

Analisa Perbandingan System Propulsion Waterjet dengan Propeller Kapal Patroli Tipe 28M

Yanuar* dan S Mayasari

*Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Indonesia
Kampus UI Depok 16424
E-mail: yanuar@eng.ui.ac.id

Abstrak

Pemakaian mesin propulsi pada kapal sangat beragam tergantung tipe dan kebutuhan kapal. Modifikasi mesin dan lambung sering dilakukan oleh pabrik kapal agar bisa digunakan lebih tepat dan efisien. Tujuan dari studi ini adalah membandingkan pemakaian alat propulsi waterjet dengan propeller untuk kapal patroli 28 M. Studi literature dan studi teknis pemakaian system propulsi yang sesuai dengan bentuk lambung kapal dan kecepatan operasi sebagai dasar perhitungan. Sistem propulsi waterjet sangat tepat dipilih untuk jenis kapal patroli 28 m.

Kata kunci : Waterjet, propeller, kecepatan operasi

1. Pendahuluan

Sistem propulsi kapal merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh pada performa, olah gerak dan pola pengoperasian kapal. Kapal patroli membutuhkan sistem propulsi khusus untuk mendapatkan performa dan kecepatan yang sangat tinggi, dan tentunya memiliki bobot yang ringan. Untuk pengemudian *WPS*, dapat dilakukan hanya dengan membelokkan arah aliran dari *jet nozzle*, sistem kemudi *waterjet* ini ditempatkan pada bagian dimana aliran keluar, hal ini dapat menyebabkan pengurangan hambatan tambahan, seperti hambatan gelombang dan hambatan bentuk.

WPS mempunyai kelebihan lain seperti nilai *propulsive coefficient* yang cukup tinggi disertai dengan tingkat efisiensi yang cukup tinggi pula. *Propulsive coefficient* yang dapat dicapai sebesar 60 hingga 70 persen untuk kapal-kapal berkecepatan sangat tinggi dan menggunakan *WPS*. Kapal berkecepatan tinggi memerlukan power yang cukup besar untuk beberapa alasan komersil, dan tingkat *propulsive efficiency* yang tinggi akan menjadi suatu pertimbangan penting untuk aspek ekonomis dan dampak yang timbul pada kapal. Pemilihan jenis sistem propulsi ini tidak hanya bergantung pada desain tingkat kecepatan saja, akan tetapi juga ukuran dari sistem propulsinya. Dalam hal ini tentu saja sangat berhubungan dengan ukuran kapal dan *space* pemasangan mesin, sehingga dapat diperoleh kapal yang memiliki efisiensi yang tinggi untuk standar kecepatan, *trust* dan *powering* serta sesuai dengan jenis, ukuran, fungsi serta pola operasi dari kapal tersebut. Dengan analisa dan pengkajian terhadap beberapa aspek teknis yang mempengaruhi besarnya *propulsive efficiency*, maka dapat diketahui hasil yang berupa nilai perbandingan dari pengaplikasian *WPS* sebagai pengganti *CPS* pada kapal patroli tipe 28 m tersebut.

2. Dasar Teori

Waterjet bekerja dengan cara mengisap air dari pipa masuk (V_i) yang terletak pada dasar lambung kapal dan mengeluarkannya dengan kecepatan tinggi dengan arah yang berkebalikan. *Waterjet Propulsion System* memiliki keistimewaan pengaplikasian pada kapal-kapal berkecepatan tinggi. *Waterjet propulsor* dapat ditempatkan pada bagian dasar kapal sehingga dapat mengurangi bagian diluar lambung kapal. Pemasangan pada bagian belakang kapal, *Inlet Hull-Mounted* memungkinkan untuk kapal memiliki *drag* yang minimum. Dari arah isap (V_j). Dengan pertambahan momentum maka daya dorong (*trust*) T akan dihasilkan. Sehingga dapat ditulis :

$$T = \rho \cdot Q(V_j - V_i) \quad (1)$$

Besarnya *thrust* sangat dipengaruhi oleh *thrust deduction factor*. *Thrust deduction factor* ini merupakan daya yang terjadi dikarenakan penempatan jet secara vertikal, beban yang dialami oleh pipa masuk dan bentuk dari *afterbody*. Besarnya *t* ini dipengaruhi oleh besarnya *thrust* (T) dan besarnya hambatan (R) dari kapal tersebut dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$t = \frac{T - R}{T} \quad (2)$$

Thrust itu sendiri mempengaruhi besarnya *propulsive efficiency* yang merupakan perbandingan antara *effective power* dengan *shaft power* atau hasil kali antara efisiensi lambung, efisiensi jet, efisiensi pompa dengan efisiensi r, yang dapat ditulis dengan persamaan :

$$\eta_D = \frac{P_E}{P_D} = \eta_{\text{hull}} \cdot \eta_{\text{jet}} \cdot \eta_{\text{pump}} \cdot \eta_r \quad (3)$$

Efisiensi lambung sendiri juga dipengaruhi oleh besarnya *thrust deduction factor* dan *wake factor*.

$$\eta_{\text{hull}} = \frac{1 - t}{1 - W} \quad (4)$$

Efisiensi jet dipengaruhi oleh *wake fraction*, kecepatan aliran air ketika melalui pipa masuk dan ketika berada didalam jet serta percepatan gravitasi.

$$\eta_{\text{jett}} = \frac{2 \cdot \mu(1 - \mu)}{1 - (1 - \xi)\mu^2 + \frac{2g \cdot h_1}{V_j^2}} \quad (5)$$

$$\mu = \frac{V_i}{V_j} \quad (6)$$

Pompa harus memiliki efisiensi yang sangat tinggi. Akan tetapi, hal tersebut berarti sangat penting apabila dapat dipastikan bahwa efisiensi pompa telah sangat baik apabila dikombinasikan antara Q dan H sehingga nilai efisiensi yang lain juga akan menjadi lebih maksimal.

$$\eta_{\text{pump}} = \frac{Q \cdot H}{P_D} \quad (7)$$

$$H = \frac{V_j^2}{2g} - (1 - \xi) \frac{V_j^2}{2g} + h_j \quad (8)$$

$$\eta_r = \eta_{\text{pump}} \quad (9)$$

Pada pintu masuk air yang dirancang dengan baik, kerugian yang dialami akan berkisar antara 4-8 % terhadap daya mesin penggerak. Suatu pintu masuk air (V_i) yang buruk menyebabkan 2-3 kali kerugian yang lebih besar lagi. Sedangkan kecepatan *jet* berpengaruh pada efisiensi *jet* dan berpengaruh pula pada pengoperasian pompa, hal ini disebabkan karena efisiensi dari *jet* sangat bergantung pada kinerja pompa. Bagaimanapun juga, setiap bagian dari WPS saling berkaitan satu dengan yang lainnya. Sehingga apabila salah satu bagian dari sistem bekerja secara tidak maksimal, maka nilai efisiensinya akan turun.

3. Tinjauan Kapal Patroli

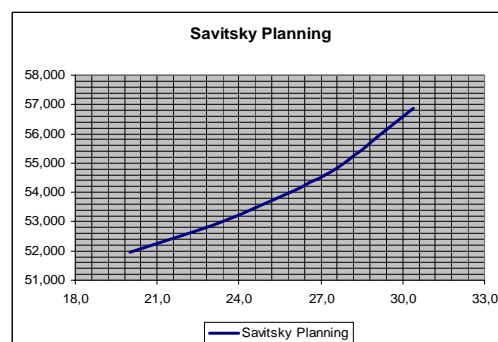
Kapal patroli tipe 28 meter yang digunakan untuk analisa sistem propulsi dalam tugas skripsi ini didesain dengan menggunakan standarisasi tertentu, yaitu harus memiliki panjang keseluruhan (*LOA*) 28 meter atau lebih. Kapal ini didesain dengan *planning hull* dan konstruksi lambung berbentuk V. Material yang digunakan untuk konstruksi lambung dan bangunan atas pada kapal ini adalah *FRP*.

Berikut ini adalah data dimensi utama kapal patroli tipe 28 m :

<i>LOA</i>	=	28.5	m
<i>LWL</i>	=	25.75	m
<i>Breath (MLD)</i>	=	5.4	m
<i>Breath water line</i>	=	4.58	m
<i>Depth (MLD)</i>	=	3.1	m
<i>Draft Designed</i>	=	1.1	m
<i>Cb</i>	=	0.35	
<i>Deadrise Transom</i>	=	20°	
<i>Deadrise Midship</i>	=	22°	
<i>Speed Service</i>	=	24	knot
<i>Speed Max.</i>	=	27.5	knot
<i>Displacement</i>	=	50	ton

3.1. Besar Hambatan dengan CPS

Perhitungan hambatan kapal patroli tipe 28 meter ketika masih menggunakan *CPS* adalah dengan menggunakan metode *Savitsky*, dikarenakan kapal tergolong sebagai *high speed vessel* dengan disain *semi planning hull*. Perhitungan hambatan ini berfungsi untuk memperoleh nilai perbandingan antara kecepatan dengan daya mesin. Data perhitungan tersebut ditunjukkan dalam grafik berikut:

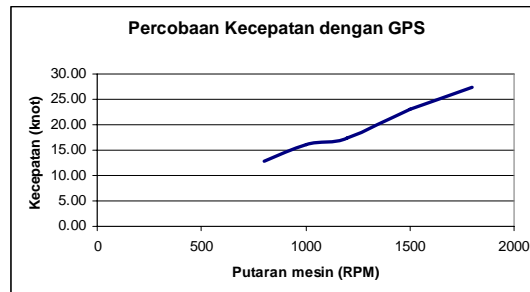


Gambar 1.
 Grafik Kecepatan dan Daya Mesin

Berdasarkan grafik diatas maka untuk mencapai kecepatan *service*, yaitu sebesar 27 *knot* diperlukan daya mesin sekitar 1470 *hp*. Kapal didesain dengan 2 mesin, sehingga diperlukan daya sebesar 730 *hp* untuk setiap mesinnya.

3.2. Besar Kecepatan dengan CPS

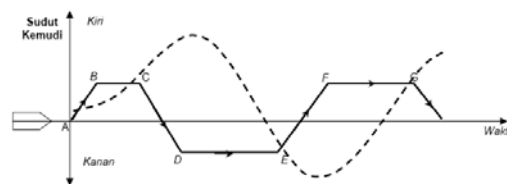
Kecepatan merupakan salah satu faktor yang termasuk dalam performa kapal dan dipengaruhi oleh *propulsive efficiency*. Untuk mengetahui besarnya kecepatan kapal ketika menggunakan *CPS* maka dilakukan percobaan untuk beberapa variasi putaran mesin dan dengan arah arus air yang berbeda. Hasil percobaan untuk pengukuran kecepatan kapal ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 2.
Grafik Perbandingan Kecepatan Kapal untuk Setiap Kenaikan RPM

3.3. Kemampuan Olah Gerak Kapal

1. Percobaan Cikar Kiri dan Cikar Kanan (*Zig-Zag*)



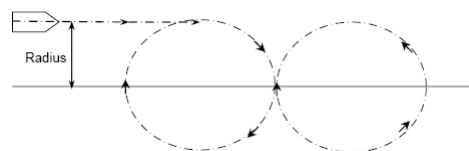
Gambar 3.
Pergerakan Cikar Kanan dan Cikar Kiri (*Zig-Zag*)

Percobaan ini dilakukan pada sudut yang sama yakni 35° dan pada putaran 1.5 kali dengan arah dan kecepatan yang berbeda. Yang dimaksud dengan arah yang berbeda disini adalah cikar kanan dan cikar kiri untuk melihat setiap perbedaan waktu yang ditimbulkan.

2. Percobaan Berputar

Percobaan ini dilakukan pada posisi daun kemudi : 35° , putaran mesin 1700 rpm, kecepatan 23 knot, waktu untuk satu kali lintas putar 16-18 detik dan radius putar sebesar dua kali panjang kapal.

4.2. Analisa *Thrust*



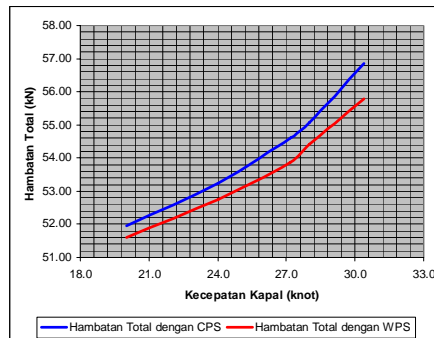
Gambar 4.
Percobaan Berputar

Percobaan berputar ini dilakukan dengan putaran sebesar-besarnya dan putaran sekecil-kecilnya untuk arah kliri dan kanan.

4. Analisa

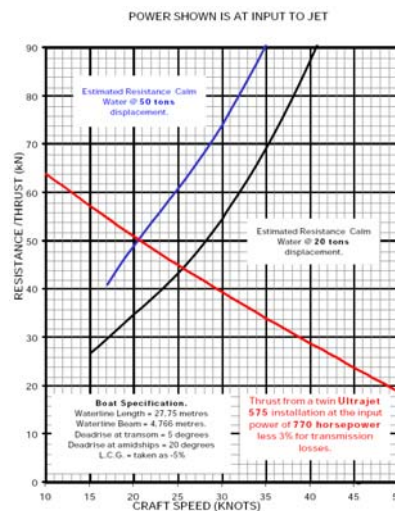
4.1. Analisa Hambatan

Grafik dibawah menunjukkan perbandingan besarnya hambatan yang dialami kapal ketika menggunakan CPS dengan hambatan setelah dimodifikasi dan menggunakan WPS.



Gambar 5.
 Perbandingan Besar Hambatan Kapal antara Penggunaan CPS dengan WPS

Dapat dilihat bahwa hambatan kapal setelah menggunakan WPS mengalami penurunan dibandingkan ketika kapal menggunakan CPS. Berdasarkan dari karakteristik dan instalasi dari kedua jenis sistem propulsi ini, dapat diketahui bahwa pengurangan hambatan pada WPS disebabkan karena ketiadaan beberapa komponen pada bagian lambung kapal yang berada di bawah air seperti linggi daun kemudi, tonjolan poros baling-baling, dan komponen lainnya sehingga dapat mengurangi hambatan bentuk dan hambatan tambahan pada kapal tersebut.



Gambar 6.
 Perbandingan Besar Hambatan Kapal Terhadap Daya Dorong (Thrust)

Untuk memprediksikan besarnya *thrust* pada *waterjet* sangat bergantung pada ketepatan pemasangan unit, bentuk lambung yang sesuai dan kemiringannya, serta *hull wake factor* sebesar 0.05. Pergantian *impeller* dan *nozzle* juga termasuk faktor yang berpengaruh, akan tetapi dalam skala yang lebih kecil.

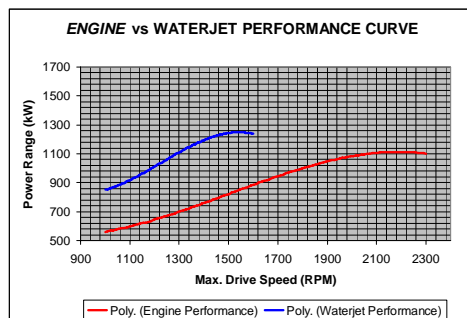
Performa *waterjet* dibandingkan dengan hambatan bentuk lambung kapal (untuk memperoleh kecepatan kapal) dapat dilihat dari grafik diatas. Grafik menunjukkan bahwa besarnya akan terus meningkat hingga 50% sejak *thrust* mulai ditingkatkan.

Thrust yang besar tersebut dapat diperoleh karena momentum yang dihasilkan oleh *waterjet* terus meningkat. Selain itu kalkulasi terhadap kemampuan *thrust* ini juga dipengaruhi oleh kecepatan kapal, kecepatan maju *waterjet*, kecepatan aliran air didalam unit *waterjet* itu sendiri, putaran pompa (*RPM*), dan daya putaran atau penggerak (torsi) yang juga terus meningkat setiap penambahan kecepatan. Akan tetapi penambahan *thrust* seperti kalkulasi

empiris ini tidak dapat dicapai apabila tidak diikuti oleh ketepatan pemasangan unit, bentuk lambung yang berbeda dan sudut kemiringannya.

4.3. Analisa Performa Kapal

Agar kapal mencapai performa optimumnya, harus ada kesesuaian antara *waterjet* dengan mesin yang digunakan. Grafik dibawah menunjukkan bahwa performa optimum sistem dapat dicapai oleh kapal patroli tipe 28 meter setelah pengaplikasian *waterjet* pada 1500 rpm, karena pompa *waterjet* akan mencapai kemampuan maksimumnya pada 1500 rpm dengan kebutuhan daya sebesar 1770 bhp atau 1268 kW. Jadi, pada saat *waterjet* mampu bekerja secara maksimal maka sistem propulsi dan kapal sendiri akan mencapai kondisi optimum, dan untuk pengoperasian mesin utama cukup pada daya 1100 bhp atau 820 kW untuk mencapai putaran 1500 rpm atau kondisi optimum. Apabila pada batas maksimum dari putarannya, *waterjet* tetap dioperasikan akan terjadi gangguan pada sistem serta *power loses*. Selain itu pengoperasian diluar batas kemampuan maksimum dari kemampuan pompa *waterjet* ini akan menyebabkan terjadinya efek kavitasi yang nantinya akan menyebabkan penurunan *Net Positive Suction Head (NPSH)* dan pompa akan mengalami penurunan kemampuan pengisapan air. Gangguan kavitasi ini secara normal berupa pengurangan sebanyak 3% pada suatu titik pada pompa untuk total *headrise*-nya dari kondisi yang tidak mengalami kavitasi.



Gambar 7.
Perbandingan Performa Kapal pada Penggunaan CPS dengan WPS

5. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil kajian dan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal yang berkaitan dengan *CPS* dan *WPS*, yaitu sebagai berikut :

- Besar hambatan (R_T) *CPS* > Besar hambatan (R_T) *WPS*
- Besar *thrust* (T) *CPS* < Besar *thrust* (T) *WPS*, *WPS* mampu menghasilkan momentum yang terus meningkat, dan media untuk meningkatkan momentum tersebut adalah air yang juga menjadi media penggerakannya
- Besar nilai propulsi *CPS* < Besar nilai propulsi *WPS*
- Performa optimum *CPS* < Performa optimum *WPS*
- Manuvering *CPS* < Manuvering *WPS*

6. Daftar Pustaka

- [1] KAR
Laporan Percobaan Berlayar (Dok/ Sea Trial) Kapal Patroli 28.5 M (FRP)KN.P. 337, KAR, PT., rev 05, 2005.
- [2] MacPherson, Donald M.
A Universal Parametric Model for Waterjet Performance, HydroComp, Rev 1-4, 1999.
- [3] Newsletter, John Crane Lips.
Waterjet Selection, TI Group, Rev N-1999.
- [4] Philips, Stephen J.

Jane's High-Speed Marine Transportation, Biddles Ltd, Guildford and Kings's Lynn, United Kingdom, 1996.

[5] Rispin, Paul., DR.

Model Test and Evaluation of an Advanced Axial Flow Waterjet Pump Designed for the Coastal Commercial Ship Sealift Application, CCDTT, Long Beach, 2005.

[6] Svensson, R./MT

Waterjet for Naval Vessel, Marine Laboratory, Rev 366-E, 1994.

[7]Ultra Dynamics

Designer's Manual for Ultrajet 575-High Performance Marine Jet Drives, Ultra Dynamics Limited, rev UD274/3/DTP/4/05, 2005.

[8]Ultra Dynamics

Engine RPM Matching - Waterjets Compared to Propeller, Engine Power/RPM Matching for Waterjets Impeller, Ultra Dynamics Limited, rev 1-2, 2006.