

Rancang Bangun Prototipe Kapal Elektrik Dengan Sistem Kendali Jarak Jauh

Lucky Pradigta Setiya Raharja^{1*}, Adytia Darmawan², Pradono Kristio³, Pangestu Nugroho⁴

^{1*,2,3,4} Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

*E-mail: lucky@pens.ac.id

Abstract

In line with strengthening for surveillance of a very wide area consisting of islands, water transportation media is needed equipped with an equipment system that can overcome all forms of threats and disturbances that can occur at any time. To fulfill these efforts, research and development of electric boat prototypes that are resistant in all fields is carried out. In making the prototype of this electric ship using an electric propulsion system. The driving system uses a Brushless DC Motor with a power source from the battery. This electrical energy can be an alternative to fossil energy. The control system on this prototype electric ship uses a remote-control system. The process of measuring the speed of the ship is carried out using the help of the Accelerometer sensor and GPS on the smartphone. Both sensors are accessed using the NMEA Tools application. The prototype of the electric ship was successfully controlled remotely with a straight-line test as far as 50 meters, measuring an average speed of 23.16 Knots, a zigzag motion test measuring 16,910 meters in length, measuring an average speed of 3.1 Knots, and a circular motion test with a turning radius. is 2,638 meters with an average ship speed of 4.25 Knots.

Keywords: Solar Panel, Interleaved Boost Converter, MPPT Bisection, Battery

Abstrak

Sejalan dengan penguatan untuk pengawasan wilayah yang sangat luas serta terdiri atas pulau – pulau, diperlukan media transportasi perairan dengan dilengkapi sistem peralatan yang mampu mengatasi segala bentuk ancaman maupun gangguan yang dapat terjadi setiap saat. Untuk memenuhi upaya tersebut maka dilakukan penelitian dan pengembangan prototipe kapal listrik yang tahan di segala medan. Dalam pembuatan prototipe kapal listrik ini menggunakan sistem penggerak elektrik. Sistem penggeraknya menggunakan *Motor DC Brushless* dengan sumber tenaga dari baterai. Energi listrik ini dapat menjadi alternatif pengganti energi fosil. Sistem kendali pada prototipe kapal listrik ini menggunakan sistem kendali jarak jauh. Proses pengukuran kecepatan kapal dilakukan dengan menggunakan bantuan sensor *Accelerometer* dan *GPS* pada *smartphone*. Kedua sensor ini di akses dengan menggunakan aplikasi *NMEA Tools*. Prototipe kapal listrik berhasil dikendalikan dari jarak jauh dengan uji garis lurus sejauh 50 meter pengukuran mencapai kecepatan rata-rata 23,16 Knot, uji gerak zigzag lintasan berukuran panjang 16.910 meter penguuran kecepatan rata-rata 3.1 Knots, dan uji gerak melingkar dengan radius putar adalah 2.638 meter dengan rata rata kecepatan kapal 4.25 Knots.

Kata kunci: Kapal Elektrik, Remote Kontrol, NMEA Tools

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan suatu negara kepulauan (*Archipelagic State*) dengan jumlah pulau besar dan kecil lebih kurang 17.508 pulau [1]. Letaknya secara geografis sangat strategis, karena berada pada posisi silang, yakni diantara Benua Asia dan Benua Australia serta diantara Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Dengan wilayah yang sangat luas serta terdiri atas pulau – pulau, menuntut adanya sistem pemantauan negara yang tepat untuk mengawasi wilayah tersebut. Dalam kehidupan berbangsa dan bernegara, setiap bangsa tidak terlepas dari kebutuhan untuk mengawasi kondisi daerah masing-masing. Oleh karena itu, maka diperlukan media transportasi perairan dengan dilengkapi sistem peralatan yang mampu mengatasi segala bentuk ancaman maupun gangguan yang dapat terjadi setiap saat. Sejalan dengan hal tersebut, maka perlu adanya sebuah penelitian dan pengembangan berupa kapal yang tahan dalam segala medan. Dalam penelitian ini, akan dilakukan penelitian dalam bentuk Prototipe Kapal [2]. Prototipe Kapal yang sesuai dengan medan dan memiliki kemampuan yang maksimal tidak lepas dari penentuan tipe dari *mode hull* kapal [3][4][5] dan jenis sistem penggeraknya.

Bentuk lambung “V” diketahui mempunyai keuntungan dibandingkan dengan bentuk “U”, yaitu: daya mesin yang dibutuhkan lebih kecil dengan kemampuan seakeeping dan manouvering kapal lebih baik. Untuk itu maka rancangan kapal yang akan dibuat memiliki haluan “*vee-shape*” (berbentuk V) dengan bentuk yang ramping dan runcing serta dengan bidang dasar yang rata sehingga memiliki kecepatan dan kemampuan manuver yang baik [10][13]. Pemilihan bentuk lambung kapal patroli yang dirancang dengan melakukan studi *parametrik hull*. *Parametrik hull form* adalah dengan melakukan perubahan geometrik desain dengan proses *blending hull* dengan menggunakan. Metode *blending hull* ini diterapkan dengan cara menempatkan dua desain utama dari kapal pembanding yang

memiliki karakteristik sehingga dapat menghasilkan bentuk lambung yang optimal. Studi parametrik dilakukan dengan cara proses *generate hull* parametrik melalui *Maxsurf* 13.01 untuk mendapatkan variasi bentuk hull [18][19][20][21].

Dalam pembuatan prototype kapal ini akan menggunakan sistem penggerak elektrik seperti halnya digunakan pada kendaraan listrik [6][7]. Sistem Penggerak menggunakan *Brussless DC Motor* dengan sumber listrik dari baterai [11][17]. Energi listrik dari baterai diharapkan bisa menggantikan energi fosil yang pada kondisi ini bisa menipis ketersediaannya. Proses sistem kendali dilakukan secara jarak jauh dengan kendali *remote control*.

Pada penelitian ini menggunakan motor BLDC 2150kv 3670 [16] dengan batterai 2200 mAh yang melalui ESC 120A. Sistem Propulsi yang digunakan adalah *propeller twin screw* yang mempunyai 3 daun yang telah dipasang di model kapal.

2. Metoda Penelitian

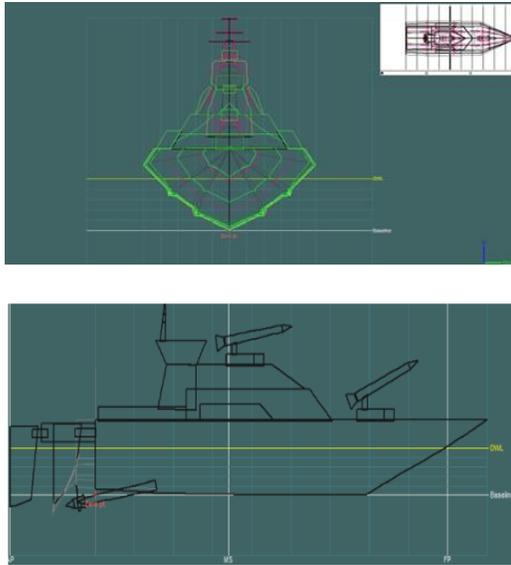
Dalam melaksanakan perancangan dan pembangunan prototipe kapal elektrik ini meliputi bodi prototipe kapal dan sistem elektrik.

2.1. Bodi Prototipe Kapal

Bentuk desain *hull* (lambung) prototipe Kapal ini berjenis *Deep V-Monohull*, jenis kapal yang memiliki satu lambung. Jenis *Deep V-Monohull* sendiri biasa digunakan untuk kapal cepat patroli pantai dan kapal tempur cepat. Kestabilan lambung kapal *Deep V-Monohull* yang sangat mumpuni ini membuat para desainer dan pembangun kapal banyak melirik untuk membuat jenis kapal ini.

Keuntungan dari *Deep V-Monohull* ini selain stabil adalah kapal jenis ini memiliki jenis lambung yang runcing sehingga memudahkan dalam memecah ombak yang akan menghempas permukaan kapal serta *fins* (sirip) yang terdapat pada sisi kiri dan kanan kapal akan membuat permukaan kapal akan selalu terjaga di atas permukaan air, sehingga

kapal dengan lambung *Deep V-Monohull* ini dapat melakukan misi pelayaran pada laut dalam maupun pada wilayah sekitar pesisir pantai. Terkait dengan sistem kendali, pada kapal ini juga memperhitungkan pengaruh perubahan *Pitch Ratio* dan jumlah *Blades* sehingga bisa melakukan pergerakan/ manuver yang maksimal [8]. Desain gambar untuk prototipe kapal ditunjukkan seperti gambar 1.



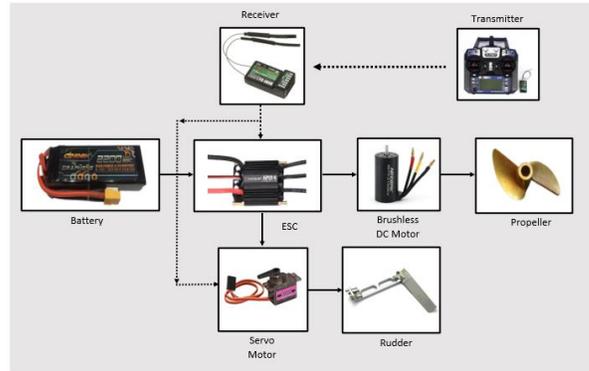
Gambar 1. Desain Prototype Kapal

Untuk dimensi dari Kapal Penship adalah :

LPP	: 82,8 cm
Lebar	: 25 cm
Tinggi lambung	: 11,94 cm
DWL	: 7,5 cm

2.2. Sistem Elektrik

Sistem penggerak Prototipe kapal ini didesain secara elektrik yang ditunjukkan seperti pada gambar 2 blok diagram. Sistem penggerak menggunakan *Brushless DC Motor*. Kita ketahui bahwa *Brushless DC Motor* ini memiliki putaran yang tinggi dan torsi yang cukup baik, memiliki efisiensi tinggi, hemat biaya perawatan dan pengaturan yang mudah [7] untuk menggerakkan obyek dalam hal ini prototipe kapal elektrik.



Gambar 2. Blok Diagram Penggerak Prototipe Kapal Elektrik.

Pada prototipe kapal ini menggunakan *Brushless DC Motor*. *Brushless DC Motor* ini dirancang khusus untuk menghasilkan dorongan yang kuat. Motor ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

<i>Model</i>	: 3670
<i>Dimension</i>	: R36 * 70mm
<i>KV(RPM/V)</i>	: 2150KV-2650KV
<i>Poles</i>	: 4
<i>Watts</i>	: 1600W
<i>Max voltage</i>	: 23V
<i>Shaft diameter</i>	: 5mm
<i>Package weight</i>	: 304g / 10.7oz

Electronic Speed Controller (ESC) ini adalah kontrol motor elektronik yang berfungsi untuk mengatur kecepatan pada motor. Pada prototipe Kapal ini menggunakan ESC 120 Ampere dengan kondisi tegangan antara 2-6S untuk baterai Lipo. Untuk spesifikasi ESC tersebut adalah sebagai berikut.

<i>Continues Current</i>	: 120 A
<i>Burst Current</i>	: 720 A
<i>Support Lipo</i>	: 2 – 6 S Lipo
<i>BEC Output</i>	: 5,5 V / 5 A

Baterai adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia menjadi energi listrik yang dapat digunakan sebagai sumber listrik oleh suatu perangkat elektronik. Pada prototipe Kapal ini menggunakan sumber daya listrik dari baterai berjenis *Lipo (Lithium Polymer)* yang memiliki spesifikasi baterai. Baterai ini merupakan baterai isi ulang dari lithium-ion

menggunakan teknologi polimer elektrolit. Baterai ini memberikan energi spesifik yang lebih tinggi daripada jenis baterai lithium lainnya. Berikut adalah spesifikasi baterai lipo yang digunakan:

<i>Typical capacity</i>	: 2200mAh
<i>Typical Voltage</i>	: 14.8V
<i>Dimensions</i>	: 107mm x 35mm x 31mm
<i>Approx Weight</i>	: 229 gram
<i>Continuous Discharge Current</i>	: 50C

Servo motor digunakan untuk mengatur arah dorongan motor penggerak utama. Servo motor merupakan sebuah kemudi / setir yang dikendalikan dari *remote control*. Pada prototipe kapal ini menggunakan *servo motor tipe Servo Power Hd Lf-20 20kg Metal Gear* yang memiliki torsi motor yang cukup besar dengan daya yang rendah. Untuk spesifikasi servo motor tersebut antara lain:

<i>Berat</i>	: 60 g
<i>Tipe Putaran</i>	: Standar
<i>Tipe Kontrol</i>	: Standar
<i>Tegangan Kerja</i>	: 4.8 – 6.6 VDC
<i>Torsi Maksimum</i>	: 20 kg (@6.6 VDC)
<i>Kecepatan Maksimum</i>	: 0.16 sec (@6.6 VDC)
<i>Dimensi</i>	: 40.7 x 20.5 x 39.5 mm

Remote control atau pengendali jarak jauh adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengoperasikan sebuah mesin/alat dari jarak jauh yang telah terhubung dengan *receiver*. Perangkat ini berupa benda yang mudah digenggam oleh tangan manusia dan terdapat tombol untuk melakukan setting. Berikut adalah spesifikasi *remote control* yang digunakan sebagai kendali prototipe kapal:

<i>Frekuensi kerja</i>	: 2.4 Ghz
<i>Tegangan kerja</i>	: 6 – 15 V
<i>Arus Maksimum</i>	: 210 mA
<i>Jumlah Saluran</i>	: 16 Saluran

Dalam pemasangan komponen mekanik dan elektrik pada prototipe kapal diletakkan pada lambung kapal seperti yang ditunjukkan

pada gambar 3 dan hasil jadi rancang bangun prototipe kapal pada gambar 4.



Gambar 3. Komponen Mekanik Dan Elektrik Pada Prototipe Kapal



Gambar 4. Prototipe Kapal Elektrik

3. Hasil Penelitian

Dari hasil rancang bangun prototipe kapal telah dilakukan pengujian. Pengujian yang telah dilakukan adalah pengujian kecepatan gerak prototipe kapal dan pergerakan kapal. Dari pengambilan data dilakukan menggunakan NMEA Tools dengan meletakkan Smartphone yang dimasukkan pada lambung kapal, sehingga didapatkan hasil pengukuran yang riil dari pergerakan kapal. Hal ini dilakukan dengan tujuan memperbaiki data yang diambil sebelumnya menggunakan proses analitik atau biasa dilakukan dengan menggunakan *Stopwatch* untuk mengetahui waktu tempuh pergerakan kapal.

3.1. Hasil Uji Kecepatan

Pada perhitungan kecepatan kapal, kami menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Kecepatan (m/s) = \frac{Jarak (m)}{waktu (s)} \dots\dots\dots(1)$$

Prosedur pertama yang dilakukan adalah mengukur jarak lintasan. Panjang jarak lintasan untuk perhitungan kecepatan kapal adalah sebesar 50 meter, sedangkan untuk waktu didapatkan dari pewaktuan *stopwatch*. Berikut merupakan tabel hasil 1 perhitungan kecepatan kapal.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kecepatan Kapal

No	Jarak (meter)	Waktu (detik)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan (Knots)
1.	50	4.15	12.04	23.4
2.	50	4.18	11.96	23.24
3.	50	4.17	12	23.32
4.	50	4.2	11.9	23.13
5.	50	4.24	11.8	22.93
Rata-rata			23.204	

Proses pengukuran kecepatan kapal dilakukan dengan menggunakan bantuan sensor *Accelerometer* dan *GPS* pada *smartphone*. Kedua sensor ini di akses dengan menggunakan aplikasi *NMEA Tools* [9]. Pada riset sebelumnya proses pengukuran kecepatan kapal dilakukan hanya menggunakan perhitungan analitik [21]. Penggunaan *NMEA Tools* ini membutuhkan *Smartphone* yang dimasukkan pada lambung kapal dengan tetap memperhatikan berat kapal. Aplikasi *NMEA tools* ini berfungsi untuk merekam posisi koordinat *GPS* kapal dan juga membaca data kecepatan pergerakan dari kapal. Data posisi koordinat *GPS* dan kecepatan kapal nantinya akan di simpan dalam sebuah *file*. Berikut merupakan data pengukuran kecepatan kapal pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kecepatan Kapal

No	Latitude	Longitude	Kecepatan (km/s)	Kecepatan (Knots)
1.	-7.2772	112.7905	12.06	23.45
2.	-7.2773	112.7905	11.81	22.96
3.	-7.2773	112.7906	11.87	23.08
4.	-7.2775	112.7906	11.88	23.11
5.	-7.2772	112.7906	11.82	22.98
Rata-rata			23.116	

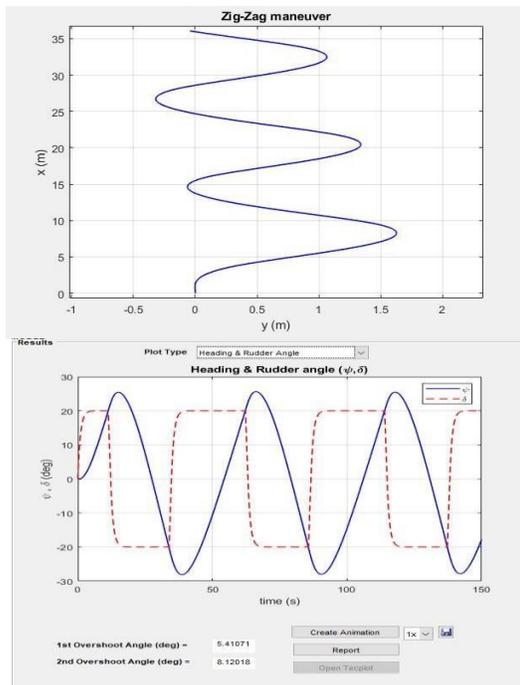
3.2. Hasil Uji Gerak Zigzag

Zigzag test adalah menentukan kemampuan gerak kapal dalam melakukan perubahan arah (lintasan). Tujuan dari gerak zigzag test adalah untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan pada saat kemudi disimpangkan dan perubahan dari kapal pada saat terjadi perubahan.

Hasil pengujian secara Perhitungan Gerak Zigzag model kapal harus dibandingkan dan mengacu pada standar kriteria manuver yang disyaratkan oleh IMO, Interim Standard for Ship Maneuvrability- Resolution A 751, 1993, dimana:

1. Yaw Checking dan course keeping ability
2. First overshoot angle untuk zig-zag 10/10, tidak boleh lebih:
 - a. 10 deg., jika $L_{pp}/V < 10 \text{ sec.}$
 - b. 20 deg, jika $L_{pp}/V > 30 \text{ sec.}$
 - c. $(5+ L_{pp}/V /2) \text{ deg, jika } L_{pp}/ V= 10$ sampai 30 sec.
3. Second overshoot angle untuk zigzag 10/10, tidak boleh lebih nilai first overshoot.
4. First overshoot angle untuk zig-zag 20/20, tidak boleh lebih 25 deg.

Pada pengujian model kapal pada gerak zigzag kami menggunakan software Matlab Mansim. Berikut merupakan gambar hasil pengujian gerak zigzag pada gambar 5:



Gambar 5. Simulasi Gerak Zigzag Kapal dan Grafik Hasil Pengukuran Uji Gerak Zigzag

Pada hasil perhitungan uji gerak zigzag ini, kami menggunakan konfigurasi pada sudut rudder sebesar 20° atau konfigurasi 20/20. Dari konfigurasi ini dihasilkan nilai First Overshoot angle sebesar 5.2° . Nilai ini masih sesuai dengan kriteria standar yang dipersyaratkan oleh IMO yakni kurang dari 25° .

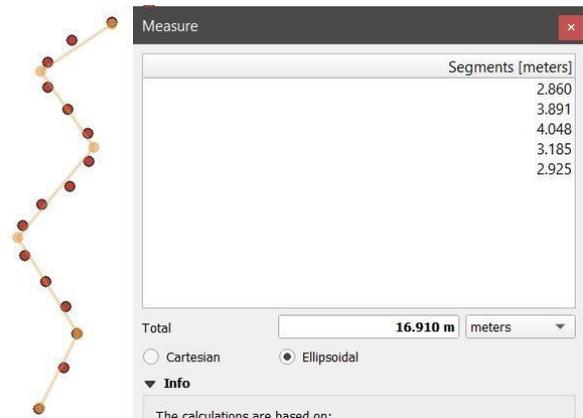
Pada pengukuran gerak zigzag menggunakan lintasan dengan panjang 15 meter. Dalam uji performa kapal menghasilkan data posisi yang terdiri atas latitude, longitude, data heading (yaw/azimuth) dan data kecepatan kapal. Tiap pengujian akan diperoleh data pada tabel 3 yang diambil dari sensor *GPS* dan sensor orientasi yang telah terintegrasi dengan perangkat *smartphone* berbasis android.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Gerak Zigzag Kapal

Waktu	Latitude	Longitude	Speed Km/h	Heading
20:46:08	-7.2765	112.7938	3.5	207.1
20:46:08	-7.2765	112.7938	3.5	207.1
20:46:08	-7.27653	112.7938	3.5	207.1
20:46:10	-7.27656	112.7938	2.9	154.7
20:46:10	-7.27657	112.7938	2.9	154.7
20:46:10	-7.27657	112.7938	2.9	154.7

20:46:11	-7.27658	112.7938	3.1	205.3
20:46:12	-7.27659	112.7938	3.1	205.3
20:46:12	-7.27659	112.7938	3.1	205.3
20:46:14	-7.27661	112.7938	3.3	161.2
20:46:14	-7.27661	112.7938	3.3	161.2
20:46:14	-7.27661	112.7938	3.3	161.2
20:46:17	-7.27667	112.7938	2.8	184.6
20:46:17	-7.27668	112.7938	2.8	184.6
20:46:17	-7.27668	112.7938	2.8	184.6
20:46:18	-7.2767	112.7938	4.2	160
20:46:18	-7.27672	112.7938	4.2	160
20:46:18	-7.27672	112.7938	4.2	160

Dari data yang diperoleh, nilai longitude dan latitude digunakan untuk *plotting* gambar manuvernya. Kemudian data ini dimasukkan kedalam program *QGIS* yang menghasilkan plot manuver seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Plot Manuver Uji Gerak Zigzag Kapal

Hasil *Plotting* Uji Gerak Zigzag menggunakan Software *QGIS* dengan lintasan uji berukuran panjang 16.910 meter, dan waktu tempuh kapal pada lintasan ini adalah sebesar 10 detik. Kecepatan kapal pada uji gerak zigzag adalah sebesar 1.691 m/s atau setara dengan 3.1 Knots.

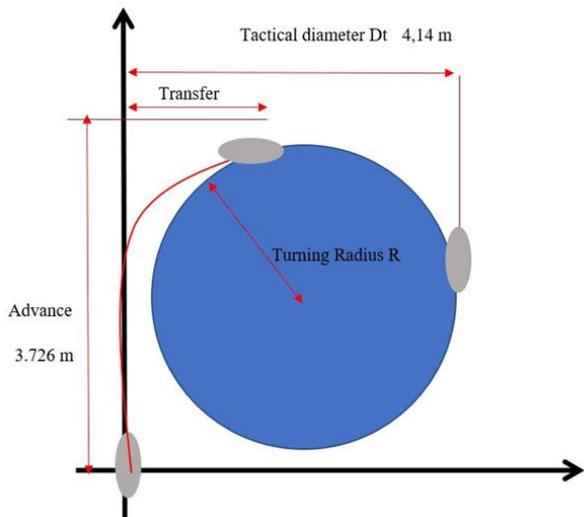
3.3. Hasil Uji Gerak Melingkar

Kemampuan gerak melingkar kapal atau *Turning Ability* adalah kemampuan kapal untuk melakukan gerakan berputar 360° ke arah port atau starboard sehingga membentuk lintasan berbentuk lingkaran. Kemampuan ini terjadi karena adanya gaya yang dihasilkan dari sudut belok daun kemudi sehingga

mempengaruhi aliran fluida yang mendorong badan kapal hingga mengalami perubahan arah sesuai arah belokan daun kemudi.

Perhitungan gerak melingkar kapal harus memperhatikan beberapa parameter lintasan. Parameter lintasan melingkar/belok kapal berguna untuk memberikan gambaran karakteristik maneuver kapal di laut terbuka. Umumnya lintasan melingkar kapal diklasifikasikan dalam 4 buah pengukuran numerik:

1. Advance: Jarak dari titik awal (origin) pelaksanaan, terhadap sumbu x kapal, bila sumbu berbelok 90°. Jarak maksimum advance yang diijinkan untuk bergerak putar (turning) adalah tidak lebih atau sama dengan 4,5 Lpp.
2. Transfer: Jarak dari origin approach course terhadap origin kapal bila sumbu x telah berbelok 90°.
3. Tactical Diameter: Jarak dari approach course terhadap sumbu x kapal saat sumbu tersebut telah belok 180°. Tactical diameter maksimum yang diinginkan adalah tidak lebih atau sama dengan 5 Lpp.
4. Steady Turning Diameter: Karakteristik diameter kemampuan putar kapal digambarkan dalam gambar 7.

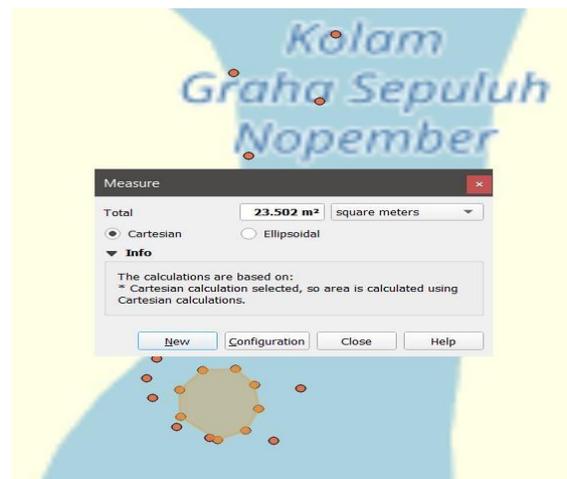


Gambar 7. Lintasan Belok Kapal saat Manuver Gerak melingkar dengan LPP Kapal = 82.8cm

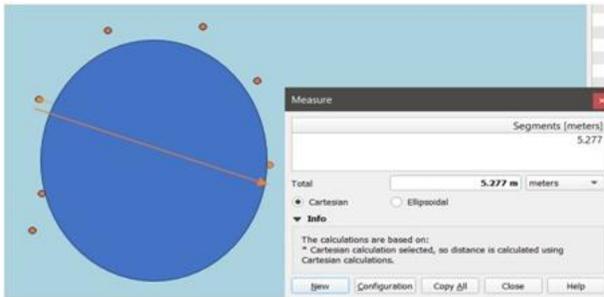
Pengukuran gerak melingkar dilakukan dengan menggunakan aplikasi NMEA Tools berbasis android. Dalam uji performa ini didapatkan data seperti tertera pada tabel 4. Dari data latitude dan longitude yang terdapat pada tabel 4 maka dapat dibuat plotting hasil uji gerak melingkar pada gambar 8, dimana program yang digunakan adalah program Sistem Informasi Geografi QGIS.

Tabel 4 Hasil Pengukuran Uji Gerak Melingkar Kapal

Waktu	Latitude	Longitude	Speed Km/h	Heading
9:10:56	-7.2775	112.7905	8.9	352.8
9:10:56	-7.2775	112.7905	8.9	352.8
9:10:56	-7.2775	112.7905	8.9	352.8
9:10:57	-7.27749	112.7905	8.5	37.7
9:10:57	-7.27749	112.7905	8.5	37.7
9:10:57	-7.27749	112.7906	7.8	84.1
9:10:58	-7.27749	112.7906	7.8	84.1
9:10:59	-7.2775	112.7906	6.4	85.8
9:10:59	-7.2775	112.7906	6.4	85.8
9:10:59	-7.2775	112.7906	7.7	178.4
9:11:00	-7.27752	112.7906	7.7	178.4
9:11:00	-7.27752	112.7906	7.7	178.4
9:11:00	-7.27752	112.7906	7.8	225.6
9:11:01	-7.27753	112.7906	7.8	225.6
9:11:01	-7.27753	112.7906	7.8	225.6
9:11:02	-7.27754	112.7906	7.7	268
9:11:02	-7.27754	112.7906	7.7	268
9:11:02	-7.27754	112.7906	7.7	268

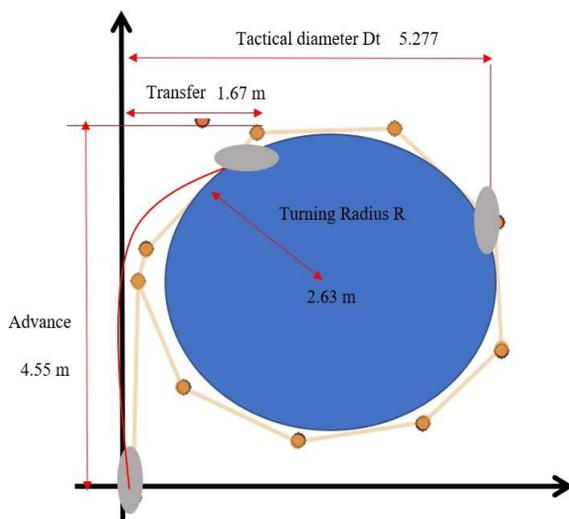


Gambar 8. Hasil Plotting pada Uji Gerak Melingkar Menggunakan Software QGIS



Gambar 9. Besar Radius pada Uji Gerak Melingkar Kapal

Radius putar dari uji gerak melingkar pada Kapal adalah 2.638 meter dengan rata-rata kecepatan kapal 7.87 km/jam atau setara dengan 4.25 Knots. Gambar 10 di bawah ini merupakan gambar lintasan uji melingkar atau turning circle.



Gambar 10 Hasil Pengukuran Lintasan Uji Melingkar Kapal

Dari gambar 10 di atas terlihat bahwa Kapal dengan Panjang LPP 82.8 cm memiliki radius melingkar atau Turning Circle sebesar 2.63 m. Sedangkan untuk jarak Advanced dan Tactical Diameter Kapal masih belum sesuai dengan kriteria standar yang dipersyaratkan oleh IMO's Resolution MSC 137 (76) yaitu Advanced < 4.5 Lpp dan Tactical Diameter < 5.0 Lpp.

4. Kesimpulan

Rancang bangun prototipe kapal elektrik telah dibuat dan dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan adalah uji kecepatan, uji gerak zigzag dan uji gerak melingkar. Prototipe kapal elektrik berfungsi dengan baik dan dapat diuji. Proses pengujian dilakukan baik secara perhitungan dan pengukuran dengan bantuan sensor *Accelerometer* dan *GPS* pada smartphone. Kedua sensor ini di akses dengan menggunakan aplikasi NMEA Tools.

5. Saran

Dalam pengembangan berikutnya, akan dilakukan pengembangan driver pengaturan kecepatan motor pada sistem penggerak elektrik sehingga dapat meningkatkan kecepatan dan efisiensi daya motor.

6. Daftar Pustaka

- [1] Undang-Undang Republik Indonesia No. 6 Tahun 1996 Tentang Perairan Indonesia.
- [2] Hasanudin, A. H. Muhammad, M. A. Budiyanto, H. Yudo, I. P. S. Asmara, and R. B. Luhulima, *Pedoman Kontes Kapal Cepat Tak Berawak Nasional Tahun 2021*. 2021.
- [3] C. Wiratama, "Tipe – tipe Model Hull Aeroengineering," <http://www.aeroengineering.co.id>, 2018.
- [4] S. Sunardi and R. S. Pamungkas, "Studi Kapal Kecil Dengan Tenaga Penggerak Listrik Untuk Pengawasan Kawasan Konservasi Sungai," *J. Kelaut. Indones. J. Mar. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 1, p. 1, Jul. 2019, doi: 10.21107/jk.v12i1.4716.
- [5] S. W. Satoto, N. Yuniarsih, H. Saputra, M. F. Muvariz, N. A. Prasetyo, and N. Pamungkas, "KARAKTERISTIK LAMBUNG KAPAL GURINDAM FUEL ENGINE POLITEKNIK NEGERI BATAM," *J. Teknol. dan Ris. Terap.*, vol. 3, no. 1, 2021.
- [6] A. W. Aditya, I. Ihsan, R. M. Utomo, and H. Hilmansyah, "Evaluasi Motor Listrik

- Sebagai Penggerak Mobil Listrik,” *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, p. 55, 2019, doi: 10.30595/jrst.v3i2.4424.
- [7] M. H. A. AS-SALAF and SYAHRIAL, “Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor BLDC menggunakan Software PSIM,” *Multimed. Artif. Intell. Netw. Database*, vol. 6, no. 1, pp. 103–117, 2021.
- [8] M. Arifin, D. Faturachman, and F. Octaviani, “Analisa Pengaruh Perubahan Pitch Ratio dan Jumlah Blade Terhadap Kavitasasi Pada Controllable Pitch Propeller (CPP),” *J. Sains dan Teknol. Fak. Tek. Univ. Darma Persada*, vol. 9, no. 2, pp. 63–74, 2019.
- [9] A. Atthari, “Sistem Tracking Position Berdasarkan Titik Koordinat GPS Menggunakan Smartphone,” *J. Infomedia*, vol. 2, no. 1, pp. 25–29, 2017, doi: 10.30811/v2i1.464.
- [10] E. P. S. Herdani, “Analisis Olah Gerak Zig Zag Pada Model Kapal Perang Dengan Metode Open Free Running Model Test,” *Dep. Nav. Archit. Shipbuild. Eng. Sepuluh Nop. Inst. Technol.*, 2016.
- [11] M. Nasution, “Muslih Nasution Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik,” *Cetak) J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2021.
- [12] M. Sariyati, G. S. Santyadiputra, and I. M. Putrama, “Pengembangan Prototipe Kapal Pendeteksi Kadar Gas Belerang Dan Suhu Berbasis Arduino,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 16, no. 2, p. 248, 2019, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v16i2.18592.
- [13] “Lambung kapal | UNKRIS | Center of Studies.” http://p2k.unkris.ac.id/eng/1-3065-2962/Lambung-Kapal_145100_unkris_p2k-unkris.html (accessed Nov. 19, 2022).
- [14] S. Electric, “Apa itu Servo Motor dan Kegunaannya? | Schneider Electric Indonesia,” 2019. <https://www.se.com/id/id/faqs/FA374507/> (accessed Nov. 19, 2022).
- [15] T. Agarwal, “Electronic Speed Control (ESC): Circuit, Types, Working & Its Applications,” 2021. <https://www.elprocus.com/electronic-speed-control-esc-working-applications/> (accessed Nov. 19, 2022).
- [16] “Jual Motor Brushless 3670 4Poles 2150kv untuk RC 1 / 8 1 / 10 Off Road Monster Mobil Perahu | Shopee Indonesia.” <https://shopee.co.id/Motor-Brushless-3670-4Poles-2150kv-untuk-RC-1-8-1-10-Off-Road-Monster-Mobil-Perahu-i.28689012.1467419549> (accessed Nov. 19, 2022).
- [17] C. Z. Eugene, J. J. Lim, U. Nirmal, and S. T. W. Lau, “Battery Powered RC Boats: A Review of Its Developments for Various Applications,” *Curr. J. Appl. Sci. Technol.*, no. March, pp. 1–29, 2019, doi: 10.9734/cjast/2019/v33i530098.
- [18] C. S. Agu and J. E. Igwe, “Design and Construction of a Remote Control Car Jack,” *Am. J. Eng. Res.*, no. 5, pp. 76–80, 2016, doi: 10.13140/2.1.3706.9606.
- [19] A. S. Shirodkar, A. M. Kadam, M. Vipul, M. Gaurav, and S. Aniket, “Design & Development of RC Speed Boat,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, pp. 5521–5524, 2020, [Online]. Available: www.irjet.net.
- [20] D. Yuhani, M. Budhi, and Marsud, “Upn " Veteran " Jakarta Upn " Veteran " Jakarta,” *Bina Widya*, vol. 25, pp. 1–10, 2016.
- [21] Wibawa, A. and Mushazi, I. T. (2011) ‘Memanjang Akibat Perubahan Bentuk Lambung Pada Patrol Speed Boat “ Grass Carp ” Di Rawapening’, *Jurnal Kapal*, 8, pp. 82–88.