

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH *INITIAL CONSTANT HEEL* TERHADAP KINERJA MANUVERING KAPAL

Baharuddin Ali,^{1,*} Cakra Wijaya Kusuma Rahadi¹, Sumarsono¹, Muhamad Ali Mudhofar¹

¹ Balai Teknologi Hidrodinamika – BPPT, Surabaya

*Corresponding author: baharuddin.ali@bppt.go.id

Article history

Received:
23-10-2019
Accepted:
31-12-2019
Published:
31-12-2019

Copyright © 2019
Jurnal Teknologi dan
Riset Terapan

Open Access

Abstrak

Manuverabilitas suatu kapal adalah salah satu kunci untuk menjamin keselamatan jalannya operasional kapal. Kondisi manuver kapal dalam kondisi kapal tidak normal misal mengalami kemiringan akibat bergeseran muatan atau akibat kapal mengalami kebocoran (*constant heel*) perlu dilakukan antisipasi. Mengetahui karakteristik manuvering kapal dengan kondisi *initial constant heel* melalui uji model akan memberikan gambaran riil yang terjadi dan menjadi masukan dalam permodelan matematis. Untuk mengetahui pengaruh kemiringan kapal terhadap kinerja manuver kapal maka pada tulisan ini menyajikan hasil pengujian turning dan zig-zag maneuver pada sebuah model kapal patroli pantai dalam kondisi normal dan *initial port side constant heel* dengan metode *free running model*. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa penurunan dan kenaikan parameter turning maneuver dalam kondisi kapal miring terlihat lebih signifikan pada transfer dan tactical diameter jika dibandingkan dengan kondisi normal. Saat kapal miring ke kiri (*port side initial constant heel*) melakukan *port side turning*, transfer dan tactical diameter model kapal dengan kondisi miring ke kiri mengalami penurunan 2.14% dan 3.03%, sebaliknya saat *starboard side turning* mengalami peningkatan pada transfer diameter 6.20% dan tactical diameter naik menjadi 8.09% dibandingkan kondisi normal, sedangkan pengaruh *initial constant heel* pada manuver zig-zag tidak signifikan

Kata Kunci: Manuver, Uji Model, Turning, Zig-Zag, Initial Constant Heel

Abstract

Maneuverability is a key criterion that every ship must possess to safely navigate and maintain its course. Ships are commonly making way in an upright condition, although, sometimes initial constant heel might be occurred. Understanding ship maneuvering characteristics in such conditions through model tests will provide a clear depiction on real state. This is also can be utilized as a reference or an input for mathematical modeling. A series of zig-zag and turning circle experiment of high-speed patrol boat model has been done on two free-running condition (normal-upright and initial port side constant heel). The experiment results show that the decrement and increment of turning maneuver parameters in heel conditions are more significant in both transfer and tactical diameter compared to normal conditions. Based on the test result, port side turning with initial port side constant heel experience a slight drop in transfer and tactical diameter at 2.14% and 3.03% respectively. On the contrary, starboard side turning (with initial portside constant heel) increases in transfer diameter at 6.20% and tactical the diameter at 8.09% compared to normal conditions, while the effect of the initial constant heel on the zig-zag maneuver was not significant.

Keywords: Maneuver, Model Test, Turning, Zig-Zag, Initial Constant Heel

1.0 PENDAHULUAN

Mengetahui karakteristik manuver suatu kapal dalam berbagai keadaan adalah sangat penting, baik berkenaan dengan keselamatan kapal maupun kinerja hidrodinamiknya. Dalam tahap desain, kinerja manuver

suatu kapal yang biasanya disimulasikan pada kondisi air tenang saat ini berkembang dengan mempertimbangkan hal lain yang mungkin terjadi dalam kenyataan di lapangan. Beberapa penelitian terbaru dalam memprediksi manuver suatu kapal telah dilakukan Fang et al. [1] dengan mensimulasikan gerak turning

maneuver kapal dengan mempertimbangkan pengaruh encounter frequency dari perairan bergelombang dalam koefisien-koefisien hidrodinamik permodelan matematisnya, Paroka et al. [2] memodelkan manuvering kapal dengan mengkombinasikan pengaruh angin dan gelombang melalui metode mathematical modelling group (MMG). Skejick et al. [3] melakukan permodelan turning maneuver pada kondisi gelombang ireguler, Chroni et al. [4] membuat permodelan 4 dof manuvering kapal pada perairan bergelombang dan Papanikolau et al. [5] melakukan uji model gerak turning dan zig-zag maneuver untuk memvalidasi permodelan matematis maneuver 4 dof pada adverse weather conditions.

Pada umumnya prediksi manuvering suatu kapal dilakukan dalam kondisi heel normal, namun pada kondisi tertentu kapal mengalami kondisi yang menyebabkan initial constant heel/kapal kondisi miring, misal saat kapal mengalami pergeseran muatan di suatu sisi, atau saat kapal mengalami kebocoran di salah satu sisi lambungnya. Secara teori, bentuk badan kapal yang tercelup di bawah air yang tidak simetris berubah dari bentuk normalnya (akibat kapal dalam kondisi miring) akan mengakibatkan perubahan gaya-gaya hidrodinamik yang bekerja pada lambung kapal sehingga mempengaruhi kinerja manuver kapal tersebut.

Untuk melihat pengaruh pemberian kondisi initial constant heel ketika kapal bermanuver secara langsung maka pengujian model perlu dilakukan. Meskipun uji model secara free running memerlukan persiapan yang rumit dan berbiaya tinggi namun ini adalah metode yang paling andal untuk memprediksi kinerja manuver suatu kapal. Beberapa penulis telah melakukan pengujian dengan metode free running untuk jenis kapal dengan bentuk lambung yang berbeda, seperti Hirano et al. [6][7] dan Ueno et al. [8]. Selain itu, pengujian manuver pada gelombang reguler dan ireguler dilakukan oleh Yasukawa [9][10] dengan model kapal kontainer S-175. Pada tulisan ini disajikan hasil uji model turning dan zig-zag maneuver pada air tenang untuk sebuah model kapal patroli pantai dalam kondisi normal dan port *side constant heel* dengan metode *free running*.

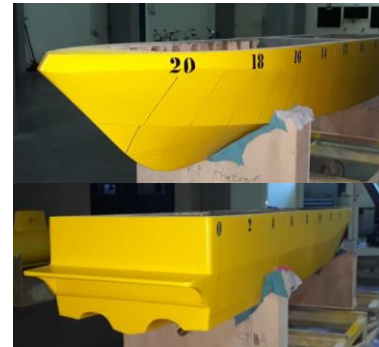
2.0 METODE

Pengujian gerak manuver ini menggunakan model jenis kapal patroli pantai dengan propeler ganda. Dengan ukuran utama model seperti pada Tabel 1, sedangkan gambar model dan bodyplan model kapal sebagaimana pada Gambar 1 dan 2.

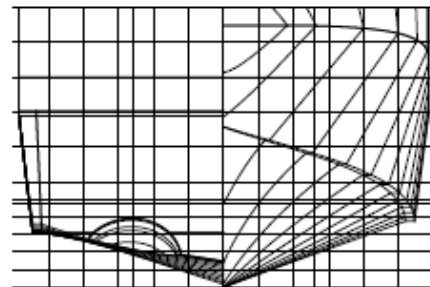
Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *free running* sehingga model dapat bergerak dalam 6 derajat kebebasan. Dengan metode ini model dilengkapi dengan sistem penggerak dan sistem kontrol yang memungkinkan model dapat bergerak bebas dan terprogram.

Untuk pengujian *turning maneuver*, sudut kemudi telah dikalibrasi dan diprogramkan pada sistem kontrol untuk dapat membentuk sudut kemudi 35 deg arah cikal kiri/*port side* maupun cikal kanan/*starboard side*, sedang

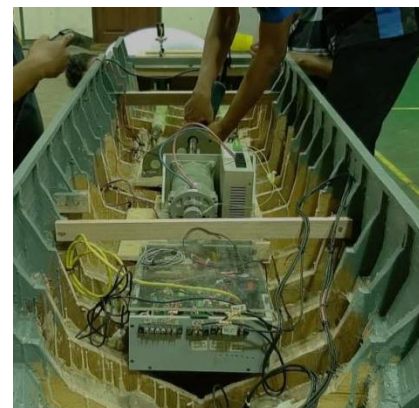
Simbol	Unit	Dimensi
Loa	m	3.06
Lpp	m	2.60
B	m	0.56
T	m	0.12
Δ	kg	68.26
VCG	m	0.185
LCG	m	1.081



Gambar 1. Model kapal patroli



Gambar 2. Body plan model kapal patroli



Gambar 3. Peralatan kontrol pada model kapal

untuk uji *zig-zag maneuver*, model dilengkapi sistem auto pilot yang diprogramkan pada sistem kontrol sedemikian hingga model dapat melakukan gerak *zig-zag* 20/20 deg. Pengujian *zig-zag maneuver* dilakukan dengan memprogram secara autopilot sistem penggerak model sesuai prosedur uji *zig-zag* maneuver. Model yang digerakan ke arah 20 deg ke kanan saat pertama dan ke kiri 20 deg setelah *heading* model kapal mencapai *heading* yang dimaksud yang terbaca dari sensor gyro yang terpasang. (lihat Gambar 3, pemasangan peralatan kontrol pada model kapal yang akan digunakan uji model). Dalam mendapatkan data

Tabel 1. Ukuran utama model kapal

pergerakan selama model kapal bermanuver didapatkan melalui sensor target yang terpasang pada model yang akan dideteksi oleh peralatan *motion tracking* secara *wireless optical tracking* yang selanjutnya direkam dalam bentuk data gerakan model.

Pada pengujian ini, untuk mengetahui pengaruh *initial constant heel* pada model kapal maka uji manuver kapal pada kondisi ini dilakukan penggeseran balast tetap seberat 5 kg ke arah *port side* sedemikian hingga menghasilkan sudut heel 3.7 deg sebagai *port side initial constant heel*. Kedua uji manuver ini dilakukan pada kondisi air tenang dengan *initial speed* model 1.6 m/sec.

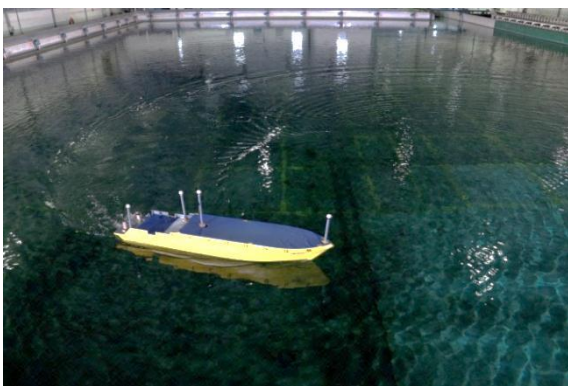
Sebelum melakukan pengujian *maneuvering*, dilaksanakan pengaturan distribusi berat model pada swing table sehingga didapatkan titik berat memanjang dan vertikal model kapal sesuai dengan kondisi titik berat yang direncanakan serta dilakukan kalibrasi semua peralatan ukur yang akan dipakai. Selama pengujian dilakukan pengambilan foto dan video sebagai dokumentasi dan pendukung analisa. Pembuatan model dan semua kegiatan pengujian di kolam manuevering ocean basin (MOB) yang ada di Balai Teknologi Hidrodinamika – BPPT, Surabaya.

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Turning Maneuver

Dalam simulasi pengujian *turning maneuver* untuk mengetahui perbandingan karakteristik gerak manuver putar dalam kondisi model tanpa *port side constant heeling* (normal) dan kondisi model dengan *port side constant heeling* dilakukan pengujian uji manuver pada arah *port side turning* dan *starboard side turning* masing-masing dengan sudut kemudi 35 deg. Pada Gambar 4 dan 5 ditampilkan foto pengujian model ini, masing-masing pada *port* dan *star board side turning*. Bila diperlukan, setiap kondisi pengujian dilakukan beberapa kali pengulangan sehingga didapatkan hasil data yang dapat dianalisa.

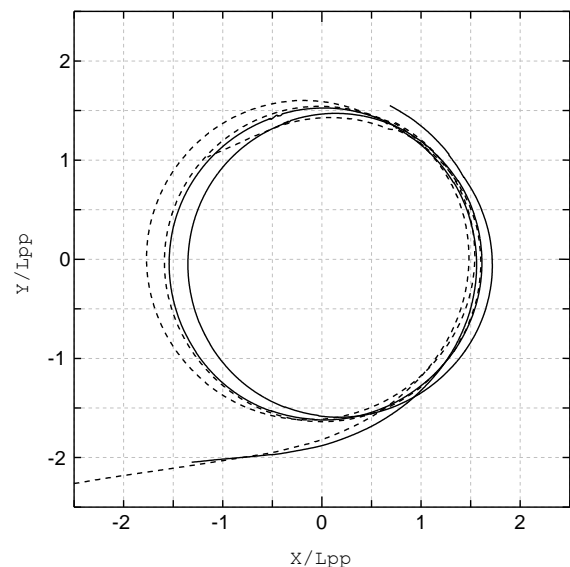
Hasil uji model disajikan dalam bentuk non-dimensional (lihat Gambar 6 dan 7), dimana X/L_{pp} adalah gerakan maju dari model (X : surge) dibandingkan dengan L_{pp} model, sedang Y/L_{pp} perbandingan gerakan samping dari model (Y : sway) dibandingkan dengan L_{pp} model kapal. Pada gambar,



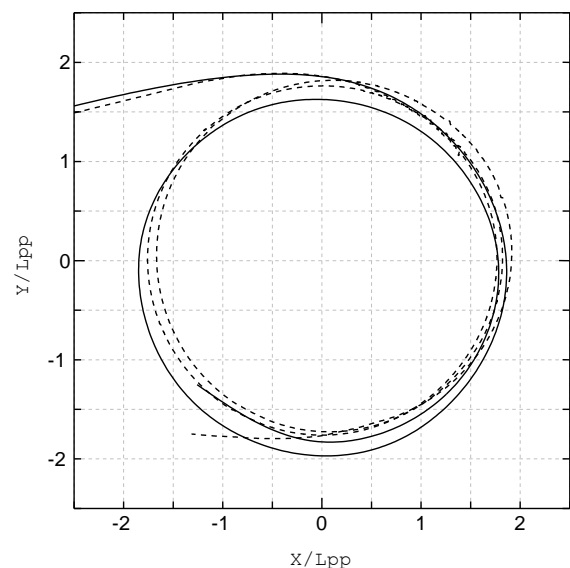
Gambar 4. Kondisi pengujian *port side turning direction*



Gambar 5. Kondisi pengujian *starboard side turning direction*

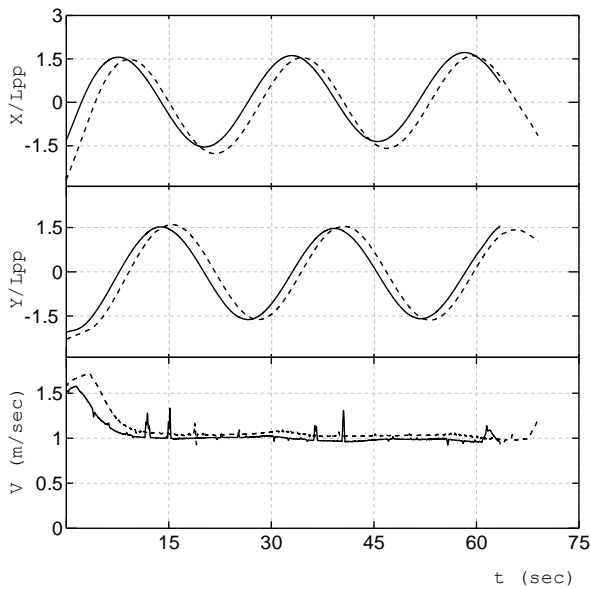


Gambar 6. Tracking *port side turning maneuver* dengan dan tanpa *constant port side heeling*

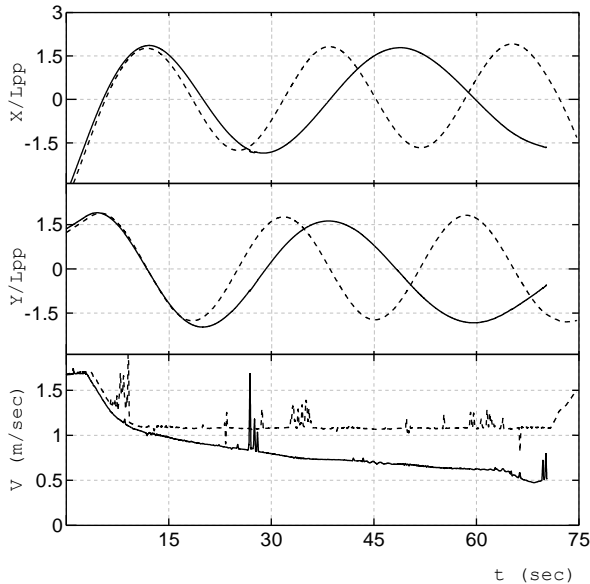


Gambar 7. Tracking *starboard side turning maneuver* dengan dan tanpa *constant port side heeling*

data tracking gerak manuver model kapal kondisi normal digambarkan dengan garis --- dan tracking gerak manuver model kapal dengan *port side constant heeling* digambarkan dengan garis —.



Gambar 8. Time traces gerakan dan kecepatan saat port side turning maneuver dengan dan tanpa constant port side heeling

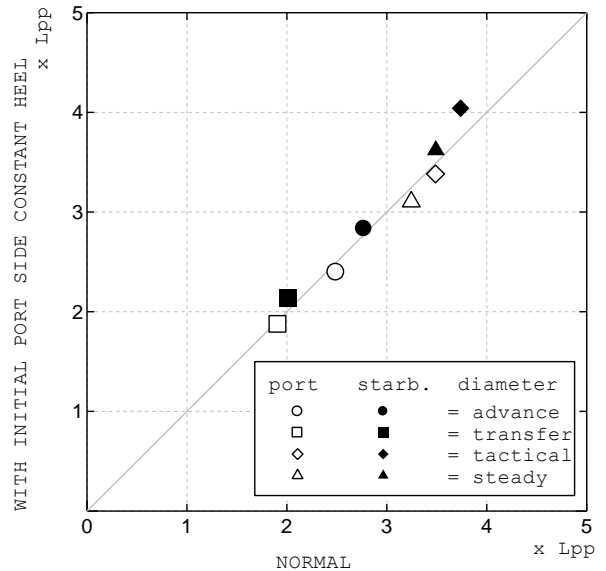


Gambar 9. Time traces gerakan dan kecepatan saat starboard side turning maneuver dengan dan tanpa constant port side heeling

Dari hasil pengujian diketahui bahwa pada kondisi putar kiri (*port side turning*) model dengan kondisi awal miring ke kiri (*initial constant port side heel*) menunjukkan diameter turning yang relatif lebih kecil dibandingkan dalam kondisi normal atau tanpa *constant port side heel*, lihat Gambar 6. Hal ini berbeda saat model melakukan ke kanan (*starboard turning maneuver*), model yang dengan kondisi awal miring ke kiri saat memutar ke kanan menunjukkan kecenderungan memiliki diameter putar yang lebih besar dibandingkan model dalam kondisi normal, lihat Gambar 7. Bila kondisi *initial speed* yang diberikan pada tiap kondisi sama maka saat model bermanuver kapal secara otomatis mengalami penambahan tahanan kapal (terlihat dari penurunan kecepatan), dan adanya kecenderungan terjadi penurunan kecepatan yang lebih

Tabel 2. Hasil uji model turning maneuver

Parameter Diameter	Portside Turning		Starboard Turning	
	Normal	Port side Constant Heel	Normal	Port side Constant Heel
Advance	2.491	2.396	2.770	2.834
Transfer	1.912	1.871	2.012	2.137
Tactical	3.488	3.382	3.739	4.041
Steady	3.246	3.104	3.491	3.621



Gambar 10. Perbandingan parameter turning maneuver dengan dan tanpa constant port side heeling

saat kondisi constant heel dibanding model kondisi normal, lihat Gambar 8 dan 9. Saat model yang dengan kondisi awal miring ke kiri melakukan putaran ke arah kanan, signal gerak arah sumbu X dan Y memiliki frekuensi yang lebih besar dibandingkan kondisi normal maupun kondisi miring kapal searah dengan arah putaran kapal saat bermanuver, lihat Gambar 9. Hal ini membuktikan bahwa kondisi initial constant heel mempengaruhi karakteristik hidrodinamis manuver kapal.

Pengaruh penurunan kecepatan yang signifikan saat pada kondisi arah sudut *constant heeling* berlawanan dengan arah putar manuver kapal menunjukkan kenaikan diameter manuver putar, ini ditunjukkan dari hasil uji model dengan kondisi *port side constant heel* saat *starboard turning maneuver*, lihat Gambar 7 dan 9. Namun hal ini berlawanan dengan hasil Gambar 6 dan 8, saat constant heel angle searah dengan arah putar manuver kapal terjadinya penurunan kecepatan meskipun kecil namun diameter putar lebih kecil dari kondisi normal.

Perbedaan besaran pada parameter turning maneuver pada model dengan kondisi normal dan *initial port side constant heel* ditampilkan pada Gambar 10, sedangkan nilai masing-masing parameter disajikan dalam bentuk non dimensional terhadap L_{pp} model kapal seperti pada Tabel 2. Dari gambar tersebut terlihat lebih menjelaskan hubungan pengaruh arah initial constant heel dan arah putar terhadap besaran parameter yang dihasilkan saat kapal bermanuver. Bila

arah *initial constant heel* searah dengan arah putar manuver kapal maka akan memperkecil parameter *turning maneuver*, sebaliknya bila arah *initial constant heel* berlawanan dengan arah putar manuver kapal akan memperbesar parameter *turning maneuver*.

Penurunan dan kenaikan parameter turning maneuver ini terlihat lebih signifikan pada transfer dan tactical diameter jika dibandingkan dengan kondisi normal saat *port side turning*. Transfer dan tactical diameter model kapal dengan *initial port side constant heel* mengalami penurunan 2.14% dan 3.03%, sebaliknya saat *starboard side turning* mengalami peningkatan pada transfer diameter 6.20% dan tactical diameter naik menjadi 8.09% dibandingkan kondisi normal.

3.2. Zig-Zag Maneuver

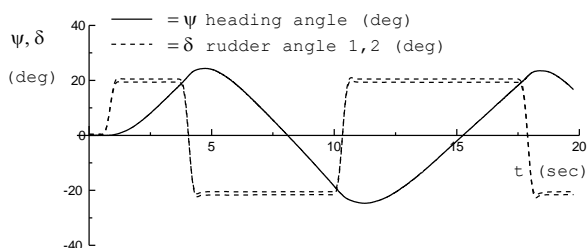
Untuk mengetahui kinerja *zig-zag maneuver* model kapal kondisi *initial port side constant heel* dilakukan pengujian dengan membandingkannya *zig-zag maneuver* model kapal dalam kondisi normal, kedua pengujian dilakukan pada sudut kemudi 20/20 deg, pada Gambar 11 adalah saat pengujian *zig-zag* di kolam uji.

Dari hasil pengujian *zig-zag* pada model dengan kondisi normal didapatkan hasil *first overshoot angle* sebesar 4.351 deg, dan *second overshoot angle* 4.692 deg, lihat Gambar 12. Sedangkan model dengan kondisi *initial port side constant heel* didapatkan *first overshoot angle* sebesar 3.533 deg, dan *second overshoot angle* 5.043 deg, lihat Gambar 13.

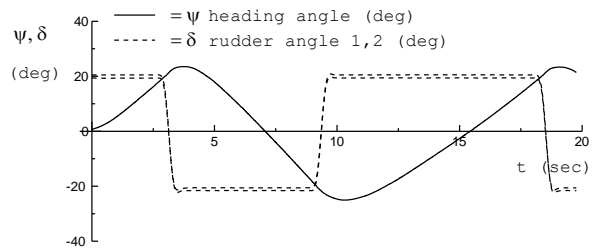
Hasil pengujian model *zig-zag maneuver* menunjukkan bahwa pengaruh *initial constant heel* yang tidak signifikan ditunjukkan baik pada hasil *first* dan *second overshoot angle* dibandingkan kondisi normal.



Gambar 11. Kondisi pengujian *zig-zag maneuver*



Gambar 12. Hasil uji *zig-zag maneuver* model kapal pada kondisi normal



Gambar 13. Hasil uji *zig-zag maneuver* model kapal pada kondisi *constant port side heel*

Dari pembahasan hasil uji model di atas diperoleh gambaran bahwa *initial constant heel* berpengaruh terhadap turning maneuver model kapal. Arah *constant heel* dan gerakan turning mempengaruhi kinerja gerak manuver turning model kapal. Sedangkan pengaruh *initial constant heel* pada manuver *zig-zag* tidak signifikan. Pengujian dengan berbagai variasi *initial constant heel* perlu dilakukan pada uji manuver sehingga didapatkan gambaran menyeluruh terhadap karakteristik manuver-nya.

4.0 KESIMPULAN

Pengaruh kondisi heeling tetap terhadap karakteristik manuver turning maupun *zig-zag* sebuah kapal telah dianalisis melalui hasil uji model. Hasil pengujian menunjukkan adanya pengaruh sudut heeling tetap, sebagai simulasi terjadinya pergeseran muatan pada salah satu sisi kapal, mempengaruhi kinerja gerak manuver turning. Arah *initial constant heel* searah dengan arah putar manuver kapal maka akan memperkecil parameter *turning maneuver*, sebaliknya bila arah *initial constant heel* berlawanan dengan arah putar manuver kapal akan memperbesar parameter *turning maneuver*. Dari hasil pengujian model ini didapatkan bahwa saat model kapal bermanuver *port side turning direction* dalam kondisi kondisi *initial port side constant heel* nilai transfer dan tactical diameter model kapal dibandingkan dengan model dalam mengalami penurunan 2.14% dan 3.03%, sebaliknya saat *starboard side turning* mengalami peningkatan nilai transfer diameter 6.20% dan tactical diameter naik menjadi 8.09% dibandingkan kondisi normal. Pengaruh *initial constant heel* pada manuver *zig-zag* tidak signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada manajemen dan rekan-rekan di BTH-BPPT yang telah bersama-sama mendukung menyelesaikan kegiatan pengujian model kapal pengawas perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fang, M.C., Luo, J.H., and Lee, M.L., "A Nonlinear Mathematical Model for Ship Turning Circle Simulation in Waves", *Journal of Ship Research*, Volume 49, pp. 69 – 79, 2005.
- [2] Paroka, D., Muhammad, A.H., and Asri, S., "Prediction of Ship Turning maneuvers in Constant

- Wind and Regular Waves”, International Journal of Technology, UNHAS, Makassar, pp. 387-397, 2017.
- [3] Skejlik, R., Faltinsen O.M., “Maneuvering Behaviour of Ship in Irregular Waves”, Proceedings of the ASME 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2013, France, 2013.
- [4] Chroni, D., Liu, S., Plessas, T., and Papanikolaou, A., “Simulation of the Maneuvering Behavior of Ships Under the Influence of Environmental Forces”, Proceedings of Towards Green Marine Technology and Transport - IMAM 2015, Pula-Croatia, 2015.
- [5] Papanikolaou, A., Fournarakis, N., Chroni, D., Liu, S., and Plessas, T., “Simulation of the Maneuvering Behavior of Ships in Adverse Weather Conditions”, Proceedings of 31st Symposium on Naval Hydrodynamics, California, 2016.
- [6] Hirano, M., Takashina, J., Takeshi, K., and Saruta, T., “Ship turning trajectory in Regular Waves”, Transactions of West-Japan Society of Naval Architects 60, 17–31, 1980.
- [7] Hirano, M., “On the Calculation Method of Ship Maneuvering Motion at Initial Design Phase”, Journal of the Society of Naval Architects of Japan 59, 71–81, 1980
- [8] Ueno, M., Nimura, T., and Miyazaki, H., “Experimental Study on Maneuvering Motion of a Ship in Waves”, Proceedings of the International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability, 2003.
- [9] Yasukawa, H., “Simulations of Ship Maneuvering in Waves”, Journal of the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers 4, 127–136, 2006.
- [10] Yasukawa, H., Nakayama, Y., “6-dof Motion Simulations of a Turning Ship in Regular Waves”, Proceedings of International Conference on Marine Simulation and Ship Maneuverability, 2009.