling of free surface over broad-crested weir**. Engineering Systems Dept, Cranfield University : UK
12. Bang, Y.S., Lee, Gil Soo., Huh, Byung-Gil, Oh, Deog-Yeon. And Woo, Sweng-Woong. 2009. **PREDICTION OF FREE SURFACE FLOW ON CONTAINMENT FLOOR USING A SHALLOW WATER EQUATION SOLVER**. Nuclear Engineering and Technology, Vol. 41, No. 8
13. Hirt, C.W. and Nichols, B.D. 1981. **Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries**. Journal of Computational Physics, 39: 201–225.
14. Rahardjo, Oktavian., Adji, Surjo Widodo. 2008. **Permodelan dan Simulasi Kapal Ikan tipe Kranji**. Tesis Teknik Sistem Pengendalian Kelautan – FTK ITS : Surabaya
15. Munson, Bruce R., Young, Donald F., Okiishi, Theodore H. 2003. **Mekanika Fluida Edisi Keempat**. Diterjemahkan oleh Harinaldi dan Budiarmo. Jakarta : Erlangga
16. **“Hullspeed Windows Versiaon 11.1 User Manual”**. Formation Design System Pyt Ltd. 2005
17. **Couser, P. “An investigation into the performance of high-speed catamarans in calm water and waves.”** PhD thesis, Department of Ship Science, University of Southampton. May 1996.
18. **Michell, J.H. “The wave resistance of a ship”**. Philosophical Magazine (5), vol 45, pp 106-123. 1898
19. **Tuck, E.O, Luzauskas, L. and Scullen, D.C. - “Sea Wave Pattern Evaluation. Part 1 Report: Primary Code and Test Results (Surface Vessels).**