

ANALISA PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN *HUB PROPELLER* TIPE *B-SERIES* PADA KAPAL SELAM TIPE MENENGAH UNTUK MENGOPTIMALKAN KINERJA KAPAL SELAM DENGAN METODE CFD

Dimas Bagus Darmawan¹, Deddy Chrismianto¹, Muhammad Iqbal¹

¹) Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : dimasbagus1711@gmail.com, deddychrismianto@yahoo.co.id,
iqbal.muhammad.1412@gmail.com

Abstrak

Kapal selam didesain untuk tidak lambat dalam pergerakannya dibawah air, namun juga harus bergerak senyap dibawah air tanpa terdeteksi. Untuk dapat bergerak senyap dibawah air dipengaruhi oleh baling-baling kapal selam. Baling-baling kapal selam membutuhkan beberapa kriteria khusus yaitu baling-baling kapal yang dapat memberikan gaya dorong yang besar dengan tingkat kebisingan yang rendah. Maka desain *propeller* harus memiliki nilai *thrust* yang besar, nilai tekanan yang rendah, dan aliran baling-baling yang halus. Penelitian ini menganalisa baling-baling kapal jenis *B-8 Series* dengan 4 sudut kemiringan *hub* baling-baling yaitu 0°, 5°, 10°, dan 15°, sehingga didapatkan jenis baling – baling yang optimum untuk kapal selam 150 m dengan bantuan program *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Dalam proses analisa menggunakan *software* berbasis CFD, kami mendapatkan hasil dari semua model baling – baling yaitu bentuk aliran, nilai *thrust* dan nilai *pressure* yang berbeda sesuai dengan RPM yang diberikan. Dari keempat model yang telah dibandingkan didapat model baling – baling yang optimum yaitu B – 8 Series dengan sudut kemiringan *hub* baling-baling 10° pada 450 RPM dengan nilai *thrust* sebesar 16028 N, rata-rata tekanan 11908,87 Pa, dan aliran turbulen dengan kecepatan rata - rata 16,68 m/s.

Kata kunci : Kapal Selam, Propeller, Hub Propeller, CFD

Abstract

The submarine is designed to not slow in its movements under water , but it must also move silently below the water without being detected . To be able to move silently under the water by the propeller of the submarine. Submarine propeller need some spesific criteria and that criteria is propeller can give bigger amount of thrust with noiseless .So propeller design must has high thrust value, low pressure value, and smooth propeller streamline.This research compare 4th degrees hub propeller are 0°, 5°, 10°, and 15°, So we get the optimum propeller for submarine midget type 150 m with Computational Fluid Dynamic (CFD) program support. On the analysis process use software with CFD basic, we get result from all propellers model that is different between streamline form, thrust value, and pressure value cause different value of RPM that given. From 4th model that have been compared, we get the optimum propeller that is B – 8 series on 450 rpm with thrust value 16028 N, average value pressure 11908,87 Pa, and turbulance flow with average value velocity stream 16,68 m/s.

Keyword : submarine , propeller, hub propeller, CFD

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal selam merupakan kapal yang mampu beroperasi dibawah air dengan

mandiri[1]. Kriteria khusus yang harus dimiliki oleh sebuah kapal selam yaitu kemampuan bermanuver dibawah air, kemampuan untuk memata-matai dan

menyerang dari dasar laut tanpa bisa terdeteksi terlebih dahulu [2].

Sebuah kapal selam didesain untuk tidak lambat dalam pergerakannya dibawah air, namun juga harus bergerak senyap dibawah air tanpa terdeteksi. Untuk dapat bergerak senyap dibawah air, kebutuhan yang paling penting bagi baling-baling kapal selam yaitu rendahnya kebisingan yang ditimbulkan oleh baling-baling tersebut[3].

Jumlah daun baling-baling akan mempengaruhi fluktuasi *thrust* menyebabkan adanya *thrustnoise*. Sudut skew sendiri mempengaruhi fluktuasi torsi dan *thrust* yang meningkatkan terjadinya kavitasi pada propeller. Untuk diameter pada kapal selam ada sedikit pembatasan diameter jika dibandingkan pada kapal permukaan yang normal dan meningkatkan diameter berarti penurunan spesifik gaya dorong baling-baling dan kecepatan aliran rata-rata yang lebih tinggi [3].

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang, maka dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut.

1. Berapakah besar gaya dorong (*thrust*), tekanan (*pressure*) yang dihasilkan pada daun baling-baling dan bentuk aliran turbulen dari masing-masing desain propeller kapal selam dengan variasi sudut kemiringan *hub propeller* tipe *B-Series* ?
2. Bagaimana hasil perbandingan *thrust*, *pressure*, dan aliran turbulensi dari variasi sudut kemiringan *hub propeller* tipe *B-Series* ?
3. Model propeller kapal selam manakah yang optimum digunakan dari model propeller dengan variasi sudut kemiringan *hub propeller* tipe *B-Series*??

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir sehingga sesuai dengan permasalahan

serta tujuan yang diharapkan. Adapun batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. *Propeller* yang digunakan adalah:
 - Diameter : 1.00 [m]
 - Skew Angle : 29.7°
 - Pitch : 1.09
 - Blade Rasio : 0.59
 - No. Of Blade : 8
 - Type : *B-Series*
2. Data *propeller* diambil dari spek *propeller* yang terdapat di dalam jurnal mendekati kesamaan dimensi dari *propeller* tersebut.
3. Variasi sudut kemiringan *hub propeller* adalah 0° , 5°, 10°, 15°
4. Hanya membandingkan desain yang ada.
5. Asumsi aliran di depan *propeller* adalah *steady-uniform*
6. Analisa pada keadaan *open water*.
7. *Thruster* dianalisa pada kondisi keadaan statis sesuai dengan putaran yang diinginkan.
8. Hanya menganalisa distribusi aliran fluida dibelakang *thruster*.
9. Mengabaikan faktor maupun kondisi aliran air (fluida) dari badan propeller.
10. Tidak memperhitungkan analisa biaya.
11. Menggunakan *software* analisa CFD yaitu *Ansys CFX*.
12. Menggunakan metode *Finite Volume Methode*
13. *Boss Cap* berbentuk setengah lingkaran.

1.4 Tujuan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui gaya dorong yang dihasilkan, tekanan yang dihasilkan dan juga bentuk aliran turbulen dari masing-masing desain *propeller* kapal selam dengan variasi sudut kemiringan *hub propeller* tipe *B-Series*.
2. Mendapatkan hasil perbandingan *thrust*, *pressure*, dan aliran turbulensi dari variasi sudut kemiringan *hub propeller* tipe *B-Series*.

3. Mendapatkan model *propeller* kapal selam yang optimum digunakan dari model *propeller* dengan variasi sudut kemiringan *hub propeller* tipe *B - 8 Series*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Propulsor

Propulsor adalah alat yang dapat digunakan untuk memindahkan atau menggerakkan kapal dari suatu tempat ke tempat lainnya. Alat gerak kapal ini kemudian dibedakan menjadi dua, yaitu alat gerak mekanik dan non-mekanik[4].

2.2 Propeller Kapal Selam

Dalam perkembangan dan mendesain *propeller* kapal selam ada beberapa perbedaan dari *propeller* untuk kapal yang berada diatas permukaan air. Kebutuhan yang paling penting untuk *propeller* kapal selam adalah rendahnya tingkat kebisingan yang ditimbulkan. Oleh karena itu, ditakutkan adanya kavitasi yang menimbulkan kebisingan. Kebisingan disini diakibatkan oleh gelembung-gelembung air yang mendidih.

Parameter yang biasanya dapat bervariasi selama proses desain adalah diameter, jumlah blade, sudut rake, distribusi sirkulasi (*pitch* dan *chamber*) dan geometri *trailing edge*. Untuk kapal selam biasanya ada sedikit pembatasan diameter daripada kapal permukaan yang normal dan ketika meningkatkan diameter berarti penurunan spesifik gaya dorong *propeller* dan kecepatan aliran rata-rata yang lebih tinggi [3].

Beberapa hal yang dibutuhkan oleh oleh system propulsi dan juga *propeller*, yaitu [2]:

- Manuver tinggi muncul dan khususnya dalam kondisi menyelam.
- Peningkatan perlindungan dengan mengurangi emisi kebisingan dan dalam melawan hambatan.

- Baling-baling bebas dari kavitasi dengan memadai margin.
- *Propeller* dengan efisiensi tinggi.

2.3 Karakteristik Baling-baling Kapal

Setiap tipe dari masing-masing baling-baling kapal memiliki karakteristik kurva kinerja yang berbeda-beda. Sehingga kajian terhadap karakteristik baling-baling kapal tidak dapat di-generalisasi untuk keseluruhan bentuk atau tipe dari baling-baling. Persamaan sebagai berikut [5]:

$$K_Q = \frac{Q}{\rho \cdot n^2 \cdot D^5} \quad J = \frac{V_a}{nxD} \quad K_T = \frac{T}{\rho \cdot n^2 \cdot D^4}$$

Dimana:

- KT = Koefisien gaya dorong baling-baling
- KQ = Koefisien torsi baling-baling
- J = Koefisien *advanced* baling-baling
- Va = kecepatan *advanced*
- D = diameter *propeller*
- n = putaran *propeller*
- T = *thrust propeller*
- Q = *torque propeller*
- ρ = massa jenis fluida (*fluid density*)

2.4 Computational Fluid Dynamics

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan CFD untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas dan reaksi kimia yang melibatkan satu atau semua fenomena diatas[6].

Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

- a. *Pre Processor*
- b. *Solver Manager*
- c. *Post Processor*

2.5 Teori Baling – Baling

Dalam teori baling-baling dijelaskan bahwa pada awalnya teori baling-baling

dijelaskan dengan cara yang sangat sederhana, yaitu berdasarkan prinsip kerja mur dan baut (*screw & nut*)[3].

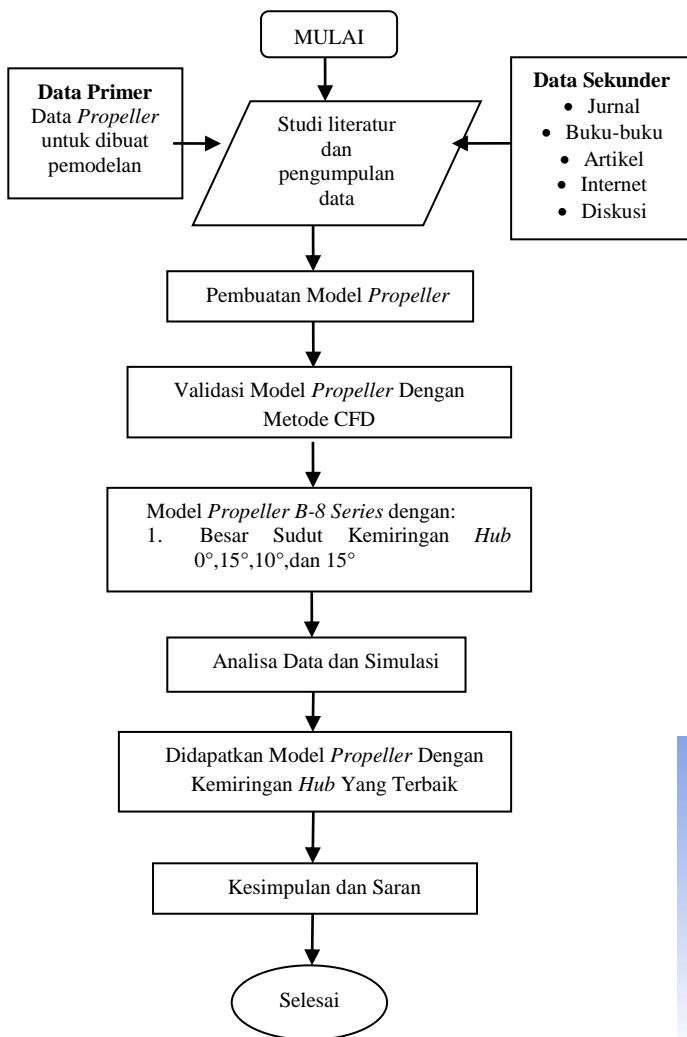
2.5.1. Teori Momentun Baling – Baling

Gaya dorong yang dihasilkan oleh bekerjanya baling-baling adalah disebabkan oleh adanya perbedaan momentum yang terjadi pada waktu daun baling-baling bergerak difluida [5].

Adanya arus air karena berputarnya baling-baling di air akan timbul gaya reaksi yang dihasilkan oleh daun baling-baling. Gaya tersebut merupakan gaya dorong atau *thrust*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

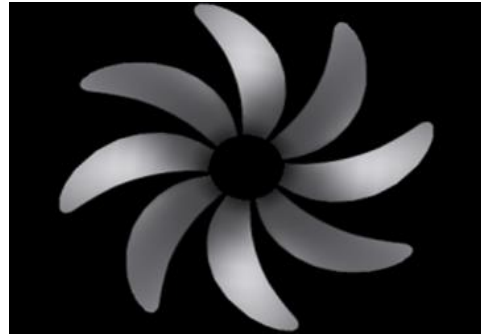


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

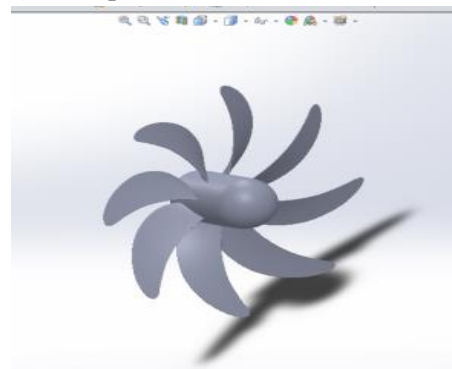
4.1. Pembuatan Model

Data ukuran utama *propeller* diolah menggunakan *software* pemodelan *propeller* yang merupakan *software* pengolah koordinat baling – baling.



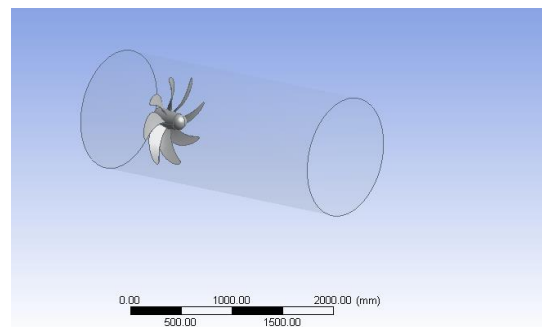
Gambar 2. *Software* Pemodelan *Propeller*

Selanjutnya dilakukan pembuatan 3D model untuk diolah menjadi benda solid sebelum dimasukkan ketahap analisa, pemodelan 3D tersebut menggunakan *software* pemodelan 3d.



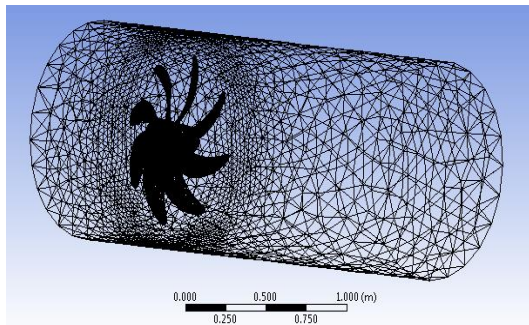
Gambar 3. *Software* Pemodelan 3D

Tahap selanjutnya yaitu *geometry* dimana model dilakukan pengecekan apakah model sudah *solid*. Lalu dilakukan pembentuk *boundary* pada bidang sumbu x y z dan pendefinisian setiap bagian *boundary* seperti pengaturan inlet, outlet, dan wall.



Gambar 4. Tahap *Geometry*

Selanjutnya tahap *meshing* untuk menentukan ukuran tiap elemen dan mengatur kedetailan melalui ukuran elemen yang kita gunakan.



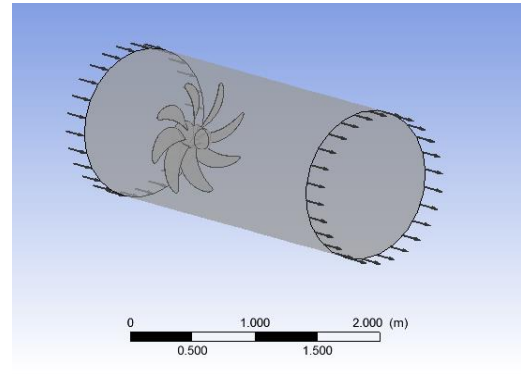
Gambar 5. Tahap *Mesh*

Selanjutnya kita mengatur setiap kriteria yang kita gunakan dengan mengatur *Set-up*. *Set-up* yang digunakan merupakan kriteria yang telah di validasi dahulu sebelumnya sehingga mendapatkan hasil yang memiliki *error* tidak jauh dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Berikut *Domain Physics* yang digunakan.

Tabel 1. *Domain Default*

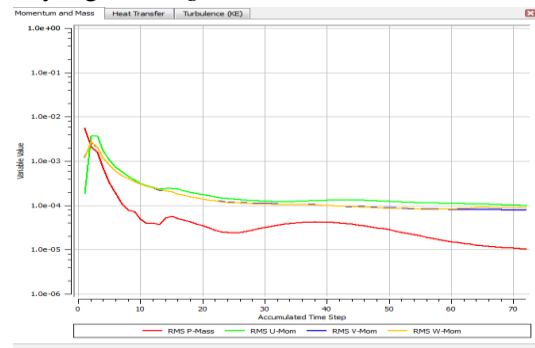
Domain - Default Domain	
Type	Fluid
Location	B342
<i>Materials</i>	
Water	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
<i>Settings</i>	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Rotating
Angular Velocity	[rev min ⁻¹]
Axis Definition	Coordinate Axis
Rotation Axis	Coord 0.1
Reference Pressure	1.0000e+00 [atm]
Heat Transfer Model	Isothermal
Fluid Temperature	2.5000e+01 [C]
Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable

Berikut merupakan gambar dari pengaturan *set-up* pada *boundary* yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.



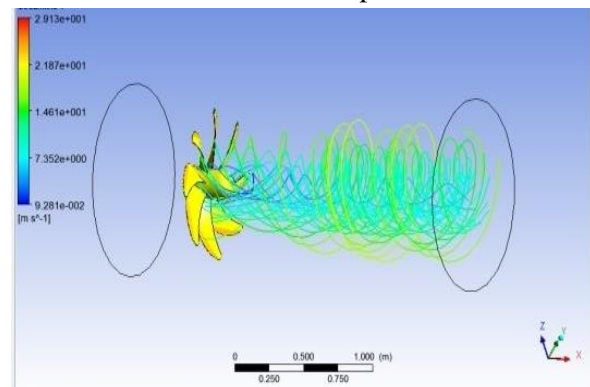
Gambar 6. *Boundary Set-up*

Tahap *solution* yaitu tahap dimana *boundary* yang telah diberi kriteria dilakukan iterasi hingga didapatkan hasil yang *convergence*.



Gambar 7. *Convergence model*

Tahap akhir yaitu tahap *post* dimana kita mendapatkan hasil yang dapat disimulasikan baik 3D ataupun 2D.



Gambar 8. *Result model*

4.2 Validasi Model

Validasi digunakan untuk menentukan *boundary condition* yang tepat untuk menganalisa 4 model *propeller*. Acuan model untuk divalidasi diambil dari pengujian propeller kapal selam, yaitu *propeller* yang digunakan tipe *B-8 series*

sudut kemiringan *hub* 0° ,berikut data *propeller* untuk di validasi :

- Diameter propeller : 1,00 m
- Jumlah blade : 8
- Pitch/diameter : 1,09
- Skew, Degree : $29,7^\circ$

Pada penelitian tersebut diambil rpm yang mendekati rpm yang digunakan pada jurnal. Pada hasil perhitungan dengan CFD pada *software* berbasis CFD adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Perbandingan Hasil uji coba dengan simulasi CFD

Kecepatan Rotasi (rpm)	Hasil uji coba Coeffisien Thrust (K_T)	Hasil simulasi CFD (K_T)	Error (%)
450	0,098	0,092	6,1 %

Kecepatan Rotasi (rpm)	Hasil uji coba Coeffisien Torque (K_Q)	Hasil simulasi CFD (K_Q)	Error (%)
450	0,0143	0,0147	2,8 %

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pembahasan Perbandingan Thrust pada 450 dan 500 Rpm

Dari hasil analisa *thrust* tertinggi pada 450 rpm yaitu *propeller B-8 Series* dengan kemiringan *hub propeller* 5° dengan nilai 19246,8 N, sedangkan pada 500 rpm yaitu dengan sudut kemiringan *hub propeller* 5° dengan nilai 22150,2 N Seperti yang telah terdapat pada (tabel 3) berikut :

Tabel 3. Tabel Thrust Propeller

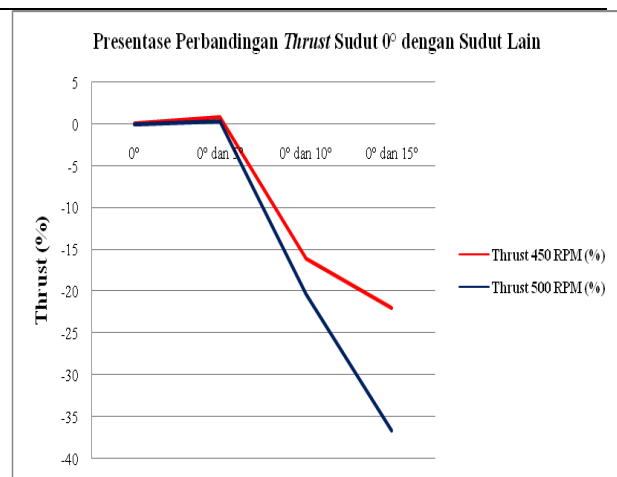
	Sudut 0°	Sudut 5°	Sudut 10°	Sudut 15°
Thrust (N) 450 RPM	19095,4	19246,8	16028	14896,9
Thrust (N) 500 RPM	22078,9	22150,2	17581,3	13986,9

Dari hasil analisa *thrust* dilakukan perbandingan nilai *thrust* antara sudut 0°

dengan sudut lainnya seperti yang telah terdapat pada (tabel 4) berikut:

Tabel 4. Tabel Presentase Perbandingan Thrust Sudut 0° dengan Sudut Lain.

	0°	0° & 5°	0° & 10°	0° & 15°
Thrust 450 RPM (%)	0	0.79	-16.06	-21.99
Thrust 500 RPM (%)	0	0.32	-20.37	-36.65



Gambar 9. Grafik Presentase Perbandingan Thrust

4.3.2 Pembahasan Perbandingan Torque pada 450 dan 500 Rpm

Dari hasil analisa *torque* terkecil pada 450 rpm yaitu *propeller B-8 Series* dengan kemiringan *hub propeller* 15° dengan nilai 2302,36 N.m, sedangkan pada 500 rpm yaitu dengan kemiringan *hub propeller* 15° dengan nilai 2263,72 N.m Seperti yang telah terdapat pada (tabel 5) berikut ::

Tabel 5. Tabel Torque Propeller Pada 450 RPM

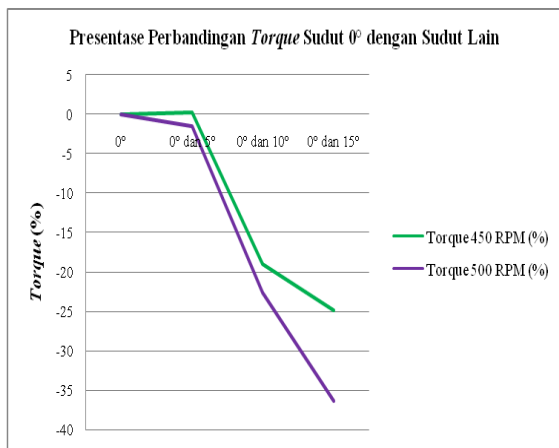
	Sudut 0°	Sudut 5°	Sudut 10°	Sudut 15°
Torque (N.m) 450 RPM	3064,7	3072,71	2482,98	2302,36
Torque (N.m) 500 RPM	3553,62	3499,59	2751,59	2263,72

Dari hasil analisa *torque* dilakukan perbandingan nilai *torque* antara sudut

0° dengan sudut lainnya seperti yang telah terdapat pada (tabel 6) berikut :

Tabel 6. Tabel Presentase Perbandingan *Torque* Sudut 0° dengan Sudut Lain

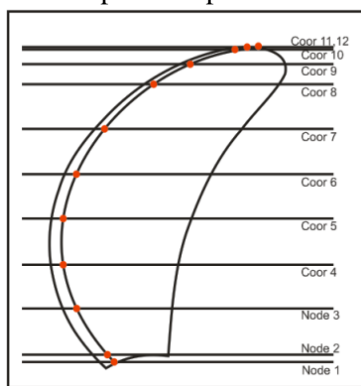
	0°	0° & 5°	0° & 10°	0° & 15°
Torque 450 RPM (%)	0	0.26	-18.98	-24.87
Torque 500 RPM (%)	0	-1.52	-22.57	-36.30



Gambar 10. Grafik Presentase Perbandingan *Torque*

4.3.3 Pembahasan Perbandingan *Pressure* pada 450 dan 500 Rpm

Berikut adalah koordinat dari setiap titik dan garis yang digunakan untuk menentukan *pressure* pada analisa.



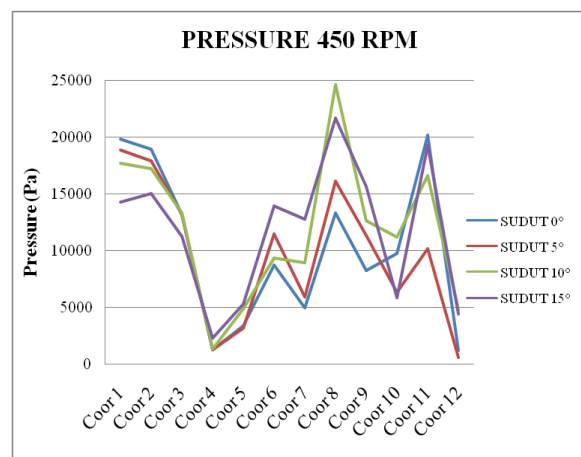
Gambar 11. Koordinat *Pressure*

Dari hasil analisa pada 450 rpm *propeller* B-8 dengan kemiringan *hub propeller* 5° memiliki *pressure* terendah

senilai 9717,12 Pa, Seperti yang telah terdapat pada (tabel 7) berikut :

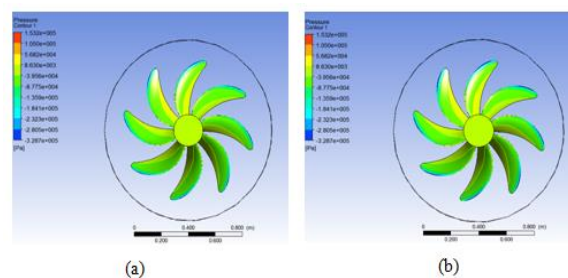
Tabel 7. Tabel *Pressure* Pada 450 RPM

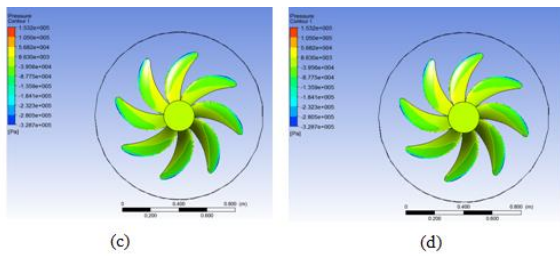
	0°	5°	10°	15°
Coor 1	19839,3	18868,9	17753.5	14304.2
Coor 2	18946,8	17931,3	17222.5	15052.5
Coor 3	13217,8	13210,2	13307.8	11246.3
Coor 4	1273,38	1266,6	1387.19	2307.77
Coor 5	3413,4	3209,67	4891.66	5301.31
Coor 6	8777,35	11491,4	9374.49	13950.4
Coor 7	4964,56	5971,21	8985.78	12772.1
Coor 8	13349	16148	24602.6	21714.9
Coor 9	8248,47	11325,4	12668.5	15694.7
Coor 10	9756,77	6364,27	11200.2	5880.95
Coor 11	20162,7	10204,9	16649.7	19274.9
Coor 12	1205,82	613,56	4862.55	4463.45
Total	123155,3	116605,4	142906.4	141981,4
Rata-Rata	10262,9	9717,1	11908.8	11831,7



Gambar 12. Grafik *Pressure* pada 450 rpm

Pada simulasi *conture* didapatkan *propeller* B-8 dengan sudut kemiringan *hub propeller* 5° memiliki nilai *pressure* yang rendah.



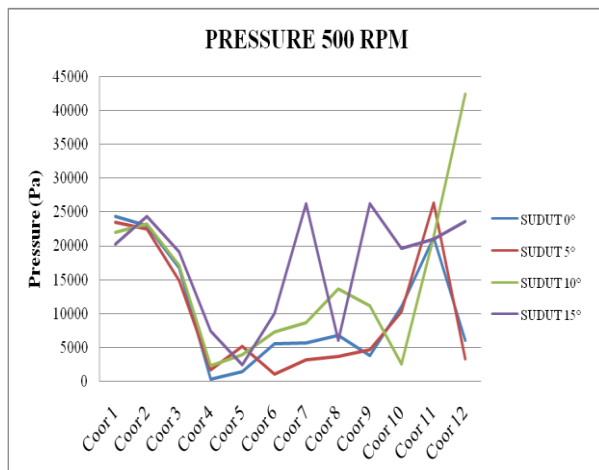


Gambar 13. *Pressure Contour* pada back side 450 RPM setiap sudut Hub (a) 0°, (b) 5°, (c) 10°, (d) 15°

Dari hasil analisa pada 500 rpm *propeller* B-8 dengan kemiringan *hub propeller* 5° memiliki *pressure* terendah senilai 10034,62 Pa, Seperti yang telah terdapat pada (tabel 8) berikut:

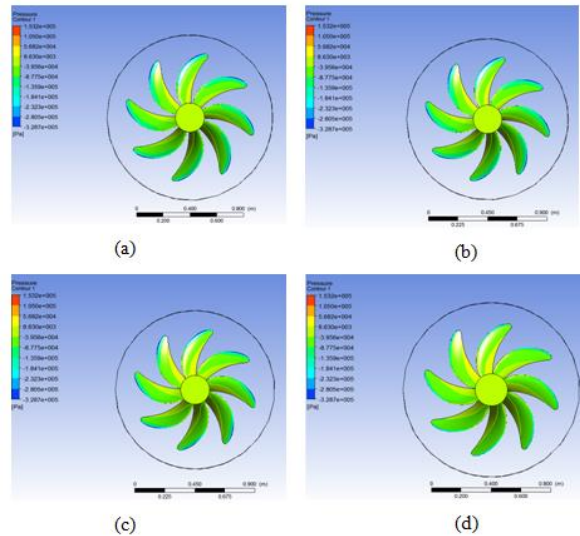
Tabel 8. Tabel *Pressure* pada 500 RPM

	0°	5°	10°	15°
Coor 1	24378,2	23484,5	21994,5	20264,1
Coor 2	23011,5	22467,1	23207,3	24404,2
Coor3	16811	14922,1	17169,3	19210,1
Coor 4	375,92	1622,74	2335,58	7427,2
Coor 5	1543,95	5199,02	3891,61	2466,98
Coor 6	5616,03	1060,7	7333,61	10066,2
Coor 7	5697,23	3212,31	8699,06	26227,2
Coor 8	6827,72	3673,98	13621,6	6131,74
Coor 9	3819,94	4691,29	11175,9	26245,8
Coor 10	11084,9	10356	2527,97	19627,4
Coor11	21283,5	26395,7	21304,9	21023,6
Coor 12	6098,77	3329,94	42375,6	23677,4
Total	126548,66	120415,38	175636,93	2006771,92
Rata-Rata	10545,72	10034,62	14636,41	17230,99



Gambar 14. Grafik *Pressure* pada 500 rpm

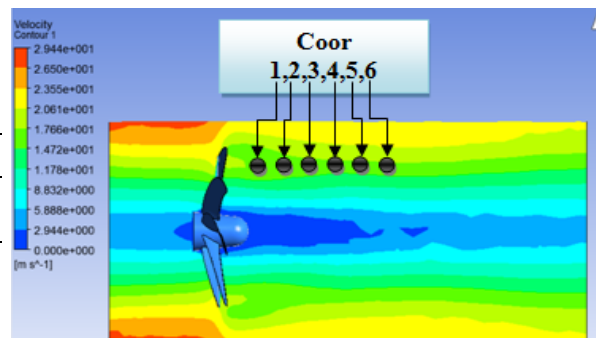
Pada simulasi *conture* didapatkan *propeller* B-8 dengan sudut kemiringan *hub propeller* 5° memiliki warna dengan nilai *pressure* yang rendah.



Gambar 15. *Pressure Contour* pada back side 500 RPM setiap sudut Hub (a) 0°, (b) 5°, (c) 10°, (d) 15°

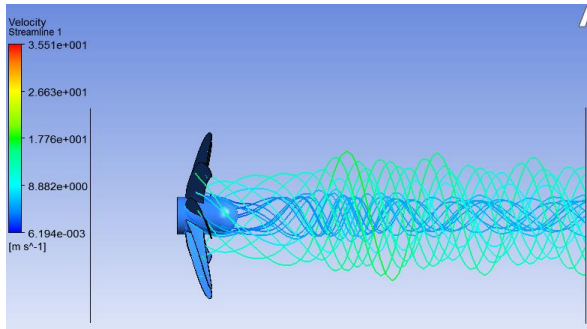
4.3.4 Pembahasan Perbandingan Simulasi Turbulensi pada 450 dan 500 Rpm.

Berikut adalah koordinat untuk menentukan kecepatan rata - rata pada analisa:

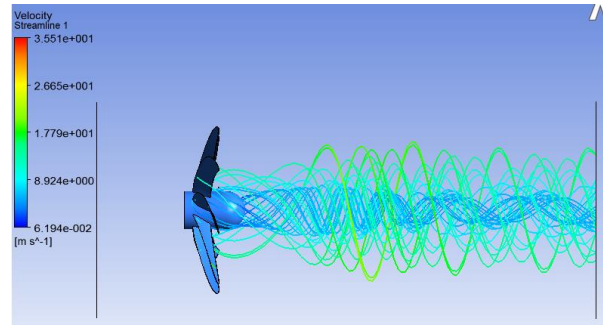


Gambar 16. Koordinat *Velocity*

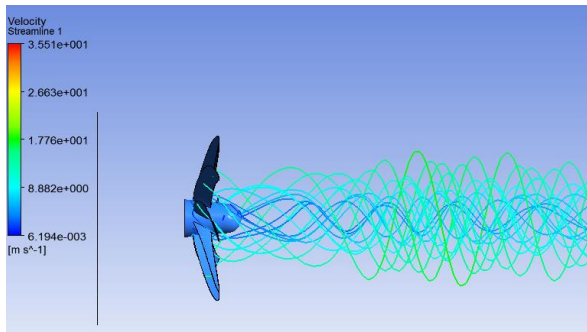
Setelah dibandingkan pada putaran 450 rpm didapatkan bentuk aliran paling baik pada *propeller* B-8 series dengan sudut kemiringan *hub* 10° dengan nilai kecepatan rata-rata 16,68 m/s, berikut simulasi aliran *propeller* :



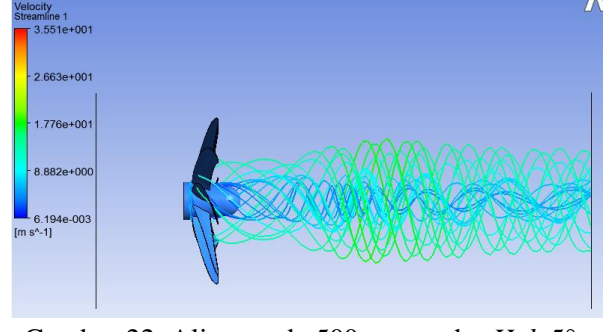
Gambar 17. Aliran pada 450 rpm sudut *Hub* 0°



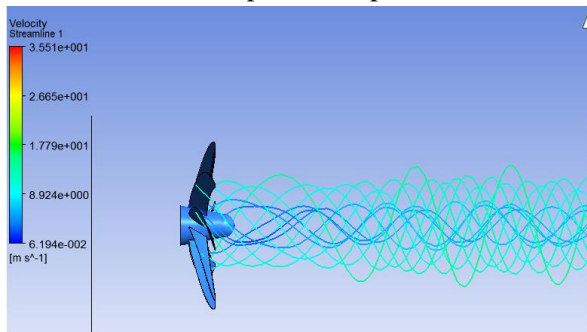
Gambar 21. Aliran pada 500 rpm sudut *Hub* 0°



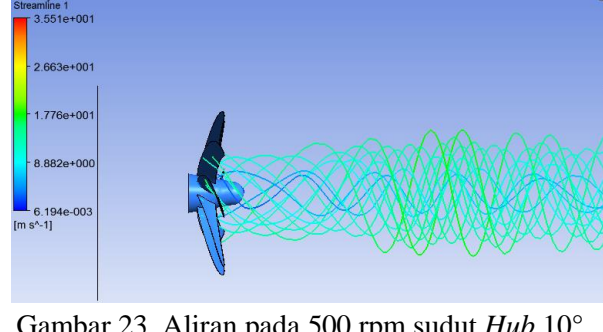
Gambar 18. Aliran pada 450 rpm sudut *Hub* 5°



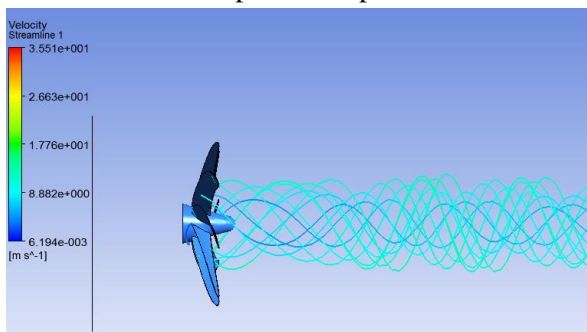
Gambar 22. Aliran pada 500 rpm sudut *Hub* 5°



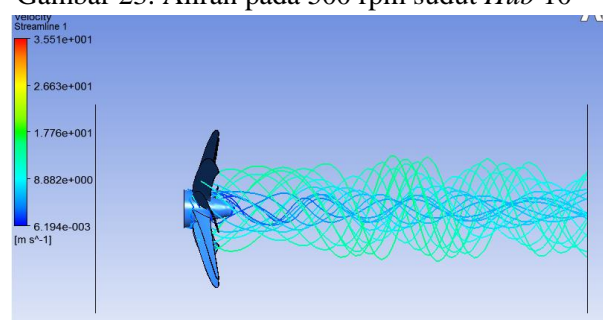
Gambar 19 Aliran pada 450 rpm sudut *Hub* 10°



Gambar 23. Aliran pada 500 rpm sudut *Hub* 10°



Gambar 20. Aliran pada 450 rpm sudut *Hub* 15°



Gambar 24. Aliran pada 500 rpm sudut *Hub* 15°

Lalu dilakukan pengujian lagi pada putaran 500 rpm namun tetap didapatkan aliran terbaik pada *propeller B-8 series* dengan sudut kemiringan *hub* 5° dengan nilai kecepatan rata-rata 17,39 m/s , berikut simulasi aliran *propeller*

Dari penyajian gambar, grafik dan tabel di atas, menunjukkan perbandingan sifat *propeller* yang didapatkan pada tabel berikut:

Tabel 9. Hasil Nilai *Propeller*

	SUDUT 0°	SUDUT 5°	SUDUT 10°	SUDUT 15°	
Thrust (N)	19095.4	19246.8	16028	14896.9	
Torque (N.m)	450	3064.7	3072.71	2482.98	2302.36
Pressure (Pa)	10262.95	9717.12	11908.87	11831.79	

Thrust (N)		22078.9	22150.2	17581.3	13986.9
Torque (N.m)	500 RPM	3553.62	3499.59	2751.59	2263.72
Pressure (Pa)		10545.72	10034.62	14636.41	17230.99

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan analisa model *propeller B-8 Series* dengan variasi sudut kemiringan *hub propeller* dengan Rpm model yaitu 450 Rpm didapatkan hasil sebagai berikut, pada sudut kemiringan *Hub 0°* memiliki *thrust* sebesar 19095,4 N, rata-rata tekanan pada *propeller* 10262,95 Pa dengan kecepatan rata - rata 15,26 m/s. Untuk sudut kemiringan *Hub 5°* memiliki *thrust* sebesar 19246,8 N, rata-rata tekanan pada *propeller* 9717,12 Pa dengan kecepatan rata - rata 16,65 m/s. Untuk sudut kemiringan *Hub 10°* *thrust* sebesar 16028 N, rata-rata tekanan pada *propeller* 11908,87 Pa dengan kecepatan rata - rata 16,68 m/s. Untuk sudut kemiringan *Hub 15°* memiliki *thrust* sebesar 14896,9 N, rata-rata tekanan pada *propeller* 11831,79 Pa dengan kecepatan rata - rata 16,88 m/s.
2. Perbandingan dari setiap sudut kemiringan *hub propeller* pada 450 RPM yaitu, *thrust* terbesar pada 450 RPM senilai 19246,8 N dengan kemiringan *hub propeller 5°*. *Pressure* terkecil senilai 9717,12 Pa dengan kemiringan *hub propeller 5°*. Bentuk aliran turbulensi terbaik yaitu 16,68 m/s dengan kemiringan *hub propeller 10°*.
3. *Propeller* yang optimum digunakan pada kapal selam *Midget Type 150 m* yaitu yaitu *Propeller B – 8 series* dengan sudut kemiringan *hub propeller 10°* dengan nilai *thrust* sebesar 16028 N, rata-rata tekanan 11908,87 Pa, dan aliran turbulen

dengan kecepatan rata - rata 16,68 m/s dengan bentuk aliran terbaik.

6. Daftar Pustaka

- [1] Clarendon Press, Oxford, *The New Shorter Oxford English Dictionary*, English,1993, Vol. 2 N-Z
- [2] Prof Joulbert, P.N, 2004, *Some Aspect of Submarine Design Part 1 Hydrodynamics*, Australian Government: Australian
- [3] Poul Anderson, Jens J.Kappel, Eugen Spangenberg, 2009, *Aspects of Propeller Developments for a Submarine*, Department
- [4] Harvald, Sv, Aa. 1992. *Tahanan dan Propulsi Kapal*. Surabaya : Airlangga University Press
- [5] Carlton, J.2007. *Marine Propellers and Propulsion, 2nd Edition*. Butterworth-Heinemann
- [6] Huda,Nurul, 2013, *Analisa pengaruh Energy Saving Device pada Propeller dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang