

Karakteristik Manuver dengan Variasi Sudut Kemudi Kapal Ro-Ro

I Made Alet*, Andi Haris Muhammad, dan Daeng Paroka
Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino Km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, 92171
*e-mail: alet.santoso@gmail.com

Abstrak

Secara prinsip ada tiga gerakan kapal yang tidak dapat direspon oleh kapal yaitu gerakan *Surging*, *Swaying* dan *Yawing*. Untuk mengendalikan gerakan ini diperlukan *Maneuver* kapal. Kemampuan *maneuver* sangat menentukan keselamatan kapal, khususnya saat kapal beroperasi diperairan terbatas atau beroperasi disekitar pelabuhan, oleh karena IMO (*International Maritime Organization*) telah mensyaratkan sejumlah kriteria standar keselamatan kapal diantaranya adalah *Turning Ability* dan *Course Keeping-Yaw Checking Ability*. Dalam paper ini dibahas pengujian model simulasi manuver dengan variasi sudut kemudi kapal jenis *Roll-on Roll-off (Ro-Ro) twin rudder* dan *twin propeller* yang dilakukan di *Bridge Simulator* Politeknik Pelayaran Barombong dengan menggunakan metode *software Polaris Ship's Bridge Simulator-Kongsberg*. Pengujian simulasi ini dapat memprediksi kemampuan manuver kapal pada tahap kompetensi khususnya bagi para operator kapal. Hasil efektifitas respon kapal pada *self turning basin* ke kanan menunjukkan bahwa pada kemudi kanan, dengan memposisikan sudut kemudi pada arah kanan dapat mengurangi *Rate of Turn*, memperlambat waktu putar, menambah kecepatan kapal dan memperpanjang jarak putar kapal, sebaliknya memposisikan sudut kemudi pada arah kiri dapat menambah *Rate of Turn*, mempercepat waktu putar, mengurangi kecepatan kapal dan memperpendek jarak putar kapal. Simulasi *turning basin* kanan yang baik adalah yang menunjukkan *Rate of Turn* tertinggi, kecepatan kapal terendah serta waktu dan jarak putar yang terpendek.

Abstract

Basically, the ship can not respond to three ship movements, namely the *surging*, *swaying* and *yawing* movements. To control this movement, ship maneuvers are required *Maneuverability* is crucial for the safety of ships, especially when ships operate in confined waters or in harbors, as the IMO (*International Maritime Organization*) has imposed a number of criteria for maritime safety standards, the *Turning Ability* and *Course Keeping-Yaw Checking Ability*. This article reviews the test of a maneuver simulation model with variations of *twin rudder* and *twin propeller* types of *roll-on roll-off* vessels in the *Barombong Maritime Polytechnique Bridge Simulator*, with the *Polaris Ship Simulator Kongsberg* software. This simulation test is used to predict the maneuverability of the ship in the competence phase, especially for ship operators. The results of the ship's response in the automatic turning tank on the right show that the steering angle in the right direction can reduce the rate of turn and slow down the time the right rudder is positioned correctly. Play, increase the ship's speed and speed increase the turning distance of the ship. Otherwise, adjusting the steering angle to the left increases the spin rate, shortens game time, reduces the ship's speed, and reduces the distance to the ship. Rotation of the ship. In a good pool simulation with right turns, the highest turning speed, the lowest ship speed, the shortest time and the shortest rotation distance are displayed.

Keywords : *Maneuvers*, *Rudder angles*, *Simulator*.

1. PENDAHULUAN

Tiga gerakan kapal yang tidak mampu direspon kapal adalah *Surging*, *Swaying* dan *Yawing*, untuk mengendalikan gerakan itu diperlukan *maneuver* kapal. Secara prinsip faktor dari dalam kapal yang mempengaruhi manuver kapal adalah rancangan kapal yang bersifat tetap seperti bentuk kapal, jumlah mesin, propeller, bentuk dan ukuran kemudi, dan yang bersifat tidak tetap seperti sarat, trim, keadaan pemuatan serta teritip, serta faktor dari luar kapal seperti angin, gelombang, dalam dan lebarnya perairan.

Untuk mengetahui respon kapal sesuai yang dipersyaratkan oleh *International Maritime Organization* (IMO) sejumlah kriteria standar keselamatan kapal [3] diantaranya adalah *Turning Ability* dan *Course Keeping-Yaw Checking Ability* saat manover.

Untuk mengetahui karakteristik respon kapal dilakukan pengujian model simulasi manuver dengan variasi sudut kemudi pada kapal jenis *Ro-Ro twin rudder* dan *twin propeller* dengan menggunakan metode *software Polaris Ship's Bridge Simulator-Kongsberg* [8].



Program ini dapat digunakan untuk memprediksi kemampuan manuver operator kapal pada tahapan kompetensi. Adapun tujuan dari simulasi ini adalah untuk menentukan respon kapal berputar dari lintasan lurus melalui manuver putar (*turning basin*) pada kondisi muatan penuh dengan berbagai variasi sudut kemudi. Selanjutnya hasil simulasi tersebut dibandingkan dengan kriteria IMO.

2. Metode Penelitian

2.1 Data Penelitian

Pada penelitian ini data kapal yang digunakan pada *bridge simulator* adalah model RORO04L dengan data sebagai berikut:

A. Data deskripsi kapal model

Data deskripsi kapal model dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi kapal model

Items	Dimension
Hull	
Deadweight (DWT)	4,659 (t)
Displacement	11,070.0 (t)
Length overall (LOA)	142.0 (m)
Length between perpendicular (LBP)	132.0 (m)
Breadth (B)	21.0 (m)
Block coefficient	0.649
Draught fore (D)	5.90 (m)
Draught aft (D)	6.10 (m)
Ship speed (Vs) (Max/Average)	20.0 (knots)
Engine	
Engine Number	2 Pcs
Total Shaft Power	12,948 (kW)
Revolution	550 (RPM)
Propeller	
Number of Propeller	2 (Pcs)
Blades	4 (Pcs)
Diameter	4.30 (m)
Pitch Ratio	0.876 (P/D)
Pitch Rate	0.43(m/rev/s)
Revolutions	165 (RPM)

Rudder

Rudder Number	2 (Pcs)
Range	-35° & +35°

B. Simulasi Manover Kapal Model

1. Manuver *Turning Cycle*

Turning Cycle dilakukan saat kapal model bergerak maju/lurus pada kecepatan maksimum 20 knots dengan haluan kearah utara atau pada *heading* 0°, pengujian *Turning cycle* pertama dengan kedua kemudi dicikar ke kanan atau pada sudut kemudi +35°, dan pengujian kedua pada sudut kemudi +20° dengan kecepatan maksimum, sampai kapal melakukan *turning cycle* lebih dari 540°.

2. Manuver Zig-Zag

Pengujian pertama zig-zag 20°/20° dilakukan saat kapal model bergerak maju/lurus pada kecepatan maksimum 20 knots dengan haluan kearah utara atau pada *heading* 0°, kemudian kemudi diarahkan pada sudut 20° ke kiri dengan kecepatan maksimum hingga haluan kapal mencapai *heading* 340° selanjutnya kemudi diarahkan ke kanan dengan kecepatan maksimal hingga pada sudut 20°, hingga haluan kapal menunjukkan *heading* 20°. Pengujian kedua zig-zag 10°/10° dilakukan saat kapal model bergerak maju/lurus pada kecepatan maksimum 20 knots dengan haluan kearah utara atau pada *heading* 0°, kemudian kemudi diarahkan pada sudut 10° ke kiri dengan kecepatan maksimum hingga haluan kapal mencapai *heading* 350° selanjutnya kemudi diarahkan ke kanan dengan kecepatan maksimal hingga pada sudut 10°, hingga haluan kapal menunjukkan *heading* 10°.

3. Manuver *Self Turning Basin*

Simulasi Manuver *Self Turning Basin* dilakukan dari kondisi kapal diam (0 knot) pada *heading* 0°. kemudian memutar kapal ke kanan dengan cara *Port side Engine Full Ahead* dan *Starboard side Engine Full Astern* (rpm konstan), hingga *heading* mencapai 180°, dengan beberapa variasi sudut kemudi, yaitu :

a. Variasi I

Variasi sudut kemudi dimana kemudi kiri (P) diposisikan pada sudut 0° dan kemudi kanan



(S) yang divariasikan pada sudut 0° , $+15^\circ$, $+30^\circ$, -15° , dan -30° .

b. Variasi II

Variasi sudut kemudi dimana kemudi kiri (P) diposisikan pada sudut 15° dan kemudi kanan (S) yang divariasikan pada sudut 0° , $+15^\circ$, $+30^\circ$, -15° , dan -30° .

c. Variasi III

Variasi sudut kemudi dimana kemudi kiri (P) diposisikan pada sudut 30° dan kemudi kanan (S) yang divariasikan pada sudut 0° , $+15^\circ$, $+30^\circ$, -15° , dan -30° .

2.2 Analisis dengan software Polaris Ship's Bridge Simulator-Kongsberg.

Pada penelitian ini software yang digunakan adalah software Polaris Ship's Bridge Simulator-Kongsberg dimana seluruh sistem kerja dan kelengkapan dibuat menyerupai seperti kondisi diatas kapal untuk mengetahui repon kapal terhadap manover. kotak dialog kapal model muncul ketika salah satu sub-perintah dari perintah model dari menu kapal model yang dipilih. Lembar Model hanya untuk informasi tentang masing-masing kapal model, dan tidak memungkinkan untuk interaksi operasional

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil pemodelan simulasi turning cycle

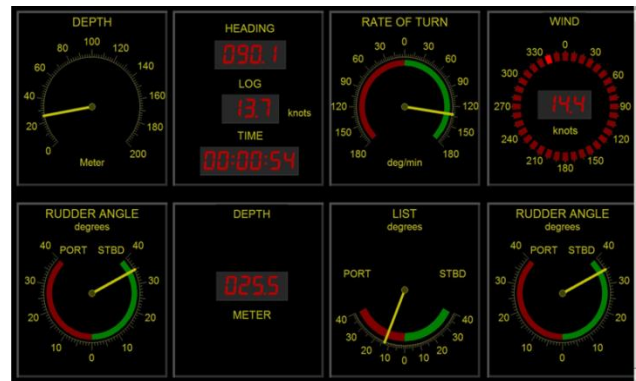
Pada proses simulasi turning cycle pertama dengan sudut kemudi $+35^\circ$ pada gambar 1, menunjukkan perubahan pergerakan respon kapal dari heading 0° ke heading 90° memerlukan waktu 54 detik, kecepatan kapal turun dari 20 knots menjadi 13.7 knots, pergerakan lateral haluan kapal bergerak ke kanan 0.1 knot sedangkan pergerakan lateral buritan kapal bergerak ke kiri 8.3 knots dan Rate of Turn $132^\circ/\text{min}$ ke kanan, kemiringan kapal ke kiri 13° dengan jarak tempuh kapal sejauh 0.2 Nm.

Jarak advanced 0.236 Nm atau 430.7 meter diperoleh dengan mengukur range membujur ke arah 0° dari titik kapal pada posisi heading 0° sampai pada garis melintang posisi kapal heading 90° , jarak transfer 0.083 Nm atau 153.7 meter diperoleh dengan mengukur range melintang ke arah 270° dari titik kapal pada posisi heading 90° sampai pada garis membujur posisi kapal heading 0° , Drift Angle 19.7° diperoleh dengan mengurangi heading 90°

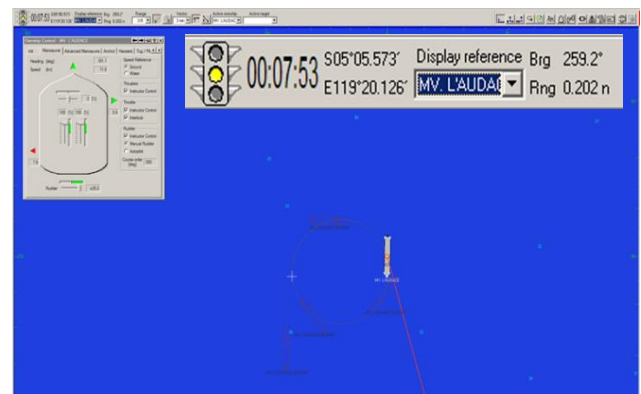
dengan sudut lintasan titik berat kapal atau pada instrumen GPS pada COG : 70.4° , jarak Tactical Diameter 0.209 Nm atau 387.1 meter yang diperoleh dengan mengukur range melintang ke arah 270° dari titik kapal pada posisi heading 180° sampai pada garis membujur posisi kapal heading 0° , dan Steady Turning Diameter atau jarak diameter putar yang ditempuh kapal pada kondisi putaran yang tidak banyak melakukan perubahan dengan diameter 0.202 Nm atau 374.1 meter seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 1. Jendela Monitor, Turning cycle kanan pada sudut kemudi 35°



Gambar 2. Jendela instrument monitor control, Turning cycle kanan pada sudut kemudi 35°

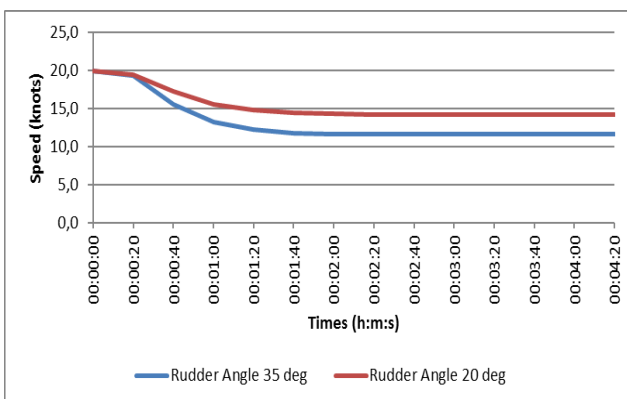


Gambar 3. Posisi kapal pada Turning cycle kanan 540° .



Begitu pula pada proses simulasi *turning cycle* yang kedua dengan sudut kemudi $+20^\circ$, perubahan pergerakan respon kapal dari *heading* 0° ke *heading* 90° memerlukan waktu 67 detik, kecepatan kapal turun dari 20 knots menjadi 15.2 knots, pergerakan lateral haluan kapal bergerak ke kiri 0.3 knot sedangkan pergerakan lateral buritan kapal bergerak ke kiri 6.9 knots dan Rate of Turn $103^\circ/\text{min}$ ke kanan, kemiringan kapal ke kiri 11° dengan jarak tempuh kapal sejauh 0.3 Nm.

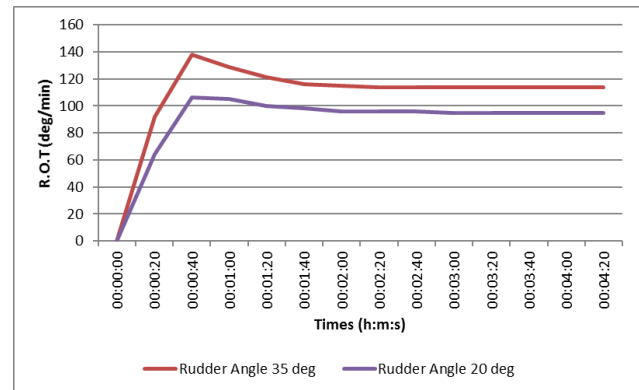
Jarak *advanced* 0.283 Nm atau 524.1 meter diperoleh dengan mengukur *range* membujur ke arah 0° dari titik kapal pada posisi *heading* 0° sampai pada garis melintang posisi kapal *heading* 90° , jarak *transfer* 0.125 Nm atau 231.5 meter diperoleh dengan mengukur *range* melintang ke arah 270° dari titik kapal pada posisi *heading* 90° sampai pada garis membujur posisi kapal *heading* 0° , *Drift Angle* 15.9° diperoleh dengan mengurangi *heading* 91.2° dengan sudut lintasan titik berat kapal atau pada instrumen GPS pada COG : 75.3° , jarak *Tactical Diameter* 0.294 Nm atau 544.5 meter yang diperoleh dengan mengukur *range* melintang ke arah 270° dari titik kapal pada posisi *heading* 180° sampai pada garis membujur posisi kapal *heading* 0° , dan *Steady Turning Diameter* atau jarak diameter putar yang ditempuh kapal pada kondisi putaran yang tidak banyak melakukan perubahan dengan diameter 0.281 Nm atau 520.4 meter.



Gambar 4. Karakteristik *Speed* pada *Turning cycle* kanan.

Pada gambar 4 menunjukkan grafik perubahan *speed* terhadap *times* saat *Turning cycle* kanan pada sudut kemudi 35° dan 20° hasil analisa berdasarkan data tabel 2 dan 3. Saat *turning*

cycle dengan sudut kemudi 35° terjadi penurunan kecepatan kapal atau kehilangan kecepatan sebesar 42%, sedangkan pada saat *turning cycle* dengan sudut kemudi 20° terjadi penurunan kecepatan kapal atau kehilangan kecepatan sebesar 29%.



Gambar 5. Karakteristik *Rate of Turn* pada *Turning cycle* kanan

Gambar 5 menunjukkan grafik hasil analisa ROT terhadap *times* berdasarkan data tabel 2 dan 3 dari hasil *Turning cycle* kanan pada sudut kemudi 35° dan 20° , bahwa pada saat *turning cycle* dengan sudut kemudi 35° terjadi peningkatan *turn rate* hingga $138^\circ/\text{menit}$ pada waktu ke 40 detik, kemudian mulai terjadi penurunan *turn rate* $114^\circ/\text{menit}$ hingga pada waktu 2 menit dan 20 detik dan selanjutnya *turn rate* kapal menjadi konstan pada waktu *Steady Turning Diameter*, begitu pula pada saat *turning cycle* dengan sudut kemudi 20° terjadi peningkatan *turn rate* hingga $106^\circ/\text{menit}$ pada waktu ke 40 detik, kemudian mulai terjadi penurunan *turn rate* $95^\circ/\text{menit}$ hingga pada waktu 2 menit dan 20 detik dan selanjutnya *turn rate* kapal menjadi konstan pada waktu *Steady Turning Diameter*

Tabel 2. Data *Turning Cycle* kanan pada sudut kemudi 35°

Time (s)	Speed (kn)	Heading (deg)	COG (deg)	R.O.T (deg/min)	Drift Angle (deg)
00:00	20,0	0,0	0,0	0	0,0
00:20	19,3	13,5	4,3	92	9,2
00:40	15,6	56,3	40,0	138	16,3
01:00	13,2	102,6	83,8	129	18,8
01:20	12,2	144,5	126,1	121	18,4



01:40	11,8	185,7	166,7	116	19,0
02:00	11,7	223,7	205,4	115	18,3
02:20	11,6	262,8	244,1	114	18,7
02:40	11,6	300,7	282,7	114	18,0
03:00	11,6	339,2	320,6	114	18,6
03:20	11,6	17,2	358,6	114	18,6
03:40	11,6	55,1	36,9	114	18,2
04:00	11,6	93,1	75,2	114	17,9
04:20	11,6	132,3	113,4	114	18,9

Tabel 3. Data *Turning Cycle* kanan pada sudut kemudi 20°

Time (s)	Speed (kn)	Heading (deg)	COG (deg)	R.O.T (deg/min)	Drift Angle (deg)
00:00	20,0	0,0	0,0	0	0,0
00:20	19,5	11,1	3,2	64	7,9
00:40	17,3	42,2	27,9	106	14,3
01:00	15,6	78,3	62,7	105	15,6
01:20	14,8	112,5	98,1	100	14,4
01:40	14,4	146,6	131,3	98	15,3
02:00	14,3	178,7	164,1	96	14,6
02:20	14,2	211,6	196,5	96	15,1
02:40	14,2	244,7	230,1	96	14,6
03:00	14,2	276,0	260,9	95	15,1
03:20	14,2	308,0	293,0	95	15,0
03:40	14,2	340,1	325,1	95	15,0
04:00	14,2	12,2	356,9	95	15,3
04:20	14,2	44,4	29,2	95	15,2

Tabel 4. Data *Performance Turning Cycle* kanan pada sudut kemudi 35° & 20°

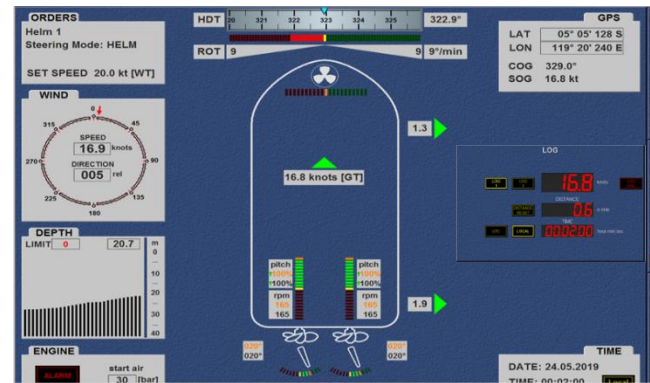
Rudder Angle (deg)	Time 90° (s)	Advan ce (m)	Transf er (m)	Time 180° (s)	Tactic al dia. (m)	Steady turning dia. (m)
35°	54	430,7	153,7	98	387,1	374,1
20°	67	524,1	231,5	121	544,5	520,4

Pada tabel 4 merupakan data hasil simulasi terhadap *Performance Turning Cycle* ke kanan pada sudut kemudi 35° dan 20°, sehingga jarak *Advanced* dan *Tactical Diameter* untuk kapal model masih sesuai kriteria standar yang

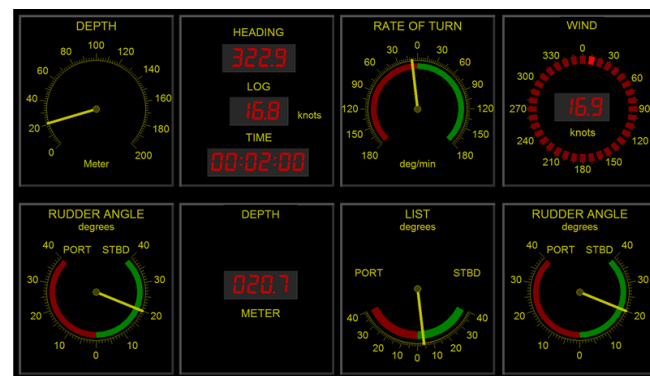
dipersyaratkan oleh *IMO's Resolution MSC 137 (76)* yaitu *Advanced* < 4.5 Lbp dan *Tactical Diameter* < 5.0 Lbp.

3.2 Hasil simulasi manuver zig-zag

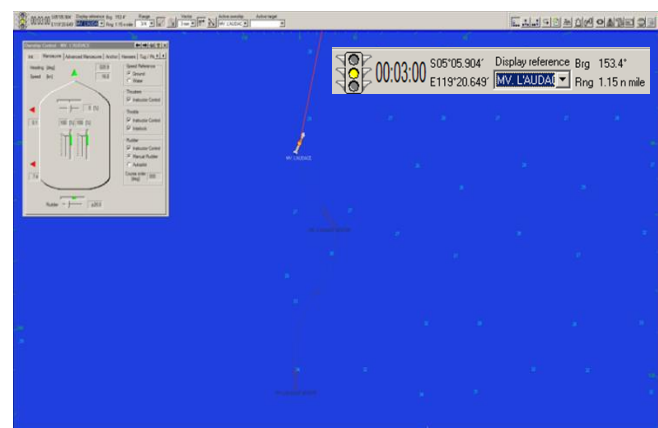
Data pada tabel 5 dan 6 yang diperoleh dari hasil pengamatan pada instrument simulasi manuver zig-zag 20°/20° dan zig-zag 10°/10° seperti yang ditunjukkan pada gambar 5, 6 dan 7, adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Jendela Monitor, Zig-zag 20°/20° (1st overshoot)



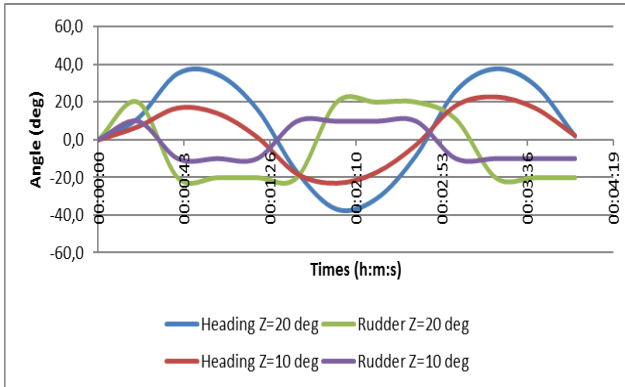
Gambar 6. Jendela *instrument monitor control*, Zig-zag 20°/20° (1st overshoot)



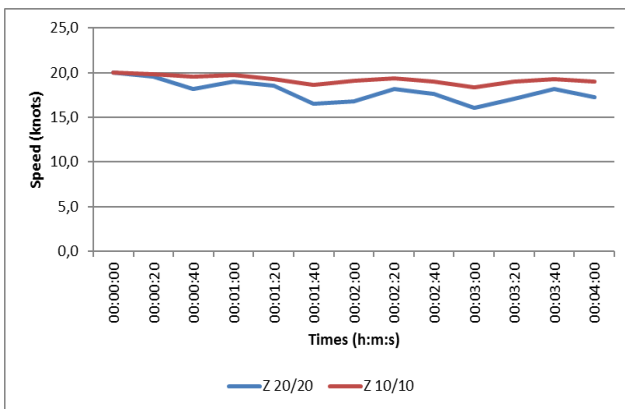
Gambar 7. Posisi kapal pada Zig-zag 20°/20° (2nd overshoot)



Pada gambar 8 dan 9 menunjukkan karakteristik *rudder angle* dan *heading* terhadap *times* dan *speed* berdasarkan tabel 5 dan 6 dari hasil rekapitulasi data respon kapal pada Zig-zag test $20^{\circ}/20^{\circ}$ dan Zig-zag test $10^{\circ}/10^{\circ}$.



Gambar 8. Karakteristik Rudder dan heading Angle pada zig-zag manevre



Gambar 9. Karakteristik Speed pada zig-zag manevre.

Berdasarkan grafik pada gambar 8 dan 9 dapat dianalisa bahwa pada saat zig-zag maneuver test $20^{\circ}/20^{\circ}$, 1^{st} overshoot sebesar 18° terjadi selama 22 detik begitu pula dengan pada 2^{nd} overshoot sebesar 18° terjadi selama 22 detik dengan waktu *perod of oscillation* sebesar 157 detik dan terjadi penurunan kecepatan sebesar 9%. Selanjutnya pada zig-zag maneuver test $10^{\circ}/10^{\circ}$, 1^{st} overshoot sebesar 7° terjadi selama 19 detik dan pada 2^{nd} overshoot sebesar 13° terjadi selama 27 detik dengan waktu *perod of oscillation* sebesar 160 detik serta terjadi penurunan kecepatan sebesar 2.5%. Pada saat *rate of turn* semakin bertambah, *speed* kapal semakin berkurang dan pada saat *rate of turn* semakin berkurang, *speed* kapal semakin bertambah, sehingga *rate of turn* berbanding terbalik dengan Speed.

Tabel 5. Data zig-zag $20^{\circ}/20^{\circ}$

Time (s)	Rudder (deg)	Heading (deg)	Speed (kn)	R.O.T (deg/min)
00:00:00	0	0,0	20,0	0
00:00:20	20	11,3	19,5	65
00:00:40	-20	35,2	18,2	28
00:01:00	-20	34,8	19,0	-26
00:01:20	-20	16,2	18,5	-86
00:01:40	-20	-17,2	16,5	-106
00:02:00	20	-37,1	16,8	-9
00:02:20	20	-31,5	18,2	40
00:02:40	20	-8,5	17,6	94
00:03:00	11	25,9	16,0	99
00:03:20	-20	37,7	17,1	-3
00:03:40	-20	28,9	18,2	-50
00:04:00	-20	1,9	17,2	-100

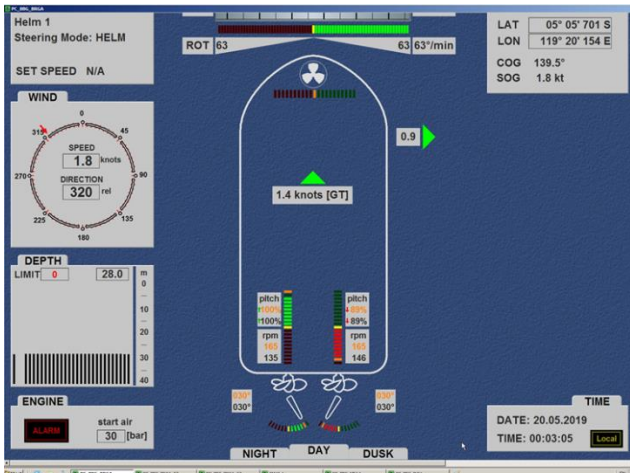
Tabel 6 Data zig-zag $10^{\circ}/10^{\circ}$

Times (s)	Rudder (deg)	Heading (deg)	Speed (kn)	R.O.T (deg/min)
00:00:00	0	0,0	20,0	0
00:00:20	10	7,0	19,8	37
00:00:40	-10	16,9	19,5	9
00:01:00	-10	14,1	19,7	-24
00:01:20	-10	1,5	19,3	-50
00:01:40	10	-17,9	18,6	-36
00:02:00	10	-22,9	19,1	2
00:02:20	10	-17,2	19,4	31
00:02:40	10	-2,6	19,0	56
00:03:00	-10	18,2	18,3	34
00:03:20	-10	22,8	19,0	-3
00:03:40	-10	16,8	19,3	-32
00:04:00	-10	2,3	19	-56

3.3 Hasil simulasi self turning basin

Salah satu dari lima belas model variasi simulasi *self turning basin*, yang ditampilkan adalah variasi III yaitu kemudi kiri pada posisi sudut 30° ke kanan dan kemudi kanan pada posisi sudut 30° ke kiri ($P.+30^{\circ}$ & $S.-30^{\circ}$), dimana *Port side Engine Full Ahead* dan *Starboard side Engine Full Astern* (rpm konstan) seperti yang ditunjukkan pada gambar 10 dan 11 sebagai berikut :

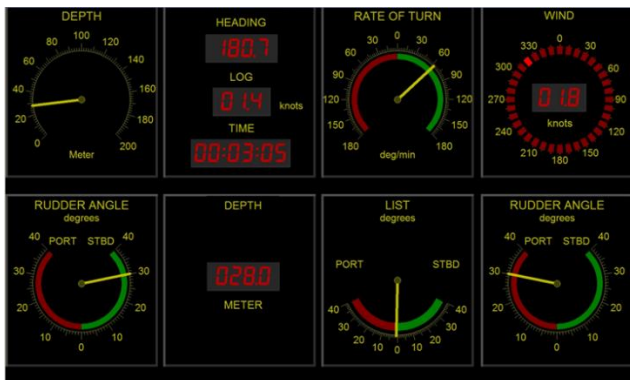




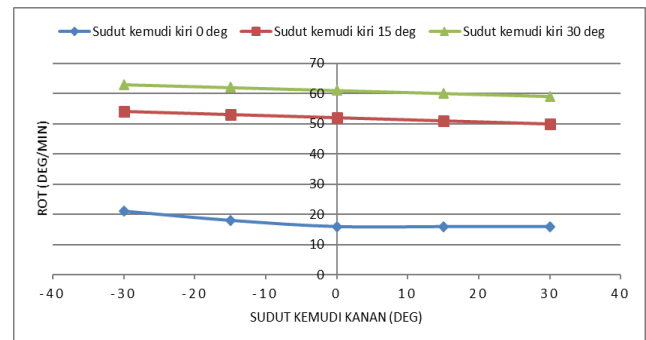
Gambar 10. Jendela Monitor, Variasi III (P.+30° & S.-30°)

lateral buritan kapal bergerak ke kiri dengan kecepatan 3.5 knot dalam waktu 3.08 menit mengakibatkan posisi kapal berada pada jarak 0.046 mile dari posisi awal dengan sudut bearing 239.1 derajat dengan jarak tempuh 0.1 mil sehingga menghasilkan rata rata perputaran kapal menjadi 63 derajat/menit.

Dari hasil data yang diperoleh pada data tabel 7, 8 dan 9, berikut gambar 13, 14, 15 dan 16 menunjukkan grafik untuk membedakan karakteristik respon kapal terhadap hubungan variasi sudut kemudi dengan rata rata perputaran kapal (ROT), waktu (Times), kecepatan kapal (Speed) dan Jarak titik putar (Range).

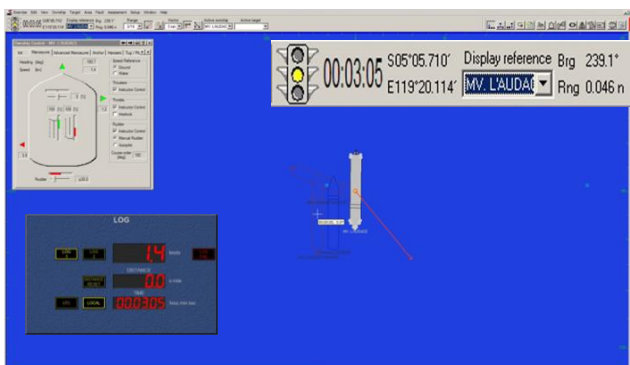


Gambar 11. Jendela instrument monitor control, Variasi III (P.+30° & S.-30°)



Gambar 13. Karakteristik ROT pada Turning basin kanan

Adapun hasil dari respon kapal pada self turning basin variasi III (P.+30° & S.-30°) dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Posisi kapal pada Turning basin Variasi III (P.+30° & S.-30°)

Model variasi III (P.+30° & S.-30°) menunjukkan pergerakan kapal bergerak maju dengan kecepatan 1.4 knots, kemudian pergerakan lateral haluan kapal bergerak ke kanan dengan kecepatan 1.2 knot dan pergerakan

Gambar 13, menunjukkan hubungan rata rata perputaran kapal (ROT) terhadap variasi sudut kemudi, dapat dinyatakan bahwa :

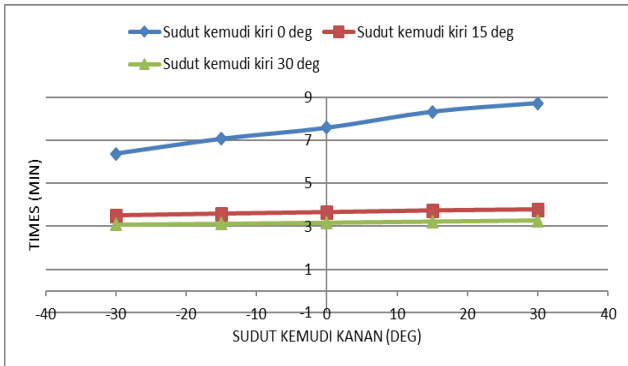
Pada ROT variasi I, kemudi kiri diposisikan pada sudut tetap 0° dan kemudi kanan diposisikan dari sudut 0° sampai dengan sudut 30° atau diarahkan ke kanan, tidak dapat menaikkan ROT, namun sebaliknya apabila diposisikan dari sudut 0° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan ke kiri dapat menaikkan ROT. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri semakin naik ROT.

Pada ROT variasi II, kemudi kiri diposisikan pada sudut tetap 15° dan kemudi kanan diposisikan dari sudut 30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan dapat menaikkan ROT. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kanan (+) maka semakin turun ROT, sebaliknya semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) maka semakin naik ROT.

Pada ROT variasi III, kemudi kiri diposisikan pada sudut tetap 30° dan kemudi kanan



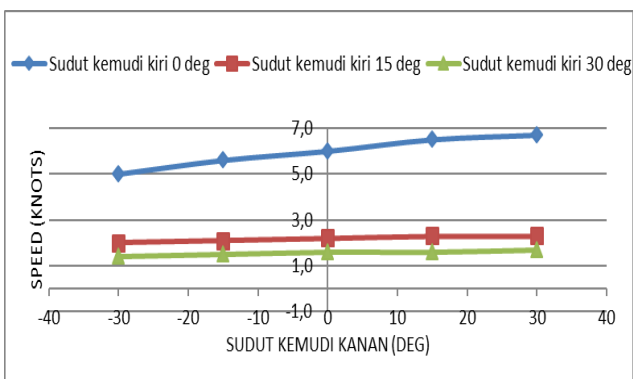
diposisikan dari sudut 30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan dapat menaikkan ROT. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kanan (+) maka semakin turun ROT, sebaliknya semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) maka semakin naik ROT.



Gambar 14. Karakteristik *Times* pada Turning basin kanan

Gambar 14, menunjukkan hubungan antara waktu yang diperlukan untuk memutar kapal (*Times*) terhadap variasi sudut kemudi, dapat dinyatakan bahwa :

Pada *Times* variasi I,II dan III, dimana kemudi kiri yang diposisikan pada sudut tetap 0°, 15°, 30° dan kemudi kanan diposisikan dari sudut 30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan memperkecil waktu. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) semakin rendah waktu yang diperlukan.

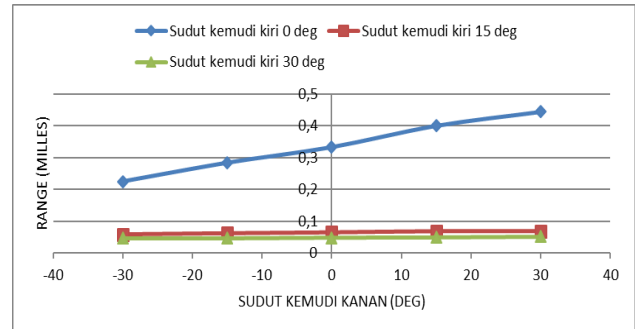


Gambar 15. Karakteristik *Speed* pada Turning basin kanan

Gambar 15, menunjukkan hubungan antara kecepatan kapal yang diperoleh (*Speed*) terhadap variasi sudut kemudi, dapat dinyatakan bahwa :

Pada *Speed* variasi I,II dan III, dimana kemudi kiri yang diposisikan pada sudut tetap 0°, 15°, 30° dan kemudi kanan diposisikan dari sudut

30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan memperlambat kecepatan. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) semakin lambat kecepatan kapal.



Gambar 16. Karakteristik *Range* pada Turning basin kanan

Gambar 16, menunjukkan hubungan antara jarak titik putar kapal yang diperoleh (*Range*) terhadap variasi sudut kemudi, dapat dinyatakan bahwa : Pada *Range* variasi I,II dan III, dimana kemudi kiri yang diposisikan pada sudut tetap 0°, 15°, 30° dan kemudi kanan diposisikan dari sudut 30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan mempendek jarak titik putar. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) maka semakin pendek jarak titik putar kapal.

Berikut tabel 7, 8 dan 9, menunjukkan hasil rekapitulasi data numerik respon kapal terhadap simulasi self turning basin yang diperoleh dari pengamatan pada instrument sebagai berikut :

Tabel 7. Data Model Variasi I, sudut kemudi P=0°; S=Variasi

Port Rudder Angle (Deg)	0	0	0	0	0
Starboard Rudder Angle (Deg)	-30	-15	0	15	30
LOG (Kt)	5,0	5,6	6,0	6,5	6,7
Bow Lateral speed (kt)	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Stern Lateral speed (kt)	-1,6	-1,4	-0,3	-1,3	-1,3
Times (Minutes)	6,38	7,07	7,58	8,33	8,73
Range (Nm)	0,225	0,284	0,333	0,400	0,444
Bearing (Deg)	292,6	297,6	298,0	297,8	296,8
Distance Run (Nm)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
ROT (Deg/min.)	21	18	16	16	16



Tabel 8. Data Model Variasi II, sudut kemudi P=15°; S=Variasi

Port Rudder Angle (Deg)	15	15	15	15	15
Starboard Rudder Angle (Deg)	-30	-15	0	15	30
LOG (Kt)	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3
Bow Lateral speed (kt)	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
Stern Lateral speed (kt)	-3,1	-3,0	-3,0	-2,9	-2,9
Times (Minutes)	3,5	3,58	3,65	3,73	3,78
Range (Nm)	0,058	0,062	0,065	0,069	0,069
Bearing (Deg)	255,2	257,1	259,7	260,6	261,4
Distance Run (Nm)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ROT (Deg/min.)	54	53	52	51	50

Tabel 9. Data Model Variasi III, sudut kemudi P=30°; S=Variasi

Port Rudder Angle (Deg)	30	30	30	30	30
Starboard Rudder Angle (Deg)	-30	-15	0	15	30
LOG (Kt)	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7
Bow Lateral speed (kt)	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
Stern Lateral speed (kt)	-3,5	-3,5	-3,4	-3,4	-3,4
Times (Minutes)	3,08	3,12	3,17	3,22	3,27
Range (Nm)	0,046	0,046	0,048	0,049	0,051
Bearing (Deg)	239,1	243,7	244,1	245,3	247,7
Distance Run (Nm)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ROT (Deg/min.)	63	62	61	60	59

4. Kesimpulan

Simulasi *Self Turning Basin* dengan metode mesin kiri maju penuh dan mesin kanan mundur penuh (rpm konstan) dengan beberapa variasi sudut kemudi, dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

- Pada kemudi kanan, memposisikan sudut kemudi pada arah kanan atau positive (+) dapat mengurangi *Rate of Turn* (R.O.T), memperlambat waktu putar, menambah

kecepatan kapal dan memperpanjang jarak putar kapal.

- Arah dan sudut kemudi yang menunjukkan efektifitas repon kapal saat *Self Turning Basin* yang baik adalah yang menunjukkan ROT tertinggi, Times terpendek, *Speed* terendah dan *Range* terpendek.

5. Referensi

- Y. Yoshimura, H. Sakurai, J. Kansai Soc. Nav. Archit. Jpn. 211. (1988) 115
- K. Kijima, , T. Katsuno, Y. Nakiri, J. Soc. Nav. Archit. Jpn. 168. (1990) 141
- Maritime Safety Committee on Ship Maneuverability of International Maritime Organization (IMO), MSC 76/23, Resolution MSC. 137(76), London (2002)
- Yoshimura, Yasuo Ma, Ning. (2003). Manoeuvring Prediction of Fishing Vessel. MARSIM'03 Convergence Proceedings: pRC-29-1-10, Hokkaido University.
- J. Carlton, Marine Propeller and Propulsions, 2nd ed., Elsevier, UK. (2007) p.103.
- M.Ridwan Utina. (2009). Simulasi Manuver Turning Kapal Ferry Penumpang. Jurnal Wave, UPT BPPH – BPPT Vol.3 No. 2.
- Handayani. (2011).Penggunaan Azimuth Podded terhadap Kemampuan Manuver Kapal Naval System Engineering Hasanuddin University.
- Kongsberg Maritime AS. (2011). Polaris Ship's Bridge Simulator – Technical Manual – Section 5b - Instrumentation.
- Yoshimura, Yasuo, and Yumiko Masumoto. "Hydrodynamic database and manoeuvring prediction method with medium high-speed merchant ships and fishing vessels." Proceedings of International MARSIM Conference, Singapore, 23-27 April 2012. 2012.
- Daeng Paroka, Andi Haris Muhammad and Syamsul Asri. (2016). Maneuverability of Ship with Small Draught in Steady Wind. Department of Naval Architect, Faculty of Engineering - UNHAS.



- [11] Benedictus Johanes Bellawa. (2017). Analisis Variasi Posisi Rudder terhadap Efektivitas manuver Kapal. Tugas Akhir – MO141326 Teknik Kelautan - ITS. Keterampilan Bernavigasi Taruna Akademi Pelayaran Niaga Indonesia. Jurnal Mitra Pendidikan (JMP Online) Vol. 2 No.4
- [12] Cahaya Fajar Budi Hartanto. (2018). Pemanfaatan Simulator Dalam Meningkatkan Pengetahuan dan [13] DNV-GL Statement Of Compliance K-Sim Navigation (2019)

