ANALISIS PENGARUH *ROLL*, *PITCH*, DAN *YAW* TERHADAP KETELITIAN KEDALAMAN DI ALUR PELAYARAN PELABUHAN TANJUNG PRIOK

FIRMANSYAH NUR RAMADHANI[1], NI MADE RAI RATIH CAHYA PERBANI[2]

1. Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : firmansyahnrrb@gmail.com

ABSTRAK

Patch test merupakan faktor penting dalam mendukung survei multibeam echosounder (MBES) untuk menjamin kualitas ketelitian kedalaman yang dihasilkan dengan memberikan koreksi karena miringnya posisi transduser akibat roll, pitch, dan yaw. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ketelitian kedalaman akibat pengaruh roll, pitch, dan yaw dari kalibrasi patch test di alur pelayaran Pelabuhan Tanjung Priok. Titik-titik stabilitas kapal ditentukan dengan menggunakan metodologi penelitian Azmar (2015). Uji coba dilakukan dengan sesuai dengan penempatan transduser pada saat pelaksanaan pengukuran, kapal dirotasikan sesuai sudut hasil patch test, dengan kedalaman saat pasang tertinggi pada sampling area ekstrem (roll di dasar laut datar, pitch dan yaw di dasar laut yang memiliki kemiringan). Dengan mengacu kepada Special Publication 44 Edisi Kelima menurut International Hydrography Organization (IHO), hasil ketelitian pengukuran survei di alur pelayaran Pelabuhan Tanjung Priok masih memenuhi klasifikasi Orde 1a dengan kesalahan vertikal maksimum tidak melebihi 0,5584 m, didapat nilai kesalahan roll 0,1052 m, pitch 0,2536 m, dan yaw 0,0088 m.

***Kata kunci**: roll, pitch, yaw, titik stabilitas kapal*

1. PENDAHULUAN

Pengukuran kedalaman pada suatu perairan atau laut dengan menggunakan *singlebeam echosounder* (SBES) biasanya hanya menggunakan parameter pergerakan wahana survei berupa parameter *heave*, sedangkan pergerakan wahana survei yang meliputi *roll*, *pitch*, dan *yaw* bukan menjadi parameter yang mempengaruhi hasil pengukuran kedalaman. Hal ini tidak berlaku untuk pengukuran kedalaman menggunakan *multibeam echosounder* (MBES). Dengan demikian data *roll*, *pitch*, dan *yaw* mempunyai peranan penting untuk menghasilkan data kedalaman hasil akuisisi data MBES. Hal ini menjadi alasan bahwa kalibrasi harus dilakukan untuk menentukan sudut kesalahan pemasangan transduser MBES, yaitu sudut kesalahan *roll*, *pitch*, dan *heading*. Untuk mendapatkan sudut kesalahan tersebut dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran dengan pola lajur tertentu (Muljawan dkk, 2017).

Menurut IHO (2011) kalibrasi MBES atau patch test merupakan langkah yang utama untuk menentukan sudut simpangan antara transduser, sensor gerak, dan

sistem koordinat kapal. Sementara itu, setiap pemasangan baru transduser MBES atau apabila transduser MBES dipindahkan maka harus dilakukan patch test (Brennan, 2009). Untuk memperoleh hasil pengukuran kedalaman yang berkualitas baik melalui sistem MBES, maka data ketidaksejajaran transduser yang diwakili oleh sudut rotasi roll, pitch, dan yaw harus diketahui. Dengan demikian *patch test* merupakan faktor penting dalam mendukung aktivitas survei dan sebagai jaminan kualitas data MBES yang didapatkan.

Penempatan transduser yang paling optimal untuk meminimalisir kesalahan yang dihasilkan adalah berada di *keel* kapal. Namun, dikarenakan pada penelitian ini menggunakan transduser bongkar pasang yang penempatan transdusernya tidak dapat ditempatkan di *keel* kapal sehingga ditempatkan pada sebelah kanan kapal menggunakan tiang penyangga pada saat pengukuran berlangsung. Penempatan transduser tersebut akan berpengaruh terhadap kedalaman yang telah diukur terhadap pergerakan kapal yang mengakibatkan kesalahan posisi. Di samping itu, data tersebut dapat didukung oleh desain kapal yang digunakan. Desain kapal yang digunakan didapat dengan melakukan riset terhadap desain kapal yang aman beroperasi di perairan dengan kebutuhan yang direncanakan (Azmar, 2015).

Pada penelitian ini teknik uji coba merotasikan kapal di lajur perum mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Putri (2019 yang dimana mencari tempat paling optimal untuk penempatan transduser bongkar pasang pada lambung kapal untuk meminimalisir kesalahan kedalaman akibat gerakan *roll* kapal. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Putri (2019) adalah sudut rotasi dan lokasi penempatan besaran yang telah diketahui sehingga parameter yang akan ditentukan dalam penelitian ini yaitu besarnya ketelitian yang diperoleh dengan menerapkan sudut rotasi *roll*, *pitch*, dan *yaw* dari hasil *patch test* di alur pelayaran Pelabuhan Tanjung Priok.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah "Seberapa besar pengaruh roll, pitch, dan yaw dari hasil patch test terhadap ketelitian kedalaman di alur pelayaran Pelabuhan Tanjung Priok?".

1.3 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ketelitian kedalaman akibat pengaruh roll, pitch, dan yaw dari hasil patch test di alur pelayaran Pelabuhan Tanjung Priok.

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pemenuhan persyaratan survei yang disyaratkan dalam International Hydrography Organization (IHO) Special Publication 44 dari pengaruh *roll*, *pitch*, dan *yaw* pada pengukuran di alur pelayaran Pelabuhan Tanjung Priok.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

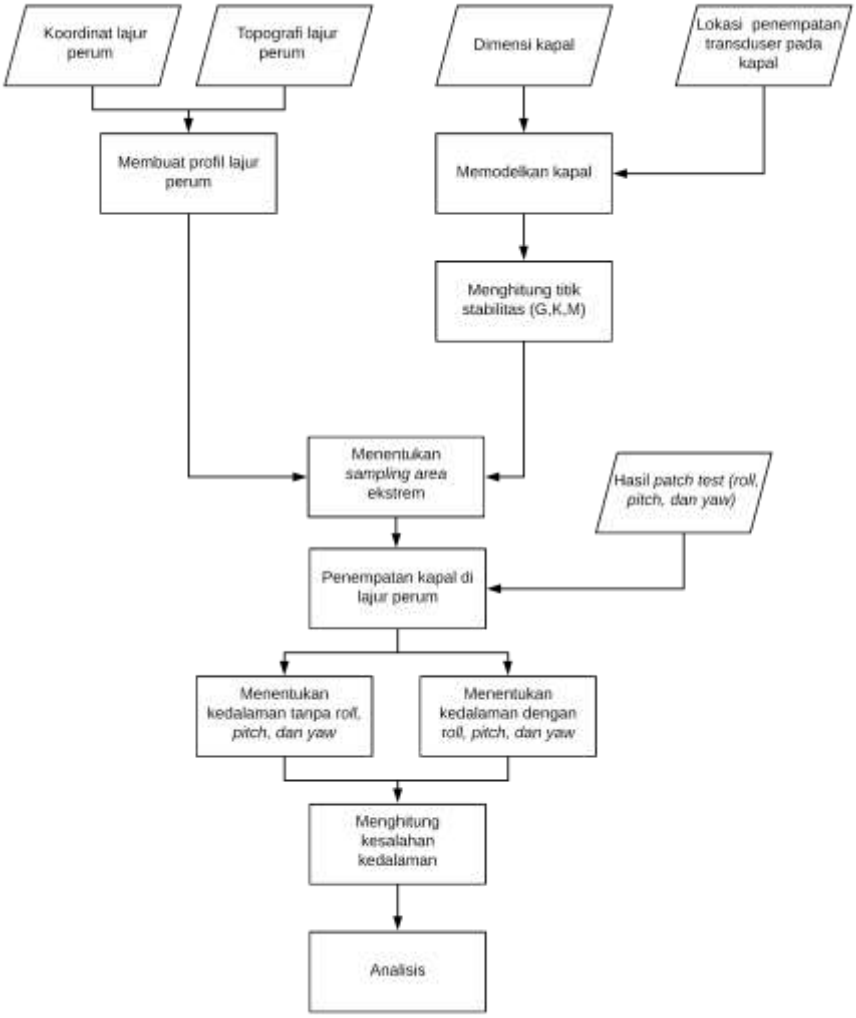
1. Mencari titik-titik stabilitas dan draft kapal menggunakan metode Azmar (2015).
2. Uji coba dilakukan untuk analisis ketelitian roll, pitch, dan yaw di alur Pelabuhan Tanjung Priok sesuai dengan penempatan transduser pada

saat pelaksanaan pengukuran dan kapal dirotasikan sesuai sudut hasil patch test.

3. Profil yang diuji coba sesuai dengan arah lajur perum.
4. Kedalaman yang digunakan adalah kedalaman saat pasang tertinggi.
5. Uji coba dilakukan pada sampling area ekstrem, untuk roll di atas dasar laut yang datar, pitch dan yaw berada di atas tipe dasar laut yang memiliki kemiringan (curam) (Brennan, 2017).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan padapenelitian yang dilakukan Putri (2019) dengan modifikasi karena telah diketahui besaran sudut *roll*, *pitch*, dan *yaw* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1.



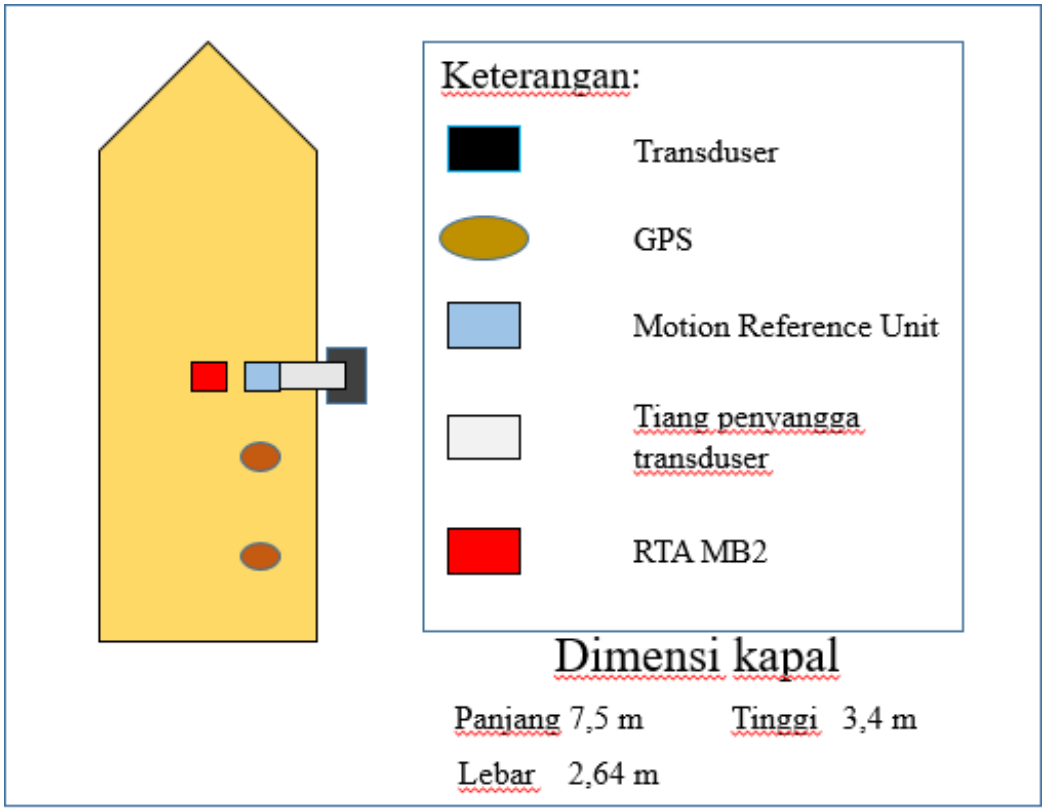
Gambar 1. Diagram Alir

Data yang digunakan untuk melakukan penelitian ini berdasarkan dari Praktik Kerja Ramadhani (2021) sebagai berikut

Tabel 1. Sampel koordinat lajur perum

Point	X (m)	Y (m)	Kedalaman (m)
1	708212,5	9326437,5	15,38
2	708237,5	9326437,5	15,77
3	708262,5	9326437,5	16,02
4	708287,5	9326437,5	16,11
5	708312,5	9326437,5	16,97
6	708337,5	9326437,5	16,97
7	708362,5	9326437,5	16,53
8	708387,5	9326437,5	16,81
9	708412,5	9326437,5	16,64
10	708437,5	9326437,5	16,66

Data dimensi kapal dan lokasi penempatan transduser pada kapal yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Dimensi kapal dan lokasi transduser

2.1 Peralatan Penelitian

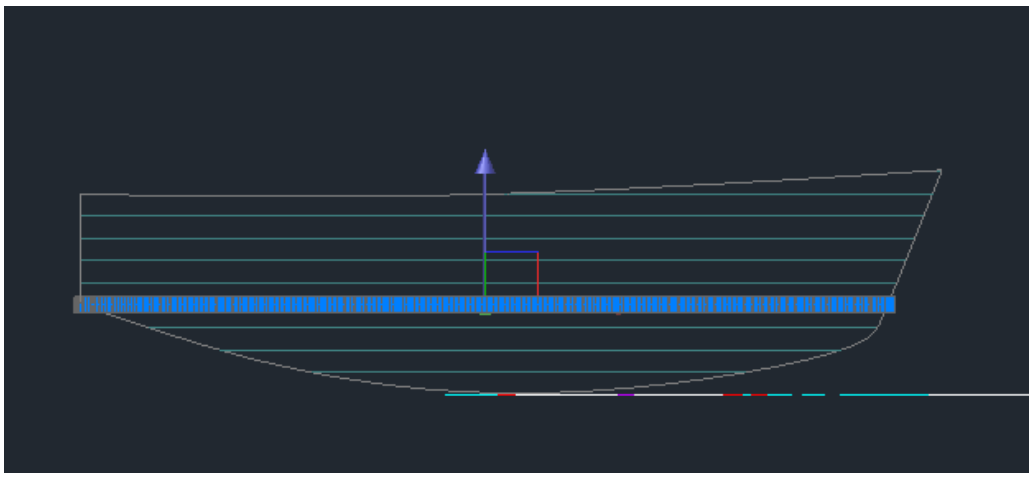
Pada penelitian ini, perangkat keras yang digunakan adalah Laptop Asus VivoBook Ram 4 GB Intel Core i3 dan perangkat lunak yang digunakan adalah AutoCAD Civil 3D 2018 yang digunakan untuk proses uji ketelian dan membuat profil lajur perum, Microsoft Excel untuk titik-titik stabilitas kapal dan simpangan terbesar kedalaman, dan Freeship 2.6 untuk memodelkan kapal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

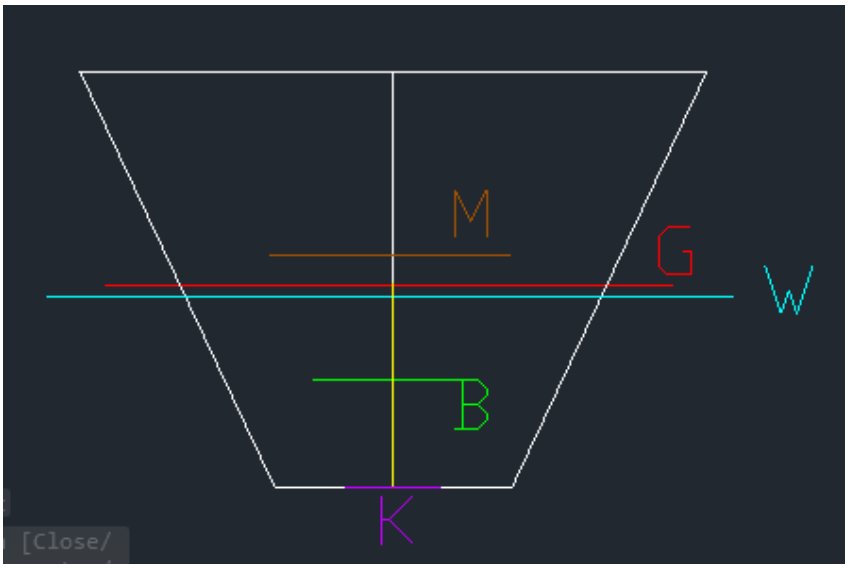
3.1 Posisi Titik-Titik Stabilitas Kapal

Stabilitas adalah keseimbangan dari kapal, merupakan sifat atau kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapat kemiringan yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar (Rubianto, 1996). Keadaan stabilitas kapal positif adalah apabila kedudukan titik gaya berat (titik G) lebih rendah dari pada kedudukan metasenter (titik M), sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas positif sewaktu kapal oleng yang diakibatkan oleh gelombang mesti memiliki kemampuan untuk menegak kembali (Kemendikbud, 2013).

Setelah melakukan proses pengolahan yang dimulai dari tahap membuat model rencana garis kapal, menghitung luas pada *waterline*, dan menghitung momen inersia didapat hasil titik-titik stabilitas kapal dengan ukuran kapal pada saat pengukuran dilakukan. Potongan yang dijadikan model merupakan tempat transduser berada pada draft 0,7784 m dan ditempatkan disebelah kanan kapal yang dapat dilihat pada Gambar 3, dan posisi titik stabilitas pada Gambar 4.

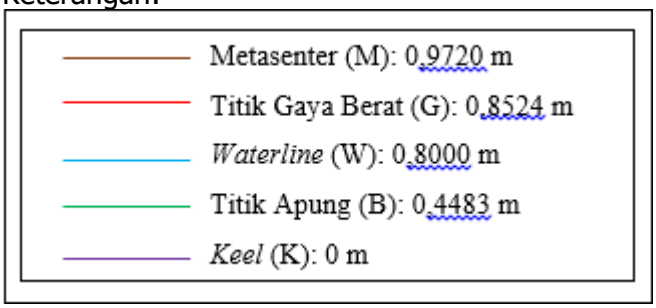


Gambar 3. Potongan kapal tempat transduser



Gambar 4. Posisi titik stabilitas

Keterangan:

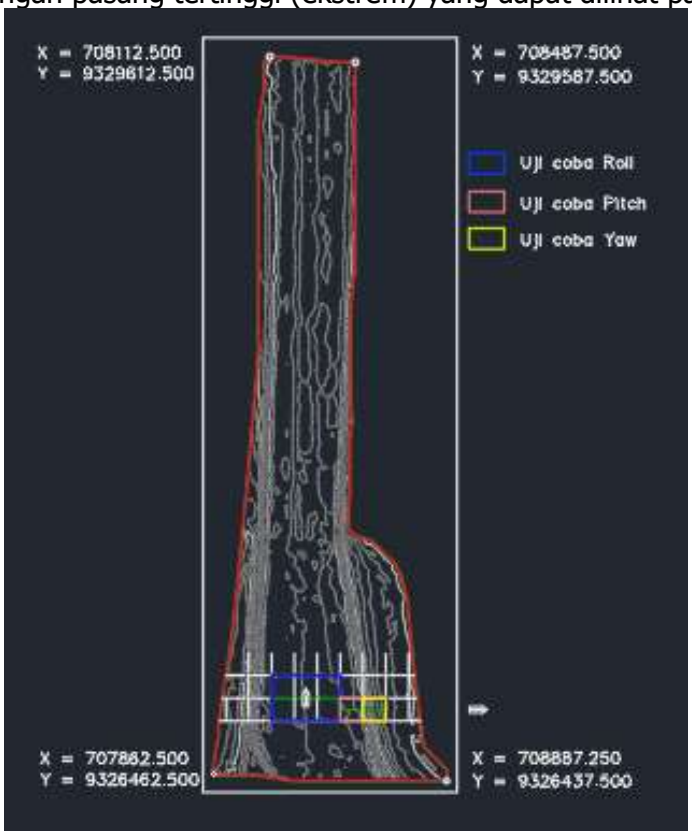


3.2 Uji Coba Roll, Pitch, dan Yaw pada Profil

Menurut US Army Corps of Engineers (USACE, 2002) Semakin lebar *beam*, semakin sedikit efek *roll* kapal atau *pitch* karena lebar *beam* transduser jatuh dalam vertikal. Untuk transduser berkas sempit, kemiringan daripada jarak vertikal diukur. Jika *roll* dan *pitch* bersudut besar (*roll* 10°-15°) kedalaman yang direkam akan menjadi jarak kemiringan yang lebih panjang.

Uji coba *roll* diharuskan di atas dasar laut yang datar, satu lajur disurvei dua kali dengan arah yang berbeda dan pada kecepatan yang sama. Uji coba *pitch* berada di atas tipe dasar laut yang memiliki kemiringan (curam), satu lajur disurvei dua kali dengan arah yang berbeda dan pada kecepatan yang sama. Uji coba *yaw* digunakan dua garis sejajar, dengan kapal mengamati ke arah yang sama di garis-garis itu (Brennan, 2017).

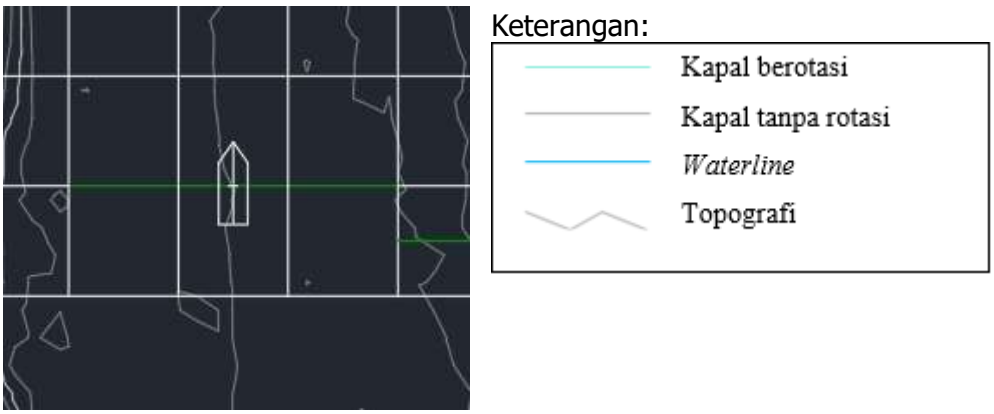
Pada penelitian ini untuk mengecek ketelitian suatu pergerakan *roll*, *pitch*, dan *yaw* sesuai dengan tipe dasar laut yang dilakukan pada sampel lajur perum dari data kedalaman dengan pasang tertinggi (ekstrem) yang dapat dilihat pada Gambar 5.



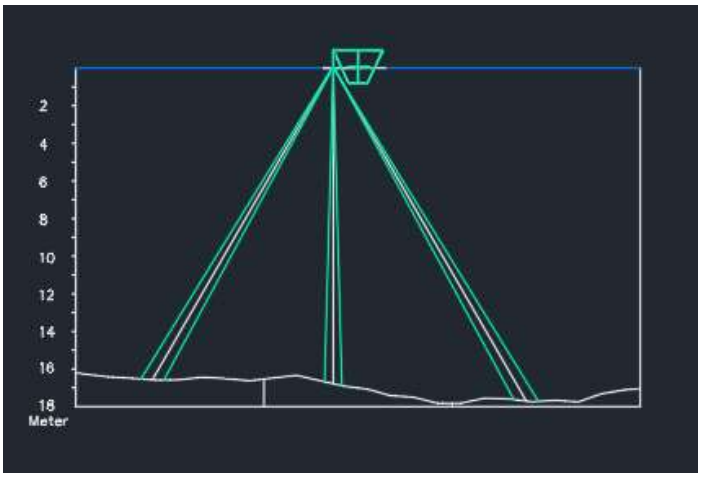
Gambar 5. Topografi dan lokasi uji coba

3.2.1 Uji Coba *Roll*

Pengujian pergerakan *roll* dilakukan pada tipe dasar laut yang relatif datar 0,0186° dengan rentang (<0,15°) merupakan dataran (Evans dkk, 2000), dengan lebar *beam* 60° agar dapat bertampalan terhadap lajur sebelahnya. Uji coba yang dilakukan berdasarkan hasil *patch test* dengan nilai -1,56° yang ilustrasinya bisa dilihat pada Gambar 6.



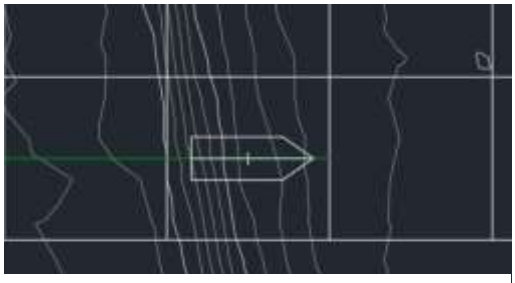
Gambar 6. Lokasi uji coba *roll*



Gambar 7. Pergerakan kapal untuk *roll*

3.2.2 Uji coba Pitch

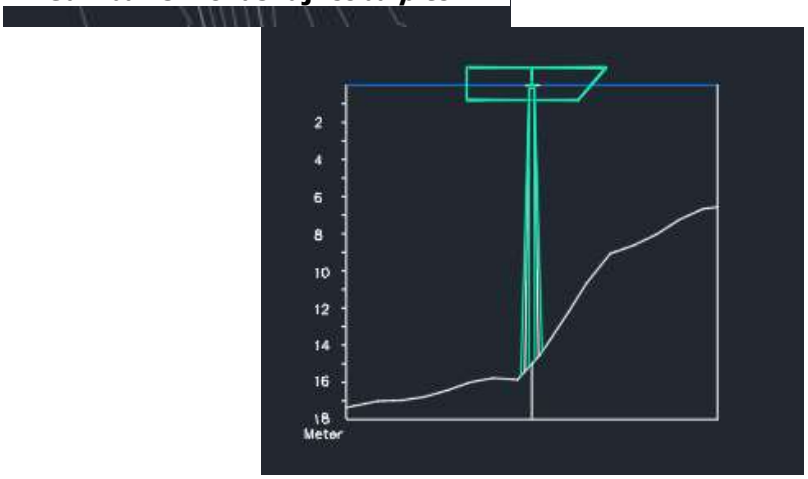
Pengujian pergerakan pitch dilakukan pada tipe dasar laut yang memiliki kemiringan sebesar 1,3528° dengan rentang (>1,2°) merupakan daerah curam (Evans dkk, 2000), dengan lebar *beam across-track* sebesar 1.3° sesuai dengan spesifikasi MBES yang digunakan. Uji coba yang dilakukan berdasarkan hasil *patch test* dengan nilai -0,77° yang dapat dilihat pada Gambar 12. Kesalahan akibat pergerakan rotasi kapal pada sumbu y yang berupa anggukan kapal. Kesalahan ini mengakibatkan pergeseran jalur akibat geometri jalur pengukuran yang tidak sesuai (Kurnia, 2014). Semakin tinggi kedalaman dengan sudut yang sama, maka akan semakin besar kesalahan yang akan terjadi.



Keterangan:

Kapal berotasi
Kapal tanpa rotasi
Waterline
Topografi

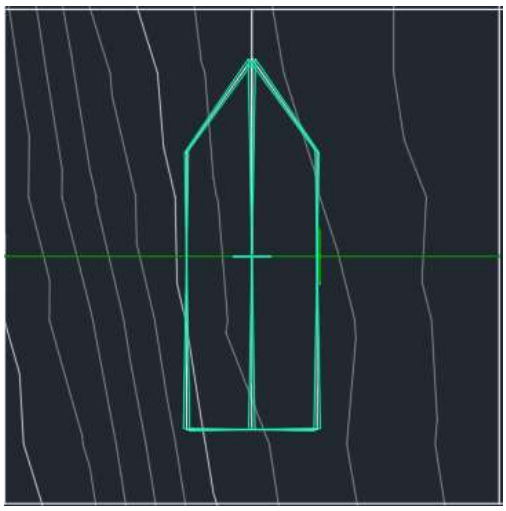
Gambar 8. Lokasi uji coba *pitch*



Gambar 9. Pergerakan kapal untuk *pitch*

3.2.3 Uji Coba *Yaw*

Uji coba yaw dilakukan pada dasar laut yang memiliki kemiringan sebesar 1,4183° dengan rentang (>1,2°) merupakan daerah curam (Evans dkk, 2000) dan melakukan rotasi dari hasil patch test yang didapat sebesar -0,77° yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Keterangan:

Kapal berotasi
Kapal tanpa rotasi
Waterline
Topografi

Gambar 10. Lokasi uji coba *yaw*

3.3 Ketelitian Akibat Pengaruh *Roll*, *Pitch*, dan *Yaw*

Menurut *International Hydrographic Organization* (IHO, 2008) dalam *Special Publication* 44 (SP44) Edisi Ke-5, mengatur tentang pengklasifikasian survei berdasarkan keperluan survei sehingga kesalahan tidak dapat melebihi sesuai dengan orde tertentu yang dikaitkan dengan kedalaman pada saat pengukuran. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan pada area alur pelayaran pelabuhan yang terdapat pada klasifikasi Orde 1a dengan ketelitian kesalahan vertikal tidak boleh melebihi 0,5584 m. Berdasarkan hasil uji coba rotasi roll, pitch, dan yaw didapat hasil simpangan kedalaman paling ekstrem pada setiap rotasi yaitu:

1) Simpangan *roll* terbesar 0,1052 m pada rotasi -1,56°
2) Simpangan *pitch* terbesar 0,2536 m pada rotasi 0,77°
3) Simpangan *yaw* terbesar 0,0088 m pada rotasi -1,03°

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah didapat, maka dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa perhitungan ketelitian dengan mengacu kepada Special Publication 44 Edisi Kelima menurut International Hydrography Organization (IHO), hasil pengukuran survei di alur pelayaran Pelabuhan Tanjung Priok masih memenuhi klasifikasi Orde 1a dengan kesalahan vertikal maksimum tidak melebihi 0,5584 m didapat nilai kesalahan *roll* 0,1052 m, *pitch* 0,2536 m, dan *yaw* 0,0088 m dan titik-titik stabilitas kapal *keel* berada di paling bawah, titik apung (B) 0,4483 m dari *keel*, titik gaya berat (G) 0,8524 m dari *keel*, metasenter (M) 0,9720 m dari keel. Metasenter (M) yang didapat lebih tingi dari titik gaya berat (G) yang menunjukkan keadaan stabilitas positif bahwa kemampuan kapal saat oleng akan kembali seperti keadaan semula.

DAFTAR RUJUKAN

Ashari, H. R. (2016). Evaluasi Kepresisian Horizontal Objek dalam Kegiatan Survei Batimetri dengan Multibeam Echosounder. Departemen Teknik Geodesi. Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

Azmar, B, Z. (2015). Studi Awal Desain Hull USV (*Unmanned Surface Vehicle*) untuk Pengukuran Batimetri di Perairan Tenang. Jurusan Teknik Geodesi. Institut Teknologi Nasional.

Brennan, C.W. (2009). Multibeam Calibration: The Patch Test. R2Sonic LLC. USA.

Coursewere, M. O. (2011). Design of Ocean Systems. Massachusetts Institute Technology, (hal. Lecture 5, Seakeeping). Cambridge, USA.

Derret, D, R, C (1999). *Ship Stability for Masters and Mates.* Boston

Evans, S. M., Birchenough, A. C., & Brancato, M. S. (2000). The TBT Ban: Out of the Frying Pan into the Fire? Marine Pollution Bulletin.

Godin, A. (1998). *The Calibration Of Shallow Water Multibeam Echo-sounding Systems*. University of New Brunswick.

IHO. (2011). Manual on Hydrography, C-13, Chapter Depth Determination. International Hydrographic Organization (IHO), 1st Edition.

Kemendikbud. (2013). *Bangunan dan stabilitas Kapal Perikanan. Direktorat Pemerintahan sekolah menengah dan kejuruan*. Jakarta

Masrukhin, A, A M. Sugiantu, N, D. Satriadi, A. (2014). Studi Batimetri Dan Morfoligi Dasar Laut Dalam Penentuan Jalur Peletakan Pipa Bawah Laur. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.

Muljawan, D., Haryanto, D., Ilyas, M., (2017). Kalibrasi Patch Test Untuk Multibeam Echosounder Laut Dalam Di Kr. Baruna Jaya-I. Balai Teknologi Survei Kelautan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Putri, P, C, E. (2019). Pengaruh Penempatan Transduser Single Beam Echosounder Terhadap Ketelitian Kedalaman Akibat Pengaruh Roll. Program Studi Teknik Geodesi. Institut Teknologi Nasional Bandung

Sayuti, Wawan. (2013). Simulasi Numerik Gerak Heaving Dan Pitching Kapal Feri Penyeberangan Di Atas Gelombang. Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Makassar.

US Army Corps of Engineer (USACE). (2002). Hydrographic Surveying. EM 1110-2-1003.

Zhang, C. (2014). *Moment of Inertia Measurement Based on Displacement Sensor.* Bio Technology An Indian Journal.