

PERHITUNGAN TEGANGAN POROS MODEL PROPELLER PADA UJI SELF PROPULSION MODEL KAPAL

Suyadi¹, Ahmad Syafiul Mujahid¹

¹Balai Teknologi Hidrodinamika - BPPT,
Jl. Hidro Dinamika, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

Email: suyadi1suyadi@gmail.com¹, ahmadsmujahid@gmail.com²

Abstrak

Poros dan propeller merupakan fungsi utama dari pelaksanaan model uji 'self propulsion test' model kapal merupakan pekerjaan yang rutin dilakukan di BTH – BPPT. Poros berfungsi untuk memindahkan atau meneruskan tenaga dari transmisi ke propeller sehingga propeller bisa berputar. poros dibuat dari pipa baja atau stainless steel (AISI 1020) yang memiliki ketahanan terhadap gaya puntir atau bengkok. Oleh sebab itu kajian teknis tentang besarnya tegangan puntir dan tegangan lentur sangat diperlukan dalam memprediksi umur pakai poros tersebut. Untuk mendapatkan umur pakai poros tersebut dilakukan perhitungan pada proses uji propulsi dimana variabel yang dipilih dalam proses uji propulsi berupa kecepatan dorong model kapal yang merupakan parameter sangat berpengaruh terhadap perubahan gaya, torsi dan tegangan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa untuk kecepatan model 1,529 m/s diperoleh tegangan maksimum 31,75 Mpa / 4,63 Ksi poros beroperasi pada kondisi normal sedangkan besar tegangan yang diijinkan 294,74 Mpa / 42,75 Ksi.

Kata Kunci: Gaya, Torsi, Tegangan, Propulsi, Self Propulsi.

Abstract

Shaft and propeller is the main function of the implementation of model self-test model self-declaration is a routine work done in BTH - BPPT. Axis serves to move or forward power from transmission to propeller so that propeller can rotate. The shaft is made of steel pipe or stainless steel (AISI 1020) which has resistance to twist or bending force. Therefore a technical study of the magnitude of torsion and bending stress is necessary in predicting the life of the shaft. To obtain the shaft life is calculated in the propulsion test process where the variable chosen in the propulsion test process is the velocity of the vessel model which is the parameters that influence the force, torque and tension changes. The results of this study indicate that for the model speed of 1.529 m/s obtained the maximum stress 31.75 Mpa / 4.63 Ksi axis operates in normal conditions while the allowable voltage allowable 294.74 Mpa / 42.75 Ksi.

Keywords: Force, torque, stress, propulsion, Self Propulsi.

1. PENDAHULUAN

Balai Teknologi Hidrodinamika di lengkapi fasilitas laboratorium Towing Tank untuk uji resistance dan *selfpropulsion* model kapal. LCU (*Landing Craft Utility*). Uji resistance bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik tahanan kapal, hasilnya dapat dimanfaatkan untuk mendukung upaya perbaikan karakteristik lambung kapal serta membantu proses perancangan sistem *propulsi*. Sedangkan uji propulsi bertujuan untuk mendapatkan kinerja tahanan kapal seperti diperlihatkan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengujian Propulsi

Poros dan propeller merupakan fungsi utama dari pelaksanaan model uji 'self propulsion test' model kapal LCU – HULL[4]. Poros *propeller* berfungsi untuk memindahkan atau

meneruskan tenaga dari transmisi ke *propeller* sehingga *propeller* bisa berputar. Poros *propeller* dibuat dari pipa baja atau stainless steel yang memiliki ketahanan terhadap gaya puntiran atau bengkok. Pada umumnya poros *propeller* terdiri dari satupipa pejal yang mempunyai dua penghubung yang terpasang pada satu ujung dihubungkan dengan elektro motor untuk memutar poros sedang pada ujung yang satu dipasang *propeller* dengan mur pengikatnya seperti diperlihatkan pada Gambar 2, dimana pada ujung poros dibuat bentuk ulir dengan mur pengikat untuk menahan / mengikat *propeller*, jadi fungsi ujung poros ini seperti mur dan baut untuk mengikat *propeller*.



Gambar 2. Poros *propeller* dan mur pengikat.
(1). Kaki strut, (2) Poros, (3) Rumah strut, (4) *Propeller* dan (5) Mur pengikat.

Pada uji propulsi mur pengikat *propeller* dibuat setengah bulat dengan bagian ujungnya tertutup seperti diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Poros *propeller* dan mur pengikat bulat

Pembuatan poros *propeller* dan *propeller* dilakukan pada bengkel mekanik yaitu untuk poros *propeller* dengan menggunakan mesin bubut, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perautan poros *propeller*

Sedangkan untuk *propeller* dilakukan proses pengecoran dan proses pembentukan *propeller* seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses pembentukan *propeller*

Baut (bagian ujung poros *propeller* yang berbentuk ulir) dan mur merupakan alat pengikat *propeller* yang sangat penting, untuk mencegah timbulnya kerusakan pada mesin. Pemilihan baut dan mur sebagai alat pengikat, harus disesuaikan dengan gaya yang mungkin akan menimbulkan baut (bagian ujung poros *propeller* yang berbentuk ulir) dan mur pengikat tersebut putus atau rusak.

Poros *propeller* merupakan salah satu bagian terpenting dari instalasi penggerak kapal. Putaran mesin ditransmisikan ke *propeller* melalui poros, maka poros sangat mempengaruhi kerja mesin bila terjadi kerusakan. Untuk mengurangi terjadinya kerugian gesekan antara model poros *propeller* dan bantalan luncur (*stern tube*) maka permukaan poros *propeller* harus dibuat halus, Sesuai dengan Standart Nasional (SN) 258440 dan standart ISO/R 286 (Internasional Standard Organisation). Pada standart

Nasional untuk mengetahui hasil perautan model poros propeller.

2. METODE

Poros propeller merupakan salah satu bagian terpenting dari instalasi penggerak kapal. Putaran mesin ditransmisikan ke propeller melalui poros, karena poros sangat mempengaruhi kerja mesin bila terjadi kerusakan. Untuk mengurangi terjadinya kerugian gesekan antara model poros propeller dan bantalan luncur (stern tube) maka permukaan poros propeller harus dibuat halus, sesuai dengan Standart Nasional (SN) 258440 dan standart ISO / R 286 (Internasional Standard Organisation). Pada standart Nasional untuk mengetahui hasil perautan model poros propeller dengan menggunakan mesin bubut mempunyai bentuk halus, menengah dan kasar, seperti dipresentasikan Tabel 1. Pada pengamatan dilapangan pembuatan model poros propeller panjang antara 60cm – 70cm maka untuk mendapatkan permukaan yang halus toleransi pengukuran ±0,3mm. (Tabel 1)

Tabel 1. Toleransi Umum Standart Nasional (SN) 258440 Untuk Ukuran Panjang Poros (Anton CN, 2012)[3]

Tingkat	Ukuran nominal		
	(cm)		
Ketelitian	Des-40	40 - 100	100 - 200
Penyimpangan (mm)			
Halus	± 0,2	± 0,3	± 0,5
Menengah	± 0,5	± 0,8	± 1,2
Kasar	± 1,2	± 2	± 3

Pada standar internasional yaitu ISO (Internasional Standard Organisatioan) adalah merupakan suatu badan yang menentukan masalah standarisasi, yang menentukan dan mengembangkan suatu standar toleransi. Dalam kesesuaian basis poros selalu dinyatakan dengan “h”, ukuran batas poros selalu sama dengan ukuran nominal.

Tabel 2. Toleransi standar internasional ISO R/286 Untuk ukuran diameter poros (Anton CN,2012)[3]

Simbol	Ukuran Nominal		
	(mm)		
	18 - 30	30 - 50	50 - 65
H6	-0,013	-	-
H7	-0,021	0,016	0,019
H8	-0,033	-	-
H9	-0,052	0,025	-0,03
		0,039	0,046
		-	-
		0,062	0,074

Tanda minus yang ditunjukkan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa ukuran diameter poros selalu di bawah ukuran diameter nominal. Poros pada umumnya meneruskan daya melalui sabuk, roda gigi, rantai dan gear box. Jadi poros ini mengalami beban puntir dan lentur sehingga pada permukaan poros terjadi tegangan geser dan tegangan puntir.

1. Tegangan lentur

Gaya yang bekerja secara transversal terhadap sumbu poros memanjang, gaya ini menciptakan aksi internal dalam bentuk tegangan lentur. Tegangan lentur merupakan momen dibagi modulus penampang poros:

$$F = M / I_p \tag{1}$$

dimana :

I_p = Jarak antara ujung poros dan bagian poros bagian poros yang ditumpu oleh strut

F = Gaya lentur (N).

M= Torsi lentur (Nm).



Gambar 5. Jarak antara ujung poros dan bagian poros yang ditumpu oleh strut (I_p)

Seperti diperlihatkan pada Gambar 4. Poros propeller mengalami momen lentur (*bending moment*) sebesar torsi (momen lentur) yang dihasilkan oleh benda kerja. Tegangan lentur adalah momen dibagi modulus penampang poros

$$\text{Stress: } \sigma_b = M/W \tag{2}$$

$$W = 1/6.d.t^2 = 1/6.d^3 \tag{3}$$

dimana:

W = Modulus penampang poros (mm³)

d = Diameter poros (mm)

t = Tinggi poros (mm)

d = Penampang poros

σ_b = Tegangan lentur (N/m²)

M = Momen Lentur (Nm)

2. Tegangan puntir

Tegangan puntir terjadi karena timbulnya gaya dorong. Gaya dorong adalah bekerja pada garis normal terhadap kecepatan potong yaitu tegak lurus terhadap poros propeller.

$$\text{Stress : } \tau/r = T/I \tag{4}$$

$$I = \pi/32.d^4 \tag{5}$$

$$r = 1/2. d \tag{6}$$

dimana:

I = momen inersi penampang poros (mm⁴)

d = diameter poros (mm)

r = jari-jari poros (mm)

τ =Tegangan puntir (N/m²)

T = momen puntir (Nm)

Karena poros propeller menerima tegangan lentur dan tegangan puntir,maka kekuatan poros didasarkan pada kedua tegangan tersebut,maka besarnya shear stress (τ_{mak}) maksimum dapat dirumuskan dengan mensubstitusikan tegangan lentur (σ_b) dan tegangan puntir (τ) :

$$\tau_{mak}^2 = (\sigma_b^2 + 4\tau^2)/2 \tag{7}$$

Tabel 3. Properties tegangan untuk material baja AISI 1020 [4]

Mechanical properties	Metric	Imperial
Tensile Strength, Ultimate	394,72 MPa	57,25 psi
Tensile Strength, Yield	294,74 Mpa	42,75 psi

Metodologi ini terdiri dari Studi pustaka dan pengamatan lapangan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil model poros propeller permukaan halus dan umur pakai poros pada proses pelaksanaan model uji ‘*self propulsion test*’ model kapal LCU - HULL adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan pengukuran kecepatan model kapal dan gaya yang terjadi pada poros propeller pada saat uji propulsion.
2. Pemilihan bahan poros propeller (*stainless steel*) yang ada dipasaran
3. Dilakukan perhitungan matematis dan pengamatan lapangan seperti yang ditampilkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Sedangkan untuk analisa tegangan dengan variabel kecepatan model kapal berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan (1) sampai dengan persamaan (7).



Gambar 6. Pemasangan poros ,dynamo dan gear box



Gambar 7. Pemasangan propeller

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian propulsion model kapal LCU – HULL di Laboratorium BTH - BPPT dengan material poros propeller terbuat dari stainless steels (HSS/1020). Untuk dapat menghitung

tegangan lentur dan momen lentur maka harus diketahui Jarak antara ujung baut pengikat propeller dan poros yang ditumpu oleh stern tube (L_p) 20 cm dan diameter poros 10 mm

Tabel 4. Data hasil pengujian Propulsi

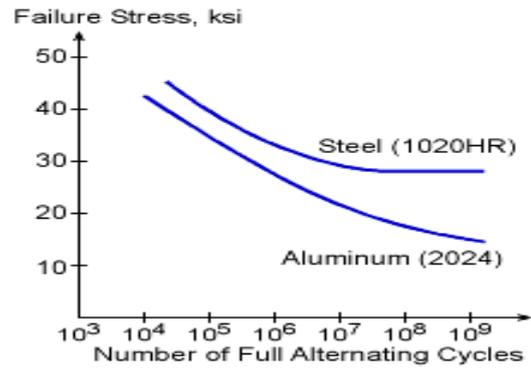
DATA PENGUJIAN			
VS	VM	F	Q
[Knot]	[m/s]	[N]	[Nm]
10,03	1,095	8,06	0,05
11,00	1,2	9,88	0,045
12,01	1,311	13,8	0,075
12,06	1,316	18,75	0,022
13,01	1,42	16,52	0,09
14,01	1,529	20,16	0,117

Perhitungan dibuat berdasarkan Tabel.4 dan mengimplementasikan Persamaan 1 sampai 7 maka hasil yang diperoleh diperlihatkan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Perhitungan tegangan maksimum

	Hasil perhitungan			
	1,200 m/s	1,311 m/s	1,420 m/s	1,529 m/s
F	9,88 N	13,80 N	16,52 N	20,16 N
T	0,05 Nm	0,075 Nm	0,09 Nm	0,12 Nm
M	1,98 Nm	2,76 Nm	3,30 Nm	4,03 Nm
σ_b	11,8 Mpa	16,45Mpa	19,67Mpa	24,01Mpa
τ	3 Mpa	4,5 Mpa	5,4 Mpa	7,2 Mpa
σ_{mak}	13,23Mpa	19,84Mpa	23,81Mpa	31,75Mpa
	1,93 Ksi	2,9 Ksi	3,47 Ksi	4,63 Ksi

Pada uji *self propulsion* diperoleh data pada Tabel 4 dan perhitungan tegangan lentur, tegangan puntir dan tegangan maksimum pada Tabel 5.



Gambar 8. Grafik S – N (Alaa A.Ateia, 2009)[1]

Dari hasil perhitungan diperoleh data besarnya tegangan maksimum 31,75 Mpa / 4,63 Ksi, sedangkan tegangan untuk material baja AISI1020 sebesar 294,74 Mpa / 42,75 Ksi, maka poros propeller pada uji propulsi masih dalam batas toleransi[4]. Bila hasil perhitungan diimplementasikan pada Grafik S – N [1], maka umur pemakaian poros propeller kemungkinan rusak atau patah jauh sekali.

4. KESIMPULAN

Untuk pemilihan material poros model propeller berupa baja stainless 1020 dengan tegangan yang diijinkan 294,74 Mpa / 42,75 Ksi beroperasi pada kondisi normal, karena tegangan maksimum hasil perhitungan 31,75 Mpa / 4,63 Ksi pada kecepatan 1,529 m/s maka dapat dipastikan poros tidak terjadi rusak / patah karena pengaruh tegangan, maka disarankan untuk memilih baja stainless dengan kualitas di bawah 1020 dan harganya lebih ekonomis. Perlu juga dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh tegangan pada poros model propeller dengan baja 1010.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada para seluruh rekan-rekan yang telah bersama – sama mendukung terselenggaranya kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alaa A.Ateia. (2009). Manufacturing Processes II 3rd Materials Engineering
- [2] Amstead, B.H., (1977) “Manufacturing Processes”. John Wiley & Sons
- [3] Anton CN. (2012). “Toleransi dan Suaian Teknik Mesin Manufaktur”
- [4] David Roylance. (2008). “Mechanical Properties of Material’
- [5] Taufiq Rochim. (1993). “Teori dan Teknologi Proses Permesinan’. Bandung Jurusan Teknik Mesin FTI – ITB.
- [6] Tim Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta Modul Menggerinda Pahat Potong. (1997).
- [7] Pariyanto,M.Pd. (2000). “Proses Pembubutan Logam”. Universitas Negeri Yogyakarta.