

ANALISA KINERJA KEMUDI KAPAL
"MV SIRENA" PADA PELAYARAN PERCOBAAN KAPAL BARU

Budi Utomo *)

Abstract

Every ship building to the after constructed should be done sea trial, it is intended to find out all machinery and equipment in the ship to run well and deserve to normal weather conditions in accordance with the plan. The main purpose of this study is to know the performance of steering ship MV. SIRENA in sea trial on new ship, because in the operation of a vessel, the steering has a very important role is to ship control or ship manoeuvring. After doing sea trial produced several motion graphics board. To ship left spinning PS tactical diameter DT = 114,4120 meter and advance = 157,3716 meter, while rotating to the right to ship SB tactical diameter DT = 120,9048 meter and advance = 161,9024 meter. There is a difference of 120,9048 – 114,4120 = 6,4928 meter in tactical diameter for PS, and 161,9024 - 157,3716 = 4,5308 meter in advance, which means that the ship sailed round the larger right and left to right, this is due to spin the propeller rotation is right the ship sailed toward him continue in the direction of nuts bolts, steering performance of the experimental results of the MV. SIRENA after the sea trial, then matched with the demand for ship owners and ship classification agency, the steering performance of the new ship MV SIRENA can run well which means it can be accepted, because The resulting DT = 6,4928 meter still within the recommended limit is within their rules that is DT = 3,45 - 7,50 meter.

Key words: Sea Trial and Manoeuvring.

Pendahuluan

Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi, perlu kiranya untuk mengetahui perkembangan proses pembuatan kapal bangunan baru yang dilaksanakan di galangan kapal.

Sebelum kapal diserahkan kepada pemesan setelah selesai dibangun, kapal harus diadakan percobaan dan pemeriksaan yang bertujuan untuk menguji semua daya dan kemampuan dari mesin-mesin, pipa-pipa, sistem-sistem, instrumen-instrumen dan perlengkapan listrik bekerja sebagaimana mestinya. Sehingga dapat diketahui apakah kapal tersebut sesuai dengan perencanaannya, yang selanjutnya dipakai untuk persyaratan pembuatan dokumen kapal baru.

Data kapal yang akan diteliti sebagai berikut :

LOA	: 55,00 m
LPP	: 47,25 m
Breadth	: 13,50 m
Depth	: 4,00 m
Draft	: 2,50 m
Main Engine	: Caterpillar 3412 C 720 HP at 1800 RPM
Aux. Engine	: Caterpillar 3056 T 92,5 KW at 1500 RPM

Kemudi sangat penting sekali artinya untuk eksploitasi dari suatu kapal. Fungsi kemudi adalah untuk mengontrol jalannya kapal ataupun untuk manouver. Sistem kemudi ini biasanya terdiri dari empat susunan yang saling berhubungan yaitu :

1. Daun kemudi yang berguna untuk menerima gaya dari aliran air sehingga dapat merubah arah dari gerakan kapal.

2. Poros kemudi berguna untuk mengantarkan tenaga untuk memutar kemudi dari mesin kemudi.
3. Mesin kemudi berguna sebagai tenaga penggerak maupun pemberhenti dari gerakan kemudi
4. Pesawat pengontrol berguna untuk mengontrol mesin kemudi dari atas kapal.

Sistem mesin kemudi dalam pengoperasiannya di kapal harus betul-betul dapat dipercaya dan dapat diandalkan serta tidak boleh terjadi macet pada waktu kapal beroperasi.

Beberapa jenis kemudi yang lazim dipakai di kapal. Bila dilihat dari letak porosnya ada 3 macam yaitu :

- Kemudi duduk
- Kemudi menggantung
- Kemudi setengah menggantung.

Sedangkan bila dilihat dari bentuk penempatan daun ada 3 macam :

- kemudi biasa
- Kemudi semi balansir
- Kemudi balansir.

Bila dilihat dari konstruksi, kemudi ada 2 macam yaitu:

- Daun kemudi dengan konstruksi plat tunggal
- Daun kemudi dengan konstruksi plat ganda.

Rumah bantalan (*housing*) atas dan tengah biasanya dibuat dari besi cor, sedang bahan bantalannya ada beberapa jenis material yang biasa dipakai, misalnya *bronze*, kayu pok, baja, atau material lain yang disetujui.

*) Staf Pengajar Jurusan D III Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Untuk tongkat kemudi, ada yang terbuat dari baja dengan tegangan tarik antara 41 sampai 61 kg/cm², atau terbuat dari bahan baja tahan karat *stainless steel*. Ukuran diameter tongkat kemudi, bantalan, kopling kemudi, tebal daun kemudi dan lainnya dapat dihitung berdasarkan buku peraturan klasifikasi. Pengikatan *flens kopling* digunakan baut pas yang jumlah minimumnya adalah 6 (enam) buah, sedangkan tebal masing-masing flens tidak boleh kurang dari garis tengah baut pengikatnya. Dalam keadaan biasa flens kopling kemudi biasanya ditutup dengan semen agar terlindung dari reaksi dengan air laut. Selain itu pada pengikatan mur baut biasanya dipasang pula mur kontra untuk mencegah kemungkinan terlepasnya pengikatan mur baut tersebut.

Kerusakan yang terjadi pada instalasi kemudi setelah kapal beroperasi dalam beberapa tahun, biasanya terdapat di beberapa bagian, misalnya pada tongkat kemudi atau pada bantalan *bronzenya*, atau pada daerah pintle dibagian bawah kemudi. Bila kelonggaran antara poros dengan bantalan sudah diluar batas-batas yang diperbolehkan maka harus dilakukan perbaikan.

Kerusakan tongkat kemudi biasanya dikarenakan terjadinya gesekan terhadap bantalannya, terjadi korosi air laut atau karena hal lain, misalnya terjadi benturan keras dibawah air sehingga berakibat tongkat kemudi bengkok.

Permasalahan

Pelayaran percobaan (*Sea trial*) adalah untuk mengetahui semua mesin dan perlengkapan dalam kapal dapat berjalan dengan baik dan layak di dalam kondisi cuaca normal yang sesuai dengan perencanaan.

Urutan percobaan berlayar adalah sebagai berikut :

1. Kecepatan ekonomis pada semua mesin
2. Kecepatan jelajah pada semua mesin
3. Kecepatan penuh (*full speed*) pada semua mesin
4. Kecepatan penuh darurat (*emergency full speed*) pada semua mesin
5. Mundur dengan putaran 30 – 35 % dari kecepatan penuh
6. Berputar lambat pada kecepatan ekonomis, jelajah dan penuh, pada kecepatan itu ditetapkan diameter lingkaran taksisnya
7. Kemampuan olah gerak kapal pada bermacam - macam putaran mesin
8. Percobaan kemudi pada semua kecepatan
9. Percobaan mesin jangkar dengan kedalaman sesuai dengan yang ditentukan dalam klasifikasi
10. Berlayar mundur dan menentukan inerti kapal pada kecepatan penuh, jelajah, ekonomis dan sebagainya

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu pembatasan permasalahan yang akan diteliti, agar arah dari penelitian lebih spesifik dan tidak melebar yaitu hanya pada percobaan berlayar kapal baru MV. SIRENA yaitu percobaan kemudi pada semua kecepatan (kapal berlayar berputar ke kiri, kapal berlayar berputar ke kanan)

Maksud Dan Tujuan

Untuk mengetahui sejauh mana kinerja kemudi kapal MV. SIRENA

Manfaat Penelitian

Dapat dipakai sebagai referensi pada perencanaan kemudi yang sejenis untuk kpal lain dan menambah pengetahuan bagi penulis dalam penelitian ini, karena adanya bermacam-macam model kemudi kapal.

Dasar Teori

1. Fungsi kemudi

Salah satu diantara sekian banyak alat-alat mekanis yang dipaksa untuk menentukan dan mengatur arah haluan atau manouvering kapal adalah kemudi. Gambaran tentang sifat-sifat dan kebutuhan kapal pada waktu sedang berlayar adalah sebagai berikut :

- Untuk kapal kecil yang dapat melayari dan memasuki perairan sempit atau pelabuhan-pelabuhan kecil membutuhkan kelincahan bergerak dalam arti banyak merubah arah dalam waktu relatif pendek untuk menghindarkan diri dari tubrukan.
- Kapal-kapal samudra yang hanya dapat memasuki pelabuhan-pelabuhan besar dimana fasilitas-fasilitas pelabuhan seperti kapal tunda tersedia, dan bila sedang berlayar dilautan bebas perubahan arah kapal jarang dibutuhkan kemandapan arah.

Berdasarkan sifat dan kebutuhan ini maka besarnya lengkungan yang dibuat oleh badan kapal waktu membelok, besarnya jari-jari lengkungan adalah menjadi ukuran kemampuan setiap kapal untuk mengolah gerak.

Jadi jelas fungsi kemudi adalah memberikan balance pada kapal baik dalam putaran maupun arah gerak lurus.

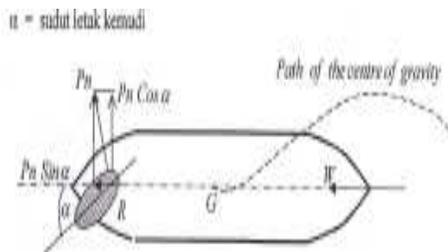
2. Sirkulasi kapal

Pada perubahan letak kemudi kesamping kiri atau kanan maka akan terjadi gaya yang baru, yaitu merupakan tekanan normal pada setiap kemudi, gaya itu membuat pergerakan tertentu dari kapal menuju kearah pusat.

Jadi sesudah perubahan letak kemudi membentuk sudut dari sumbu tangen maka gerakan kapal akan mengarah pada gerakan lama dari titik berat kapal dan mengadakan putaran mengelilingi titik itu.

Jadi luas putaran teritorial gerakan kapal tersebut disebut sirkulasi. Waktu sirkulasi terbagi dalam 3 (tiga) periode / *phase*, dimana batas pemisah dari setiap *phase* sangat kabur.

- Periode pertama : Mulai pada saat kemudi diputar sehingga membentuk sudut kemudi, sampai pada saat kapal mulai berputar (waktunya relatif kecil, dianggap = 0)



Gambar 1. Gaya pada daun kemudi kapal

Seperti dijelaskan didepan, apabila daun kemudi diputar sehingga membentuk sudut kemudi α , maka akan timbul sebuah gaya kemudi P_n , tegak lurus ke daun kemudi (dianggap bekerja pada poros kemudi).

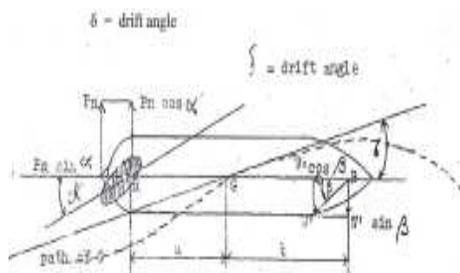
Komponen gaya ini kearah memanjang adalah $P_n \sin \alpha$ dengan tahanan kapal W akan menghambat gerakan maju kapal.

Komponen gaya ke arah melintang adalah $P_n \cos \alpha$ akan menyebabkan kapal bergerak ke samping.

Pada permulaan *phase* ini oleh momen inersia kapal belum dapat mengimbangi momen kopel yang dibuat oleh gaya $P_n \cos \alpha$ sebesar $P_n \cos \alpha \cdot RG$, sehingga menyebabkan kapal miring misalnya *Port side* (kesamping kiri) apabila kemudi diputar ke *Starboard side* (ke samping kanan) atau sebaliknya dan sesaat kemudian langsung diikuti oleh gerakan berputar.

Biasanya *phase* ini cepat sekali dan langsung diikuti oleh periode ke 2 dimana kapal mulai bergerak kekanan sebagai akibat kopel $P_n \cos \alpha \cdot RG$.

- Periode kedua : Mulai pada saat ini kecepatan sudut putar bertambah sampai pada saat kecepatan sudut konstan.



Gambar 2. Gerakan kapal akan berputar

Sebagai akibat gerakan kesamping dalam *phase* I dan gerakan putar pada permulaan *phase* II, tahanan W yang tadinya bekerja pada *centre line* kapal, berangsur-angsur berpindah ke belakang menjadi W' dan membentuk sudut dengan bidang *centre line* ke *port side* (misal jika kemudi diputar ke *starboard side*).

Komponen memanjang kapal $W' \cos \beta$ dan $P_n \sin \alpha$ akan menghambat kapal.

Sedang komponen kesamping $W' \sin \beta$ mengimbangi $P_n \cos \alpha$ sehingga kemiringan ke *port side* pada *phase* I mulai berkurang.

Kopel $W' \sin \beta \cdot BG$ membantu kopel $P_n \cos \alpha \cdot RG$, sehingga kecepatan sudut gerakan putar bertambah. Oleh pengaruh ini kapal akan mengikuti lengkungan dengan jari-jari yang makin berkurang dengan bertambahnya kecepatan sudut gerakan putar.

Pada keadaan tahanan W' bekerja diantara titik G dengan *bow* kapal, kapal berputar dengan *bow*nya di dalam dan *stern*nya diluar lengkungan lintasan titik G (*path of centre gravity G*).

Pada gerakan kesamping (dimuka oleh gaya $W' \sin \beta$ dibelakang oleh $P_n \cos \alpha$) kapal mengalami tahanan air $W_b = W' \cos \beta$ dibagian muka *starboard* bekerja sejauh b dari titik G dan tahanan air $W_a = P_n \sin \alpha$ dibagian belakang *portside* bekerja sejauh a dari G .

Sesudah *phase* II gaya yang bekerja serta gerakan badan kapal akan berubah, tetapi variasi perpindahan *phase* II ke *phase* III tidak terlalu nyata/kabur.

Transisi ini disebabkan oleh beberapa hal :

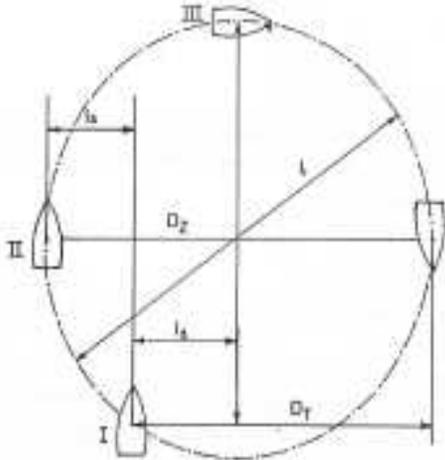
- Karena perpindahan titik tangkap B dari gaya tahanan W' kebelakang sebagai akibat dari penambahan *drift angle*.
- Sebagai akibat pengaruh gerakan putaran aliran air di sekitar badan kapal.

- Periode ketiga : Mulai saat keseimbangan tercapai percepatan sudut dan percepatan *tangensial* V_t kedua duanya akan berhenti, sedang gaya *sentrifugal* diimbangi oleh gaya-gaya tahanan air. Jari-jari lengkungan R menjadi konstan dan akhirnya titik G akan keluar dari turning circle, maka periode ketiga akan berakhir.

Phase ketiga dicapai sesudah haluan mencapai sudut kira-kira 150° dari arah mula-mula.

Pada waktu kapal berputar akan terlihat suatu titik yang seakan-akan titik tersebut tidak ikut berputar, titik ini disebut "*Centre of pivoting*"

3. Teritorial sirkulasi kapal



Gambar 3. Kapal berputar

Menurut percobaan-percobaan yang telah dilakukan hubungan jari-jari atau taktik diameter sirkulasi dengan panjang kapal selalu konstan, untuk kapal yang mempunyai sudut letak kemudi sama meskipun tipe kapal berlainan.

Taktik diameter sirkulasi terletak diantara batas-batas sebagai berikut :

- Kapal tanker : Dt = 3,45 - 7,5
- Kapal barang : Dt = 4,4 - 6,1
- Kapal tunda : Dt = 1,5 - 2,3

Dalam pendapatan kasar hubungan radius sirkulasi kapal-kapal barang dapat dirumuskan menurut :

$$\text{Times} \dots\dots\dots R = 0,125 L$$

L = panjang kapal dalam meter.

Pelaksanaan pada waktu *manouvere* dilakukan juga waktu kecepatan penuh.

Dimulai dari perubahan letak kemudi, secara cepat sampai 30°-35° kesamping kanan, maka kapal membelok dari arah pertama kekanan sebesar +15°, kemudian kemudi kapal diubah kesamping kiri 30°-35°, maka terjadilah perubahan pada saat itu,

Sewaktu bidang bujur kapal membentuk sudut 15° kekanan dengan arah pertama dari gerak lurus kapal, kemudian kemudi diubah letaknya kekiri, juga sebesar 30°-35° sampai gerakan kapal kembali kearah semula, sejajar dengan arah gerakan pertama.

Perbedaan waktu dari gerakan pertama sampai gerakan lurus disebut *Criteria manouvering*.

Untuk kapal ukuran sedang, kriteria gerakan antara 4 - 5 menit,

Radius sirkulasi relatif : adalah perbandingan antara radius sirkulasi dengan panjang kapal : $R = R/L$

Periode sirkulasi adalah waktu yang digunakan kapal untuk putarn arah 360 derajat:

$$RS = 2 \pi R / VR$$

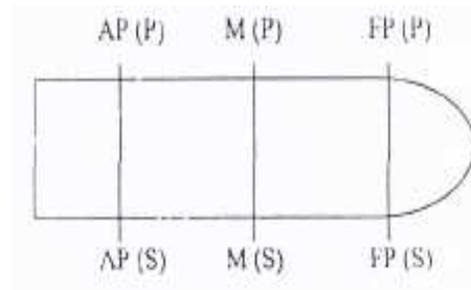
Dimana VR = kecepatan rata-rata pada waktu sirkulasi

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan relatif } V &= \frac{V_R}{V} \\ &= \frac{\bar{R}}{R + 1,9} \end{aligned}$$

4. Hasil percobaan kemudi kapal baru MV SIRENA :

Dimana V = kecepatan kapal waktu bergerak lurus.

- *Draft reading*



Gambar 4. Draft reading

AP (P)	= 1,98 meter
M (P)	= 1,95 meter
FP (P)	= 1,88 meter
AP (S)	= 1,98 meter
M (S)	= 1,95 meter
FP (S)	= 1,88 meter

- *Tank condition (ballast condition)*

WBT 1 (PS)	= 11,139 m ³
WBT 1 (SB)	= 11,139 m ³
WBT 2 (PS)	= 34,446 m ³
WBT 2 (SB)	= 34,446 m ³
WBT 3 (PS)	= 20,570 m ³
WBT 3 (SB)	= 20,570 m ³
FPT	= 68,404 m ³
FWT (PS)	= 13,890 m ³
FWT (SB)	= 27,778 m ³
FOT (PS)	= 0 m ³
FOT (SB)	= 0 m ³
FO SETTLE (PS)	= 6,160 m ³
FO SETTLE (SB)	= 6,430 m ³
FO SERV	= 0 m ³
FO DRAIN	= 0 m ³
SLUDGE TK	= 6,309 m ³
LO STOR TK	= 0 m ³

Tabel 1. Arah haluan kapal berputar kiri

PORT SIDE (KIRI)			
Time (sec)	Ship Heading	Time (sec)	Ship Heading
0-0	81,4	1-40	207
0-10	83,3	1-50	178,1
0-20	80,7	2-0	155
0-30	61,3	2-10	120
0-40	33,9	2-20	80
0-50	2,1	2-30	-
1-0	329,5	2-40	-
1-10	297,7	2-50	-
1-20	266,9	3-0	-
1-30	236,7	3-10	-

Tabel 2. Arah haluan kapal berputar kanan

STAR BOARD (KANAN)			
Time (sec)	Ship Heading	Time (sec)	Ship Heading
0-0	275	1-40	128
0-10	272	1-50	155,3
0-20	269	2-0	182,5
0-30	287	2-10	212
0-40	310	2-20	236
0-50	343	2-30	266
1-0	11,8	2-40	296
1-10	42,4	2-50	-
1-20	71,4	3-0	-
1-30	99,9	3-10	-

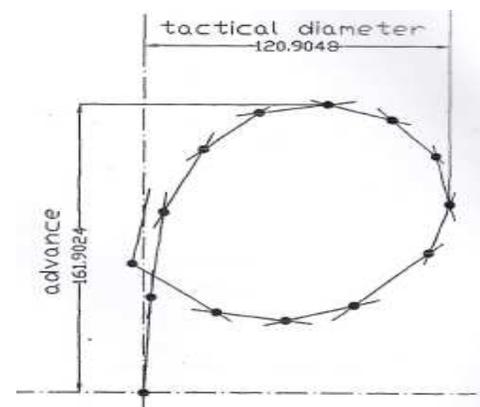
Tabel 3. Kecepatan kapal berputar kiri dan kanan

PORT SIDE (KIRI)		STAR BOARD (KANAN)	
Time (sec)	Kec. (Knot)	Time (sec)	Kec. (Knot)
0-0	10,6	0-0	10,6
0-10	10,5	0-10	10,5
0-20	9,2	0-20	9,4
0-30	7,5	0-30	7,6
0-40	5,9	0-40	6,0
0-50	5,5	0-50	5,6
1-0	5,5	1-0	5,6
1-10	5,5	1-10	5,6
1-20	5,4	1-20	5,5
1-30	5,3	1-30	5,5
1-40	5,3	1-40	5,5
1-50	5,3	1-50	5,4
2-0	5,3	2-0	5,4
2-10	5,2	2-10	5,4
2-20	5,2	2-20	5,3
-	-	2-30	5,3
-	-	2-40	5,3

- Hasil Percobaan Berlayar Berputar Kapal Baru MV. SIRENA



Gambar 5. Grafik gerakan kapal berputar ke kiri



Gambar 6. Grafik gerakan kapal berputar ke kanan

Pembahasan

1. Gerakan kapal MV SIRENA berputar arah haluan (*ship heading*) ke kiri dari waktu 0 detik, 10 detik, 20 detik, 30 detik, 40 detik, 50 detik, 1 menit, 1 menit 10 detik, 1 menit 20 detik, 1 menit 30 detik, 1 menit 40 detik, 1 menit 50 detik, 2 menit, 2 menit 10 detik, 2 menit 20 detik. Menunjukkan perubahan gerakan arah haluan kapal dari 81,4°, 83,3°, 80,7°, 61,3°, 33°, 2,1°, 329,5°, 266,9°, 236,7°, 207°, 178,1°, 155°, 120° dan 80° yang dapat dibuatkan arah gerakan kapal seperti pada gambar 5, gerakan kapal berputar ke kiri.
2. Gerakan kapal berputar arah ke kiri menunjukkan tactical diameter DT = 114,412 meter dan maksimum advance DA = 157,372 meter
3. Gerakan kapal berputar arah haluan ke kiri dari waktu 0 detik, 10 detik, 20 detik, 30 detik, 40 detik, 50 detik, 1 menit, 1 menit 10 detik, 1 menit 20 detik, 1 menit 30 detik, 1 menit 40 detik, 1 menit 50 detik, 2 menit, 2 menit 10 detik, 2 menit 20 detik menunjukkan perubahan kecepatan kapal berputar ke kiri dari 10,6 knot,
- 4.

- 10,5 knot, 9,2 knot, 7,5 knot, 5,9 knot, 5,5 knot, 5,5 knot, 5,4 knot, 5,3 knot, 5,2 knot, dan 5,2 knot lihat tabel 3 yang portside.
5. Kapal berlayar berputar kekanan dari waktu 0 detik, 10 detik, 20 detik, 30 detik, 40 detik, 50 detik, 1 menit, 1 menit 10 detik, 1 menit 20 detik, 1 menit 30 detik, 1 menit 40 detik, 1 menit 50 detik, 2 menit, 2 menit 10 detik, 2 menit 20 detik, 2 menit 30 detik, 2 menit 40 detik. Menunjukkan perubahan arah haluan kapal dari 275 derajat, 272°, 269°, 287°, 310°, 343°, 11,8°, 42,4°, 71,4°, 99,9°, 128°, 155,3°, 182,5°, 212°, 236° , 266° dan 296° yang dapat dibuat arah gerakan kapal seperti gambar 6 gerakan kapal berputar kekanan.
 6. Kapal berlayar berputar arah haluan kekanan menunjukkan tactical diameter DT = 120,9048 meter dan *maksimum advance* DA = 161, 9024 meter, lihat gambar 6 Gerakan kapal berputar ke kanan.
 7. Kapal berlayar berputar kekanan dari waktu 0 detik, 10 detik, 20 detik, 30 detik, 40 detik, 50 detik, 1 menit, 1 menit 10 detik, 1 menit 20 detik, 1 menit 30 detik, 1 menit 40 detik, 1 menit 50 detik, 2 menit, 2 menit 10 detik, 2 menit 20 detik, 2 menit 30 detik dan 2 menit 40 detik. Menunjukkan perubahan kecepatan kapal berputar ke kanan dari 10,6 knot, 10,5 knot, 9,4 knot, 7,6 knot, 6,0 knot, 5,6 knot, 5,6 knot, 5,6 knot, 5,5 knot, 5,5 knot, 5,5 knot, 5,4 knot, 5,4 knot, 5,4 knot, 5,3 knot, 5,3 knot, 5,3 knot, lihat tabel 3 yang *starboard*

Kesimpulan

1. Dari grafik gerakan kapal MV SIRENA berlayar berputar kekiri maupun kekanan, menunjukkan untuk PS *tactical* diameter DT = 114,4120 meter dan *advance* = 157,3716 meter, sedangkan untuk SB *tactical* diameter DT = 120,9048 meter dan *advance* = 161,9024 meter. Ada perbedaan sebesar 120,9048 – 114,4120 = 6,4928 meter pada *tactical* diameter untuk PS, dan 161, 9024 - 157, 3716 = 4,5308 meter *pada advance*, yang berarti putaran kapal berlayar kekanan dan kekiri lebih besar kekanan. Hal ini disebabkan putaran baling-baling kapal berlayar arahnya putarannya kekanan terus searah mur baut.
2. Hasil dari percobaan kinerja kemudi kapal MV SIRENA setelah dilakukan *sea trial*, kemudian dicocokkan dengan permintaan pemilik kapal (*owner surveyor*) dan badan klasifikasi kapal, kinerja kemudi kapal baru MV SIRENA bisa berjalan baik yang berarti dapat diterima, karena DT yang dihasilkan = 6,4928 meter masih dalam batas yang disarankan sesuai rules yaitu DT = 3,45 - 7,50 meter.

Daftar Pustaka

1. Annual Repport, Germaniscer Lloyd, 1988.
2. BKI, 1996, *Rules and Regulation for the Classification and Construction of Ship*, PT. BKI, Jakarta
3. Fatchurrohman Murtado, Murdiyanto, 1983, *Pesawat Bantu*, Depdikbud Jakarta
4. Harval, 1978, *Ressistance and Propulsion of Ship*, Jhon Wiley and Sous, New york.
5. Sukarsono, 1995, *Sistim dan Perlengkapan Kapal*, PT Pamator Pressindo Jakarta.
6. Sukanto Djatmiko, dkk, 1983, *Teknik Galangan Kapal*, Depdikbud, Jakarta

