

Karakteristik Manuver dengan Variasi Sudut Kemudi Kapal Ro-Ro

I Made Alet^{1*}, Andi Haris Muhammad¹, Daeng Paroka¹

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: alet.santoso@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.12

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 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

Maneuvers Simulation Model with Rudder Angle Variation of the Ro-Ro Vessel. Basically, there are three movements of ship that can't be responded by ship those are *surging*, *swaying* and *yawing* movements. To control this movement, ship maneuvers are required. Maneuverability will deter mind the safety of ships, operate on the restricted water or the ship operated in harbour, because of IMO (*International Maritime Organization*) has imposed some at criteria for standard safety of ship, between other things *Turning Ability* and *Course Keeping-Yaw Checking Ability*. In this paper talking about the test of maneuver simulation model with variations of twin rudder and twin propeller types of roll-on roll-off (Ro-Ro) vessels in that did in Barombong Maritime Polytechnique Bridge Simulator, by using software *Polaris Ship Simulator Kongsberg* method. The test of this simulation will predict the ability of ships maneuver in the competence phase, especially for the ship operators. Respond result of the ship to the starboard in the self turning should in that the rudder angle in the starboard direction can reduce the rate of turn and slow down the turning time, increase the speed of ship and increase the turning distance of the ship, otherwise to direct the rudder angle to the port can increase the rate of turn, increasing the turning time, reducing the speed of ship, and reducing the turning distance of ship. The right characteristic starboard turning basin simulation shows the fast rate of turn, the shortest speed, time and turning distance of ship.

Kata Kunci: *Maneuvers, rudder angles, simulator*

1. Pendahuluan

Tiga gerakan kapal yang tidak dapat 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.

Menurut M. Ridwan Utina [1] dalam penelitian tentang Simulasi Manuver *Turning* Kapal Ferry Penumpang dengan metode simulasi numerik dengan menggunakan *software maneuver SURIM* pada tahapan desain menyimpulkan bahwa kemampuan merubah lintasan (*course*



changing ability) kapal sangat baik karena nilai rasio *advanced/LPP* pada sudut kemudi 35° adalah 3.38, nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang direkomendasikan *IMO 4.5*, nilai rasio *tactical diameter/LPP* adalah 1.67, rasio ini jauh lebih kecil dari yang direkomendasikan *IMO* yaitu 5.0.

Sedangkan menurut Daeng Paroka [2] dalam penelitian Kemampuan Manuver Kapal dengan Sarat Kecil pada Kecepatan Angin Konstan bahwa gaya dan momen yang ditimbulkan oleh arah data angin terhadap kapal yang divariasikan mulai dari 0° sampai 180° yang disimulasikan dengan model matematika, mengakibatkan kecepatan operasi kapal berkurang secara drastis, sudut geser yang besar serta sudut kemudi yang besar untuk mempertahankan arah gerak kapal.

Kriteria standar keselamatan kapal [3] untuk *Turning Ability* dan *Course Keeping-Yaw Checking Ability* sesuai yang dipersyaratkan oleh *International Maritime Organization (IMO)* khususnya bagi para operator kapal untuk Pemanfaatan Simulator Dalam Meningkatkan Pengetahuan dan Keterampilan Bernavigasi [4] pada tahap kompetensi diperlukan pengujian model simulasi manuver dengan variasi sudut kemudi dengan menggunakan kapal jenis Ro-Ro twin rudder dan twin propeller model RORO04L [5] dengan metode *software Polaris Ship's Bridge Simulator-Kongsberg* [6].

Adapun tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut kemudi kapal saat manover pada bridge simulator dan mengetahui karakteristik kapal yang menunjukkan waktu manuver terhadap gerakan *Surging, Swaying dan Yawing*.

2. Metode Penelitian

2.1. Data Penelitian

Pada penelitian ini data kapal yang digunakan pada bridge simulator adalah jenis kapal Ro Ro.

- Data deskripsi kapal model

Data deskripsi kapal model dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi kapal model

Item	Dimensi
Hull	
<i>Deadweight (DWT)</i>	4,659 (t)
<i>Displacement</i>	11,070.0 (t)
<i>Length overall (LOA)</i>	142.0 (m)
<i>Length between perpendicular (LBP)</i>	132.0 (m)
<i>Breadth (B)</i>	21.0 (m)
<i>Block coefficient</i>	0.649
<i>Draught fore (D)</i>	5.90 (m)
<i>Draught aft (D)</i>	6.10 (m)
<i>Ship speed (Vs) (Max/Average)</i>	20.0 (knots)
Engine	
<i>Engine Number</i>	2 Pcs
<i>Total Shaft Power</i>	12,948 (kW)
<i>Revolution</i>	550 (RPM)
Propeller	
<i>Number of Propeller</i>	2 (Pcs)
<i>Blades</i>	4 (Pcs)
<i>Diameter</i>	4.30 (m)
<i>Pitch Ratio</i>	0.876 (P/D)
<i>Pitch Rate</i>	0.43(m/rev/s)
<i>Revolutions</i>	165 (RPM)
Rudder	
<i>Rudder Number</i>	2 (Pcs)
<i>Range</i>	-35° & $+35^\circ$

- Simulasi manuver kapal model

- 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 $+35^\circ$, dan pengujian kedua pada sudut kemudi $+20^\circ$ dengan kecepatan maksimum, sampai kapal melakukan *turning cycle* lebih dari 540° .



- Manuver zig-zag
Penguujian 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 hingga pada sudut 20°, hingga haluan kapal menunjukkan heading 20°. Penguujian maksimal 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°.

- 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°, +30°, -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°, +30°, -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°, +30°, -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° 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° /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°.

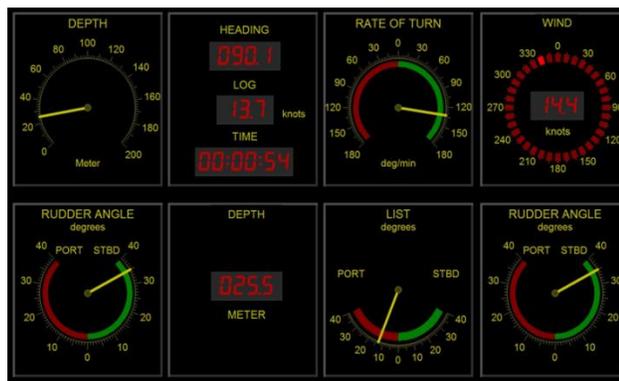
Jarak *transfer* 0.083 Nm atau 153.7 meter diperoleh dengan mengukur *range* melintang ke arah 270° dari titik kapal pada posisi heading 90° sampai pada garis membujur posisi kapal heading 0°. *Drift Angle* 19.7° diperoleh dengan mengurangi heading 90° dengan sudut lintasan titik berat kapal atau pada 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



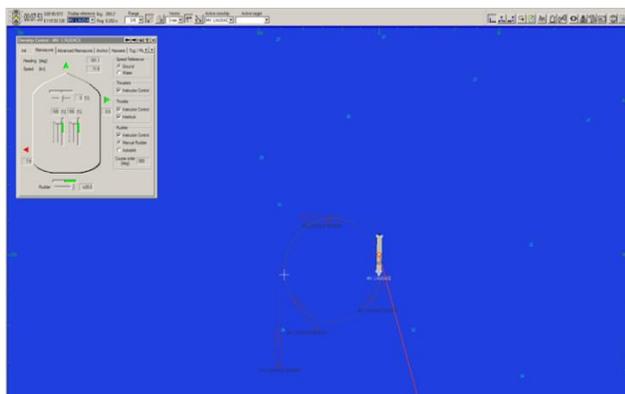
ditempuh kapal pada kondisi putaran yang tidak banyak melakukan perubahan dengan diameter 0.202 Nm atau 374.1 meter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1. Jendela monitor, *turning cycle* kanan pada sudut kemudi 35°



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

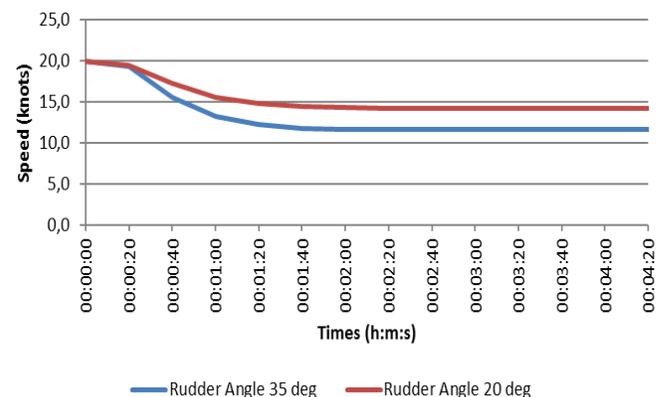


Gambar 3. Posisi kapal pada *turning cycle* kanan 540°

Begitu pula pada proses simulasi *turning cycle* yang kedua dengan sudut kemudi +20°, 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°/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

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

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

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°/menit pada waktu ke 40 detik, kemudian mulai terjadi penurunan turn rate 114°/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°/menit pada waktu ke 40 detik, kemudian mulai terjadi penurunan turn rate 95°/menit hingga pada waktu 2 menit dan 20 detik dan selanjutnya turn rate kapal menjadi konstan pada waktu Steady Turning Diameter.

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°

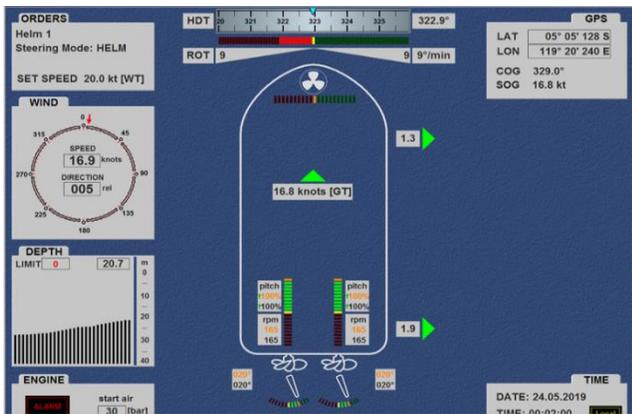
Rudder Angle (deg)	Time 90° (s)	Advance (m)	Transfer (m)	Time 180° (s)	Tactical dia. (m)	Steady turning dia. (m)
35°	54	430,7	153,7	98	387,1	374,1
20°	67	524,1	231,5	121	544,5	520,4

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 Maneuver Zig-Zag

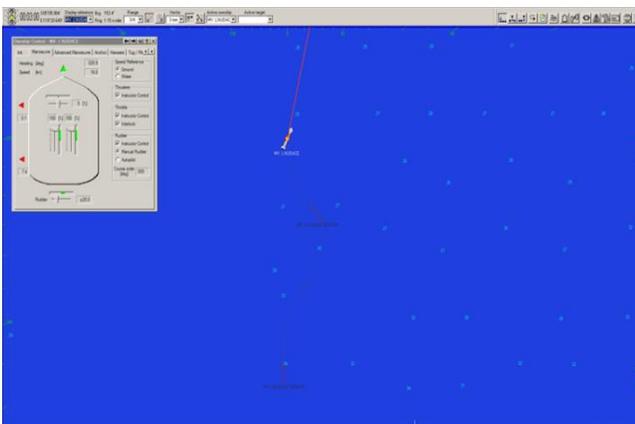
Data pada Tabel 5 dan 6 diperoleh dari hasil pengamatan pada instrument simulasi maneuver zig-zag $20^{\circ}/20^{\circ}$ dan zig-zag $10^{\circ}/10^{\circ}$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, 6 dan 7.



Gambar 5. Jendela monitor, Zig-zag $20^{\circ}/20^{\circ}$ (1^{st} overshoot)

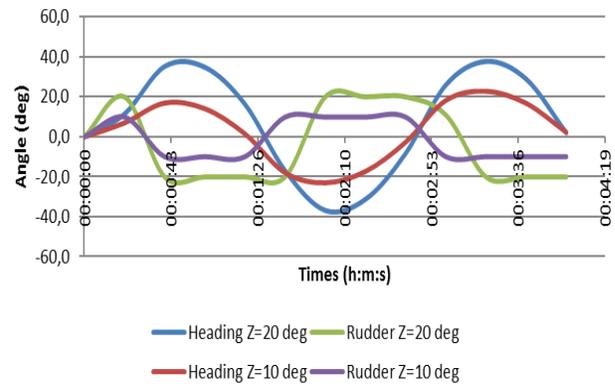


Gambar 6. Jendela instrument monitor control zig-zag $20^{\circ}/20^{\circ}$ (1^{st} overshoot)

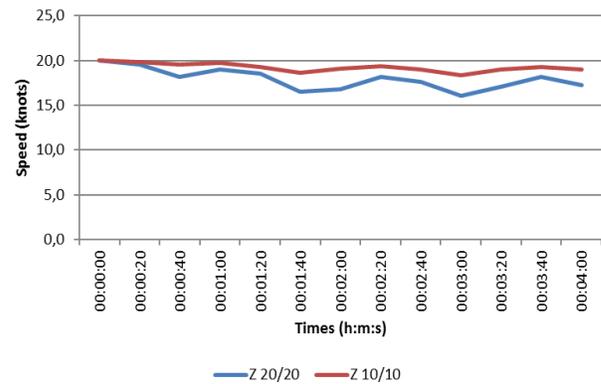


Gambar 7. Posisi kapal pada zig-zag $20^{\circ}/20^{\circ}$ (2^{nd} overshoot)

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 maneuver



Gambar 9. Karakteristik *speed* zig-zag maneuver

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°/20°

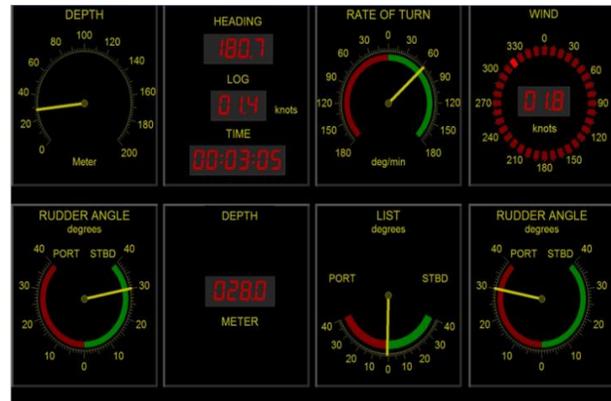
Time (s)	Rudder (deg)	Heading (deg)	Speed (kn)	R.O.T (deg/min)
00:00:00	0	0,0	20,0	0
00:00:20	20	11,3	19,5	65
00:00:40	-20	35,2	18,2	28
00:01:00	-20	34,8	19,0	-26
00:01:20	-20	16,2	18,5	-86
00:01:40	-20	-17,2	16,5	-106
00:02:00	20	-37,1	16,8	-9
00:02:20	20	-31,5	18,2	40
00:02:40	20	-8,5	17,6	94
00:03:00	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°/10°

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	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

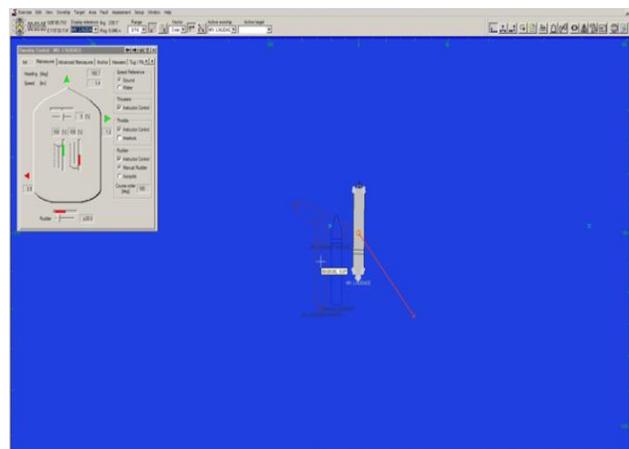


Gambar 10. Jendela monitor, Variasi III (P.+30° & S.-30°)



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

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°)

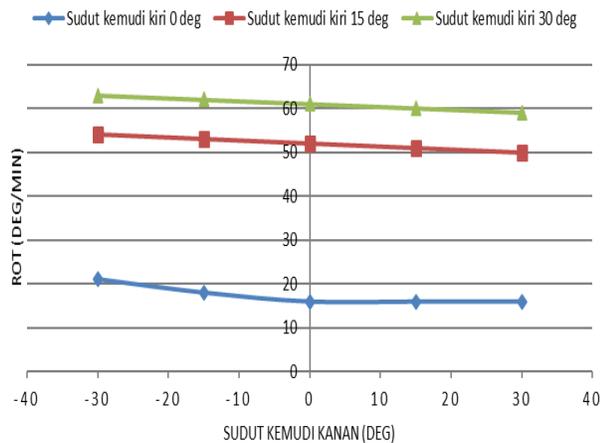
3.3. Hasil Simulasi *Self Turning Basin*

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° & S.-30°), dimana *Port side Engine Full Ahead* dan *Starboard side Engine Full Astern* (rpm konstan) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan 11.



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 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*).



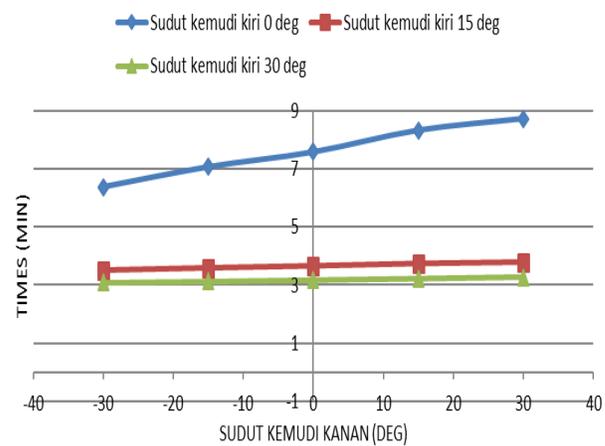
Gambar 13. Karakteristik *ROT* pada *turning basin* kanan

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

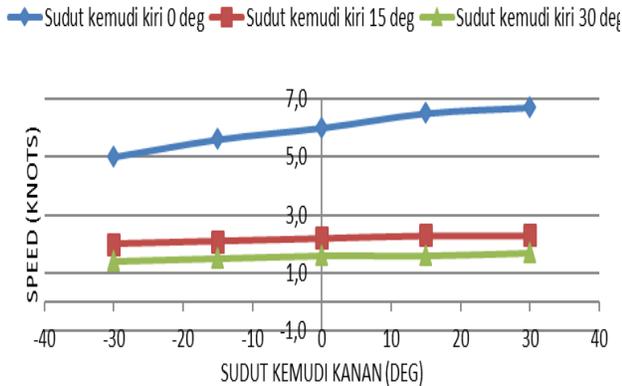
Gambar 14, menunjukkan hubungan antara waktu yang diperlukan untuk memutar kapal (*Times*) terhadap variasi sudut kemudi, dapat dinyatakan bahwa :

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 menunjukkan hubungan antara *Speed* yang diperoleh 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

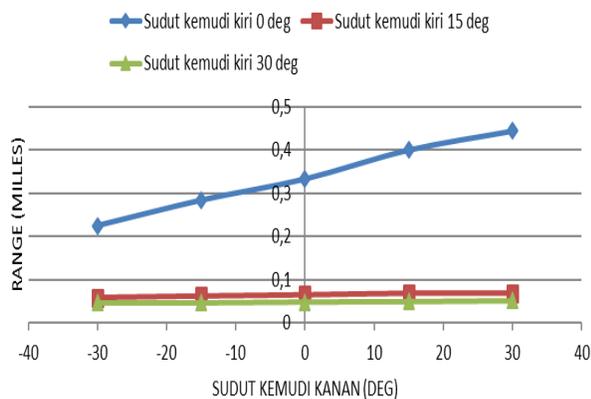


kemudi kanan diposisikan dari sudut 30° sampai dengan sudut -30° atau diarahkan dari kanan ke kiri akan memperlambat kecepatan. Semakin besar sudut kemudi kanan diarahkan ke kiri (-) semakin lambat kecepatan kapal.



Gambar 15. Karakteristik speed 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.



Gambar 16. Karakteristik range pada turning basin kanan

Berikut Tabel 7, 8 dan 9, menunjukkan hasil rekapitulasi data 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

<i>Port Rudder Angle (Deg)</i>	30	30	30	30	30
<i>Starboard Rudder Angle (Deg)</i>	-30	-15	0	15	30
<i>LOG (Kt)</i>	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7
<i>Bow Lateral speed (kt)</i>	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
<i>Stern Lateral speed (kt)</i>	-3,5	-3,5	-3,4	-3,4	-3,4
<i>Times (Minutes)</i>	3,08	3,12	3,17	3,22	3,27
<i>Range (Nm)</i>	0,046	0,046	0,048	0,049	0,051
<i>Bearing (Deg)</i>	239,1	243,7	244,1	245,3	247,7
<i>Distance Run (Nm)</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>ROT (Deg/min.)</i>	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 positif (+) dapat mengurangi *Rate of Turn* (R.O.T), memperlambat waktu putar, menambah

kecepatan kapal dan memperpanjang jarak putar kapal.

- Sudut kemudi yang menunjukkan karakteristik respon putar kapal terhadap gerakan *Surging*, *Swaying* dan *Yawing* adalah yang menunjukkan ROT tertinggi, *Times* terpendek, *Speed* terendah dan *Range* terpendek.

Referensi

- [1] M. Ridwan Utina. (2009). Simulasi Manuver Turning Kapal Ferry Penumpang. Jurnal Wave, UPT BPPH – BPPT Vol.3 No. 2.
- [2] 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.
- [3] Maritime Safety Committee on Ship Maneuverability of International Maritime Organization (IMO), MSC 76/23, Resolution MSC. 137(76), London (2002).
- [4] Cahaya Fajar Budi Hartanto. (2018). Pemanfaatan Simulator Dalam Meningkatkan Pengetahuan dan Keterampilan Bernavigasi Taruna Akademi Pelayaran Niaga Indonesia. Jurnal Mitra Pendidikan (JMP Online) Vol. 2 No. 4.
- [5] Description of Ship Model RORO04L Roll-on Roll-off Ship L'Audace Full Loaded Version 6 – Kongsberg Maritime (2012).
- [6] Kongsberg Maritime AS. (2011). Polaris Ship's Bridge Simulator – Technical Manual – Section 5b – Instrumentation.

