

ANALISA PERBANDINGAN *PROPELLER* KAPAL SELAM TIPE *B-SERIES* DAN *AU- OUTLINE GAWN SERIES* PADA KAPAL SELAM *MIDGET TYPE 150M* UNTUK MENGOPTIMALKAN KINERJA KAPAL SELAM DENGAN METODE CFD

Insanu Abdilla Cendikia Abar¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾
¹⁾Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Email : insanu.abar.93@gmail.com

ABSTRAK

Baling – baling pada kapal selam membutuhkan beberapa kriteria khusus yaitu baling – baling yang dapat memberikan gaya dorongan besar dengan kebisingan yang rendah. Maka desain baling – baling harus memiliki nilai *thrust* besar, nilai tekanan rendah, dan aliran baling-baling yang halus. Penelitian ini membandingkan 4 jenis baling - baling yaitu B-7 series, B - 8 series, Au – 7 Outline Gawn Series dan Au – 8 Outline Gawn series dengan membedakan beberapa aspek yaitu diameter, jumlah daun, sudut skew, dan pitch. Sehingga didapatkan jenis baling – baling yang optimum untuk kapal selam *midget type 150m* 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 pada Rpm 500 dengan nilai *thrust* 25481 N, nilai *torque* 3927 N m, nilai rata-rata *pressure* 10608,92 Pa dan aliran turbulensi dengan nilai kecepatan aliran rata - rata dibawah 14,33 m/s.

Kata kunci : Kapal Selam, Propeller, CFD

ABSTRACT

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 type of propeller that are B – 7 series, B – 8 series, Au – 7 Outline gawn series, and Au – 8 outline gawn series with some different aspek that is diameter, sum of blade, skew angle and pitch. So we get the optimum propeller for submarine midget type 150m 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 500 rpm with thrust value 25481 N, torque value 3927 Nm, average value pressure 10608,92 Pa, and turbulence flow with average value velocity stream under 14,33 m/s.

Keyword : Submarine, Propeller, CFD

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal selam merupakan kapal yang mampu beroperasi dibawah air dengan mandiri^[1] Kebutuhan perang Kapal selam perang dengan lambung yang efektif yang dirancang untuk beroperasi benar-benar tenggelam dilaut untuk waktu lama, dilengkapi dengan periskop dan biasanya di persenjatai dengan torpedo atau rudal^[2].

Kapal selam untuk perang memiliki kriteria-kriteria khusus yang harus dipenuhi. Dari kemampuan bermanuver dibawah air, kemampuan untuk menyelip atau pun memata-matai dan menyerang dari dasar laut tanpa terdeteksi terlebih dahulu.

Dalam kemampuan memata-matai Kapal selam didesain untuk tidak lambat dalam pergerakan dibawah air namun dalam pergerakannya dapat bergerak senyap dibawah air tanpa terdeteksi.

Pemilihan jumlah daun baling - baling, sudut skew, diameter dan jenis baling - baling didasari oleh besar kecilnya pengaruh terhadap dampak kavitasi yang ditimbulkan. Untuk sudut *skew* sangat berpengaruh pada fluktuasi torsi dan *thrust* yang meningkatkan terjadinya kavitasi pada propeller. Sedangkan jumlah baling - baling mempengaruhi pada fluktuasi *thrust* yang menyebabkan adanya *thrust noise* sehingga dipilih baling - baling minimum 7 untuk mengurangi hal tersebut. Untuk kapal selam biasanya ada sedikit pembatasan diameter dari 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 ada terdapat pada latar belakang, maka diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah gaya dorong yang dihasilkan, tekanan yang dihasilkan pada daun baling - baling dan bentuk aliran turbulen dari masing - masing desain propeller kapal selam dengan variasi diameter, jumlah daun dan sudut skew menggunakan tipe propeller B-series dan Au - outline gawn Series ?
2. Bagaimana hasil perbandingan *thrust*, *pressure* dan aliran turbulensi dari variasi *propeller B-Series* dan variasi *Au - outline gawn series* ?
3. Mencari model *propeller* kapal selam yang optimum dengan *thrust* terbesar, *pressure* yang rendah dan aliran turbulensi terkecil dari keempat variasi model *propeller* ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah di gunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir, sehingga sesuai dengan permasalahan dan permasalahan yang ditentukan. Batasan permasalahan yang di bahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Propeller 1 yang digunakan adalah
Diameter : 0.94 [m]
Skew Angle : 31.6 [degree]
Pitch : 1.04
Blade Rasio : 0.61
No. Of Blade : 7
Type : B-Series
2. Propeller 2 yang digunakan adalah
Diameter : 1.00 [m]
Skew Angle : 29.7 [degree]
Pitch : 1.09
Blade Rasio : 0.59
No. Of Blade : 8
Type : B-Series
3. Propeller 3 yang digunakan adalah
Diameter : 0.94 [m]
Skew Angle : 31.4 [degree]
Pitch : 1.21
Blade Rasio : 0.59
No. Of Blade : 7

- Type : Au outline gawn series
4. Propeller 4 yang digunakan adalah
 - Diameter : 1.0125[m]
 - Skew Angle : 29.6 [degree]
 - Pitch : 1.09
 - Blade Rasio : 0.59
 - No. Of Blade : 8
 - Type : Au outline gawn series
 5. Data propeller diambil dari spek propeller yang terdapat di dalam jurnal mendekati kesamaan dimensi dari propeller tersebut.
 6. Hanya membandingkan desain yang ada.
 7. Asumsi aliran di depan propeller steady-uniform
 8. Analisa pada keadaan open water.
 9. Kondisi thruster akan dianalisa pada keadaan statis sesuai dengan putaran yang dikehendaki.
 10. Hanya menganalisa distribusi aliran fluida di belakang thruster.
 11. Analisis yang dilakukan dengan mengabaikan faktor maupun kondisi aliran air (fluida) dari badan propeller.
 12. Analisis biaya tidak diperhitungkan.
 13. Menggunakan *Ansys CFX* sebagai *software* analisa CFD
 14. Menggunakan metode Finite Volume Methode
 15. Boss Cap menggunakan bentuk setengah lingkaran
 16. Kemiringan pada Boss yaitu 10 derajat dari belakang propeller hingga boss cap
 17. Tidak melakukan variasi bentuk Boss atau Hub
 - 18.

1.4 Tujuan Masalah

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

1. Mengetahui gaya dorong yang dihasilkan, tekanan yang dihasilkan pada daun baling - baling dan bentuk aliran turbulen dari masing - masing desain propeller kapal selam dengan

variasi diameter, jumlah daun dan sudut skew menggunakan tipe propeller B-series dan Au – outline gawn Series .

2. Mendapat hasil perbandingan *thrust*, *pressure* dan aliran turbulensi dari variasi propeller B-Series dan variasi Au – outline gawn series
3. Mendapatkan model propeller kapal selam yang optimum dengan *thrust* terbesar, *pressure* yang rendah dan aliran turbulensi terkecil dari keempat variasi model *propeller*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Propeller Kapal Selam

Desain dan pengembangan baling-baling untuk kapal selam dalam beberapa hal berbeda dari baling-baling untuk Kapal yang berada dipermukaan. Kebutuhan yang paling penting bagi baling-baling kapal selam adalah rendahnya kebisingan yang ditimbulkan. Dalam langkah-langkah proses desain prosedur desain yaitu termasuk perkiraan kecepatan ^[3]. Hal itu disebabkan ditakutkannya adanya kavitasi yang menimbulkan kebisingan. Kavitasi sendiri terjadi karena peningkatan kecepatan dan penurunan tekanan yang menyebabkan mendidihnya air lalu terjadilah gelembung kavitasi. Gelembung tersebut bercampur dengan gas lain disekitar yang menyebabkan terjadinya aliran kavitasi^[4]. Dari aliran kavitasi tersebut menyebabkan terjadinya kebisingan yang harus dihindari dalam mendesain propeller kapal selam.

Dalam merancang kapal selam ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu^[2] :

- Akustik yang rendah, optik, elektromagnetik, termal dan gelombang komunikasi
- Manuver dan propulsi dengan kualitas tinggi.
- Peningkatan perlindungan pasif dengan mengurangi kebisingan emisi dan baik dalam melawan hambatan.

- Baling-baling benar-benar bebas dari kavitasi dengan memadai margin
- Baling-baling dengan efisiensi tinggi

2.2 Computational Fluid Dynamics

Computational Fluid Dynamics (CFD)^[5], 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.

Computational Fluid Dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

- Pre Processor
- Solver Manager
- Post Processor

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-generalised untuk keseluruhan bentuk atau tipe dari baling-baling. Persamaan sebagai berikut^[8] :

$$KT = \frac{T}{\rho n^2 D^4}$$

$$KQ = \frac{Q}{\rho n^2 D^4}$$

$$J = \frac{Va}{nxD}$$

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 Teori Baling – Baling

2.4.1. Teori Momentum Baling – Baling

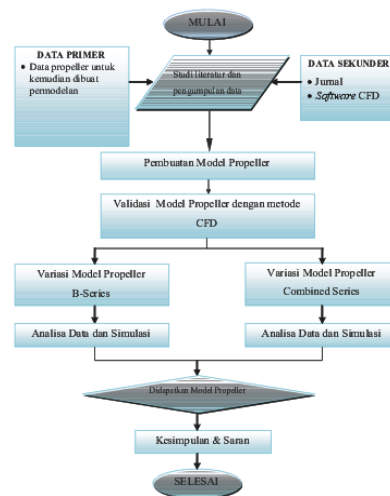
gaya dorong yang dihasilkan oleh bekerjanya baling-baling adalah disebabkan oleh adanya perbedaan momentum yang terjadi pada waktu daun baling-baling bergerak di fluida.

Adanya arus air karena berputarnya baling-baling di air, maka akan timbul gaya reaksi yang merupakan gaya yang dihasilkan oleh daun baling-baling. Gaya tersebut merupakan gaya dorong atau *thrust*^[7].

3. METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Metodologi penelitian adalah kerangka dasar dari tahapan penyelesaian tugas akhir. Metodologi tersebut mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan tugas akhir ini. Tahapannya digambarkan dalam flowchart berikut:

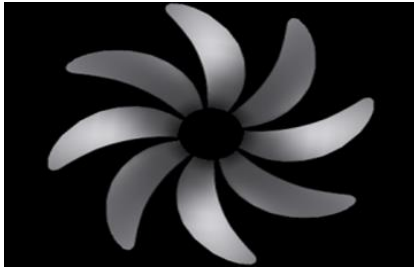


Gambar. 1 Diagram Alir Penelitian

4. PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan Model

Data ukuran utama propeller diolah menggunakan software Pemodelan Propeller (gambar. 2) yang merupakan software pengolah koordinat baling – baling.



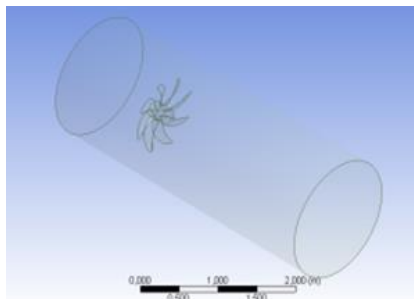
Gambar. 2 Software Propeller

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



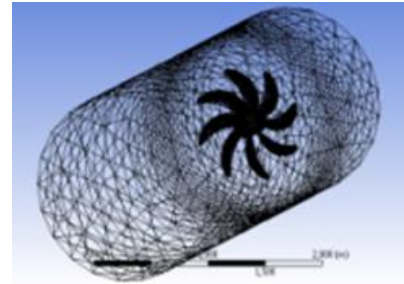
Gambar. 3 Software 3D

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.



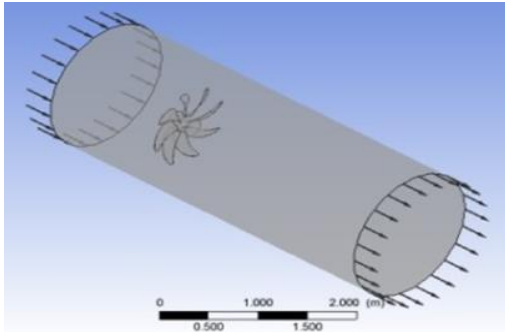
Gambar. 5 Tahap Mesh

selanjutnya kita mengatur setiap kriteria yang kita gunakan dengan mengatur *Set-up*. *Set-up* yang digunakan merupakan kriteria yang telah kita 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

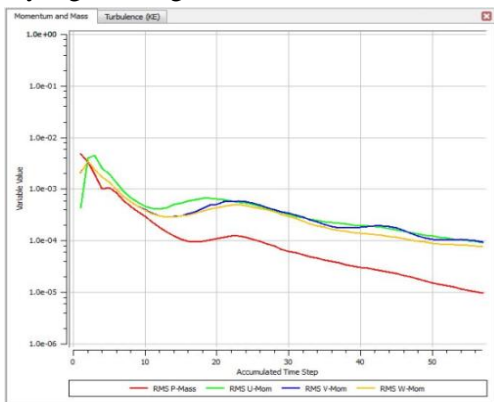
Domain - Default Domain	
Type	Fluid
Location	B79
<i>Materials</i>	
Water	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
<i>Settings</i>	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Rotating
Angular Velocity	[rev min ⁻¹]
Axis Definition	Coordinate Axis
Rotation Axis	Coord 0.1
Reference Pressure	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.



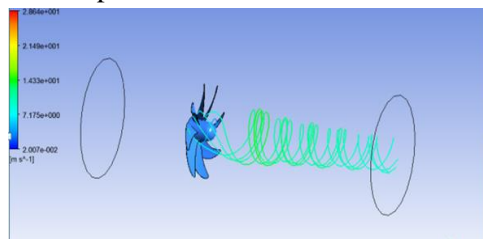
Gambar. 6 *Boundary Set-up*

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 [3] yaitu *propeller* yang digunakan

type Au-7 series, berikut data *propeller* untuk di validasi :

- Diameter propeller : 1,00 m
- Jumlah blade : 7
- Pitch/diameter : 1,03
- Skew, Degree : 30,8

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 [3] dengan simulasi CFD

Kecepatan Rotasi (rpm)	HasilujicobaCo effision Thrust (K_T)	Hasilsimulasi CFD (K_T)	Erro r (%)
500	0.2594	0.2458	5.23 %

4.3 Pembahasan

4.3.1 Pembahasan Perbandingan *Thrust* Pada 500 dan 450 Rpm

Dari hasil analisa thrust tertinggi pada 500 rpm yaitu propeller Au -8 dengan nilai 27742 N. Seperti yang telah terdapat pada (tabel 3) berikut :

Tabel. 3 Tabel *Thrust Propeller* Pada 500 RPM

	Au- 8	Au-7	B - 8	B - 7
Thrust(N)	27742	11967	25481	22436

Dari hasil analisa thrust tertinggi pada 450 rpm yaitu propeller Au -8 dengan nilai 23683 N. Seperti yang telah terdapat pada (tabel 4) berikut:

Tabel. 4 Tabel *Thrust Propeller* Pada 450 RPM

	Au- 8	Au-7	B - 8	B - 7
Thrust (N)	23683	11723	20347	21009

4.3.2 Pembahasan Perbandingan *Torque* Pada 500 dan 450 Rpm

Dari hasil analisa didapatkan torque terbesar pada 500 rpm yaitu propeller Au-8 dengan nilai 4330 N. Dan hasil propeller lain dapat dilihat pada (tabel 5) berikut:

Tabel. 5 Tabel *Torque Propeller* Pada 500 RPM

	Au- 8	Au-7	B - 8	B - 7
<i>Torque</i> (N m)	4330	2153	3927	3543

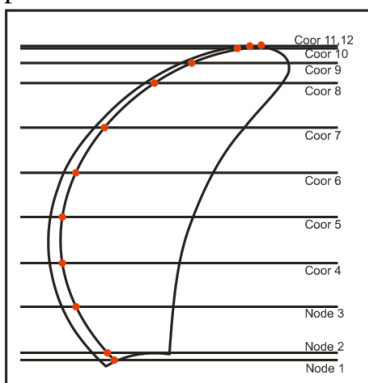
Dari hasil analisa didapatkan torque terbesar pada 450 rpm yaitu propeller Au-8 dengan nilai 3532 N. Seperti yang telah terdapat pada (tabel 6) berikut :

Tabel. 6 Tabel *Torque Propeller* Pada 450 RPM

	Au- 8	Au-7	B - 8	B - 7
<i>Torque</i> (N m)	3532	2001	2975	3063

4.3.3 Pembahasan Perbandingan *Pressure* Pada 500 dan 450 Rpm

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



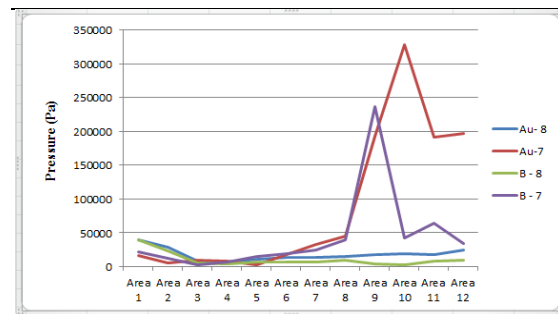
Gambar. 9 Koordinat *Pressure*

Dari hasil analisa pada 500 rpm propeller B-8 memiliki *pressure* terendah senilai 10608,9 Pa, Seperti yang telah terdapat pada (tabel 7) berikut :

Tabel. 7 Tabel *Pressure* Pada 500 RPM

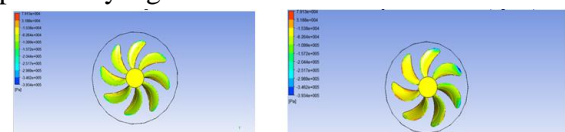
	Au- 8	Au-7	B - 8	B - 7
Coor 1	39690	16479	40035	21853
Coor 2	28473	5257	23101	12485

Coor 3	8253	9013	5313	3045
Coor 4	6880	8382	3685	7290
Coor 5	11318	2757	7457	15129
Coor 6	14025	18272	6276	18703
Coor 7	14151	33093	7211	25262
Coor 8	15567	45149	9177	39539
Coor 9	17938	192631	4489	236369
Coor 10	19436	328025	2749	41843
Coor 11	17651	191291	7652	63936
Coor 12	23954	197513	10162	33567
Total	18111,3	87321,8	10608,9	43251,8

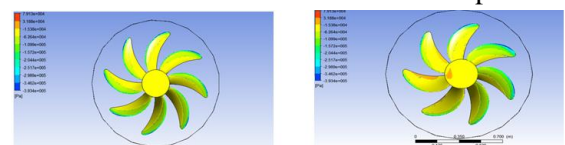


Gambar. 10 Grafik *Pressure* pada 500 rpm

Pada simulasi *conture* didapatkan propeller B-8 memiliki warna dengan nilai *pressure* yang rendah.



Gambar. 11 *Pressure* Au-8 dan Au-7 Rpm 500

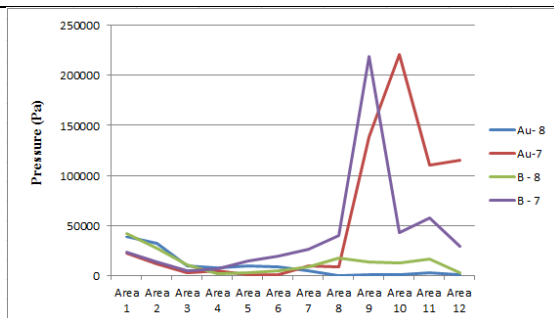


Gambar. 12 *Pressure* B-8 dan B-7 Rpm 500

Dari hasil analisa pada 450 rpm propeller Au-8 memiliki *pressure* terendah senilai 9906,25 Pa, Seperti yang telah terdapat pada (tabel 8) berikut:

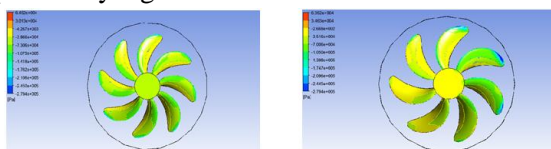
Tabel. 8 Tabel *Pressure* pada 450 RPM

	Au- 8	Au-7	B - 8	B - 7
Coor 1	39372	22164	41678	23312
Coor 2	32501	11360	27578	13186
Coor 3	9734	2629	10748	4632
Coor 4	7571	5051	1861	6512
Coor 5	9785	1375	3131	14561
Coor 6	8586	1075	4890	19879
Coor 7	4666	10072	9109	26123
Coor 8	384	8463	17788	40319
Coor 9	754	138296	13277	218617
Coor 10	1247	220485	12772	42823
Coor 11	3402	109923	16445	57914
Coor 12	873	114993	2981	29001
Total	9906,2 5	53823, 8	13521, 5	41406, 6

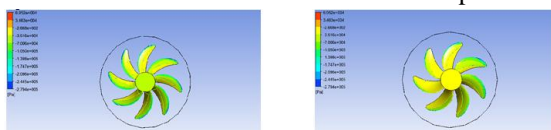


Gambar. 13 Grafik *Pressure* pada 450 rpm

Pada simulasi *conture* didapatkan propeller Au-8 memiliki warna dengan nilai *pressure* yang rendah.



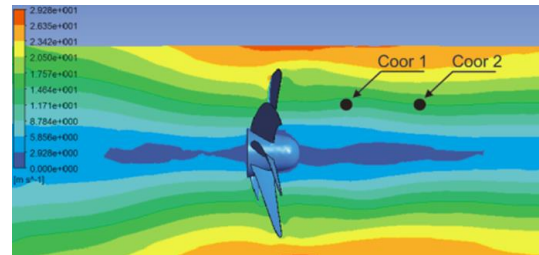
Gambar. 14 *Pressure* Au-8 dan Au - 7 Rpm 450



Gambar. 15 *Pressure* B -8 dan B - 7 Rpm 450

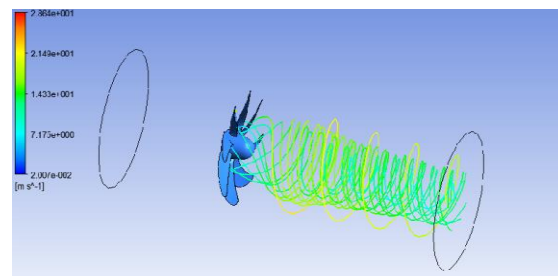
4.3.4 Pembahasan Perbandingan Simulasi Turbulensi pada 500 dan 450 Rpm.

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

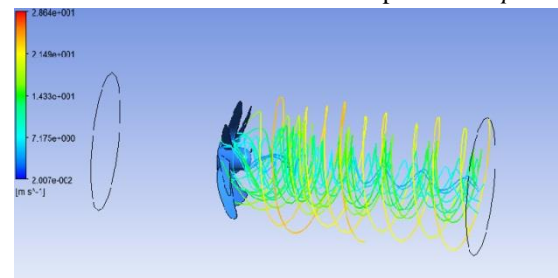


Gambar. 16 Koordinat Velocity

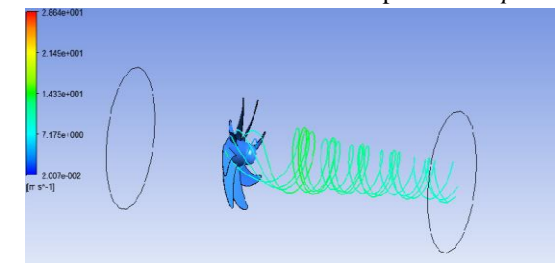
Setelah dibandingkan pada putaran 500 rpm didapatkan bentuk aliran paling baik pada *propeller* B-8 series dengan nilai kecepatan rata-rata 16,35 m/s , berikut simulasi aliran *propeller* :



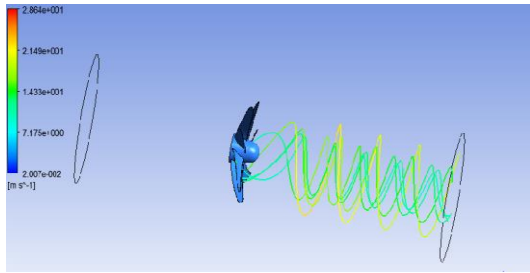
Gambar. 17 Aliran Au-8 Series pada 500 Rpm



Gambar. 18 Aliran Au-7 Series pada 500 Rpm

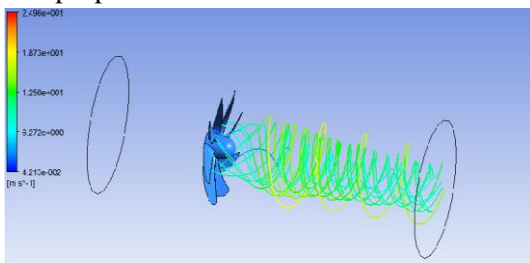


Gambar. 19 Aliran B-8 Series pada 500 Rpm

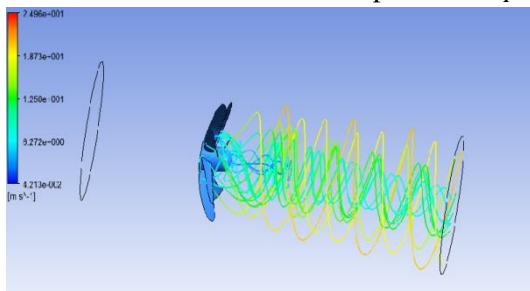


Gambar. 20 Aliran B-7 Series pada 500 Rpm

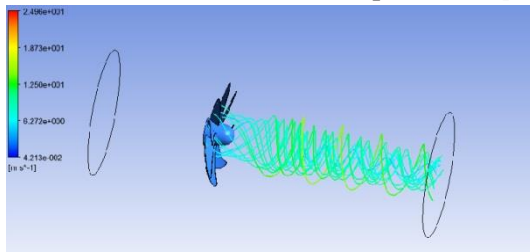
Lalu dilakukan pengujian lagi pada putaran 450 rpm namun tetap didapatkan aliran terbaik pada *propeller* B-8 series dengan nilai kecepatan rata-rata 14,65 m/s , berikut simulasi aliran propeller :



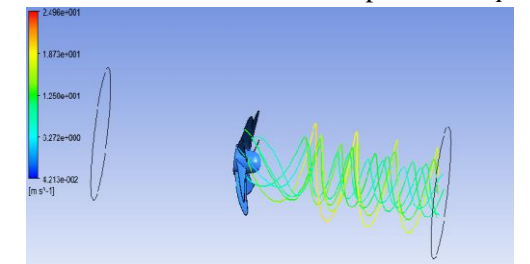
Gambar. 21 Aliran Au-8 Series pada 450 Rpm



Gambar. 22 Aliran Au-7 Series pada 450 Rpm



Gambar. 23 Aliran B-8 Series pada 450 Rpm



Gambar. 24 Aliran B-7 Series pada 450 Rpm

Dari penyajian gambar, grafik dan tabel di atas pada tabel 2 sampai dengan tabel 8 dan gambar 2 hingga gambar 24 Menunjukkan perbandingan sifat *propeller* sebagai berikut :

1. Nilai *thrust* terbesar pada 500 dan 450 RPM dihasilkan pada model *Propeller Au- 8 outline gawn Series* dengan nilai *thrust* tertinggi sebesar 27742 N dan 23683 N.
2. Nilai *torque* terbesar pada 500 dan 450 RPM dihasilkan pada model *Propeller Au- 8 outline gawn Series* dengan nilai 4330 N m dan 3532 N m.
3. Nilai *pressure* terendah pada 500 dan 450 RPM dihasilkan pada model *Propeller B - 8 Series* dengan nilai 10608,92 Pa dan 13521,50 Pa.
4. Perbandingan Model Turbulensi didapatkan hasil bahwa B – 8 Series memiliki turbulensi terkecil dengan range kecepatan dibawah 14,33 m/s.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

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

1. Setelah dilakukan analisa didapatkan hasil analisa propeller dengan Rpm model yaitu 500 Rpm dengan hasil sebagai berikut, pada *Propeller Au – 7* memiliki *thrust* 11967 N, rata-rata tekanan 87231,83 Pa dengan aliran turbulen dengan kecepatan rata - rata 16,05 m/s namun bentuk aliran tidak beraturan. Untuk *Propeller Au – 8* memiliki *thrust* 27742 N, rata-rata tekanan 18111,33 Pa dengan kecepatan rata - rata 15,45 m/s dan bentuk aliran tidak beraturan. Untuk *Propeller B – 7* memiliki *thrust* 22436 N, rata-rata tekanan 43251,75 Pa dengan kecepatan rata - rata 16,25 m/s dan bentuk

aliran tidak beraturan . Untuk *Propeller B – 8* memiliki *thrust* 25481 N, rata-rata tekanan pada *propeller* 10608,92 Pa dengan kecepatan rata - rata 16,35 m/s dan bentuk aliran teratur .

2. Setelah mendapatkan hasil maka dilakukan perbandingan antara *Au series* dan *B series* pada 500 rpm sebagai berikut *thrust* pada *Au series* terbesar yaitu 27742 N pada *Au – 8* dan *B series* senilai 25481 N pada *B - 8*. Sedangkan untuk *pressure* terkecil pada *Au series* yaitu 18111,3 Pa pada *Au – 8* dan *B series* senilai 10608,92 Pa pada *B-8*. Lalu untuk perbandingan aliran turbulen terbaik untuk *Au series* yaitu pada *Au – 8* berada dengan rata – rata kecepatan 15,22 m/s dan *B series* pada *B – 8 series* dengan rata – rata kecepatan aliran 16,35 m/s.
3. Sehingga diambil kesimpulan didapatkan *propeller* yang optimum untuk digunakan pada kapal selam *Midget Type 150m* yaitu *Propeller B – 8 series* dengan nilai *thrust* sebesar 25481 N, rata-rata tekanan 10608,92 Pa, kecepatan rata - rata 16,35 m/s dan bentuk aliran teratur.

of Naval Architects and Marine Engineers, 1988-89, Vol. 2.

- [6] Manik, Parlindungan, 2008, *Buku Ajar Propulsi Kapal*, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [7] Paul Anderson, Jens J.Kappel, Eugen Spangenberg, 2009, *Aspects of Propeller Developments for a Submarine*, Department
- [8] Penta, AB Volvo, 1998, *Inboard Propellers and Speed Calculation Marine Engines 2.1L-1.6L*, Technical Information Dept.42200 Gotteborg: Sweden
- [9] Prof Joulbert, P.N, 2004, *Some Aspect of Submarine Design Part 1 Hydrodynamics*, Australian Government: Australian
- [10] Purwanto, Ajib Wahab, 2014, *Analisa pengaruh variasi hullform terhadap hambatan total kapal selam dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang.

Daftar Pustaka

- [1] Abidin, Zaenal, 2015, *Komparasi dan Analisa Underwater Thruster pada Remotely Operated Vehicle (ROV) dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang.
- [2] Clarendon Press, Oxford, *The New Shorter Oxford English Dictionary*, English, 1993, Vol. 2 N-Z
- [3] Eisenberg, Phillip (1961) *Cavitation*, Hydronautic Incorporated: America.
- [4] Huda, Nurul, 2013, *Analisa pengaruh Energy Saving Device pada Propeller dengan Metode CFD*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, UNDIP: Semarang
- [5] Lewis, E.V., (1989); “Principles of naval architecture. Edition: 2nd revision” Society